



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Marcos Alves de Albuquerque

ELEVADOR ROBODIDÁTICO: um ensino modular de física

Caruaru

2019

Marcos Alves de Albuquerque

ELEVADOR ROBODIDÁTICO: um ensino modular de física

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de física.

Área de concentração: Ensino de física.

Orientador: Prof. Dr. Luis Henrique Vilela Leão.

Caruaru

2019

Catálogo na fonte:
Bibliotecário – Raul César de Melo - CRB/4 - 1735

A345e Albuquerque, Marcos Alves de.
Elevador robodidático: um ensino modular de física / Marcos Alves de Albuquerque. –
2019.
291 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Luiz Henrique Vilela Leão.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física, 2019.
Inclui Referências.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Robótica. 3. Eletricidade. 4. Magnetismo. 5.
Tecnologia educacional. 6. Aprendizagem. I. Leão, Luiz Henrique Vilela (Orientador). II.
Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-467)

Marcos Alves de Albuquerque

ELEVADOR ROBODIDÁTICO: um ensino modular de física

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de física.

Aprovada em: 31/05/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luis Henrique Vilela Leão (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Sérgio de Lemos Campello (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Natália Rodrigues de Melo (Examinadora Externa)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Aos meus saudosos pais, toda a minha gratidão por esta realização que tanto sonharam.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a Deus por permitir prosseguir na minha formação docente dando-me força e saúde para ingressar no MNPEF CAA e concluir mais essa etapa acadêmica. Ao ingressar na turma 2016.2 tive a oportunidade de conhecer o brilhante Prof. Dr. Luis Leão a quem agradeço pela relevante contribuição neste trabalho como meu orientador e incentivador. Agradeço ainda aos coordenadores do curso nas pessoas do Prof. Dr. João e Prof. Dr. Augusto pela competência na atuação docente e o zelo pela nossa formação continuada.

A todos os docentes deste curso.

E em especial meus pais em memória e toda minha família. Pretendo poder agradecer de forma significativa às instituições UFPE e SBF partilhando com a sociedade tudo que aprendi.

RESUMO

Esta dissertação foi desenvolvida ao longo do Mestrado profissional em Ensino de Física da Sociedade Brasileira de Física no polo Centro Acadêmico do Agreste/Universidade Federal de Pernambuco, tendo como linha de pesquisa “Desenvolvimento de Kits pedagógicos no Ensino de Física”. Participaram desta pesquisa 10 alunos do 3º ano do ensino médio da Escola Aarão Lins de Andrade, localizada no município de Gravatá – Pernambuco. Nesta pesquisa, propomos uma metodologia alternativa para o ensino-aprendizagem da Física, utilizando-se de aulas teóricas e práticas, no intuito de estabelecer uma aprendizagem significativa. Essa estratégia de ensino teve como motivação as dificuldades dos alunos em relacionarem conceitos físicos com suas aplicações. Este contexto norteou a proposta desta pesquisa que utiliza atividades experimentais como ferramenta de estudo e investigação, cujo objetivo é integrar conceitos físicos, agregados à experimentação e aplicação, estimulando o interesse dos alunos e sua curiosidade. Adotando a linha de pesquisa desta dissertação, foi desenvolvido um produto educacional que consiste de um kit pedagógico, formado de quatro aparatos experimentais designados de módulos (A, B, C e D), sendo os três primeiros auxiliares, ou seja, servindo de experimentação e investigação dos conteúdos de Física abordados nesta pesquisa, e o módulo D o Elevador Robodidático como aplicação destes conteúdos. O Elevador Robodidático é um protótipo experimental que reúne diversas áreas do conhecimento como: eletrônica, robótica e linguagem de programação. Este protótipo foi confeccionado com materiais relativamente de baixo custo, possibilitando a implantação deste produto nas atividades experimentais das aulas de Física. A metodologia de aplicação do produto educacional foi dividida em uma sequência didática de atividades experimentais em seis encontros, sendo estes distribuídos em quatro momentos cada encontro. Os cinco primeiros encontros, incluindo no primeiro a apresentação do elevador robodidático, foram realizados com os módulos auxiliares A, B e C, e seus respectivos momentos: (1) aula expositiva, (2) fórum de discussão dos conteúdos abordados na aula expositiva, (3) experimentação e utilização dos módulos e (4) discussão dos resultados das questões propostas nos módulos. O sexto encontro foi realizado com o módulo D “elevador robodidático” com os momentos: (1) aula expositiva, (2) aplicação da avaliação diagnóstica (pré-teste), (3) experimentação e aplicação do módulo e (4) discussão dos resultados das questões propostas no

módulo e aplicação da avaliação diagnóstica (pós-teste). Os resultados e discussões desta proposta metodológica serão discutidos em análise de dados comparativos dos números de acertos das avaliações diagnósticas (pré e pós-teste).

Palavras-chaves: Robótica. Experimentos em Física. Aprendizagem significativa. Conceitos Físicos e aplicação.

ABSTRACT

This dissertation was developed during the Master's Degree in Physics Teaching at the Centro Acadêmico do Agreste/Universidade Federal Pernambuco, with the research line "development of educational kits in Physics teaching". Ten students from the last year of high school of **Aarão Lins de Andrade** School, located in the city of Gravatá - Pernambuco participated in this research. In this research we propose an alternative methodology for Physics teaching/learning using theoretical and practical classes, in order to establish a meaningful learning. This teaching strategy was motivated by students' difficulties in relating physical concepts to their applications. This context guided the proposal of this research, which uses experimental activities as a study and research tool, whose objective is to integrate physical concepts to experimentation and application, stimulating students' interest and curiosity. Following this line, in this dissertation, an educational product was developed that consists of a pedagogical kit, formed by four experimental devices called modules (A, B, C and D), where the first three are auxiliary modules, serving as experimentation and investigation of contents of this research. Module D is the Elevador Robodidático, which stands as an application of the conceptual contents. The Elevador Robodidático is an experimental prototype that brings together several areas of knowledge, such as: Physics, electronics, robotics and programming language. This prototype is made with relatively low cost materials, allowing the implantation of this product in experimental activities in Physics classes. The methodology of application of the product was elaborated in a didactic sequence of experimental activities and divided in six meetings, these being distributed in four moments each. The first five meetings, where in the first one the robot was presented, were carried out with auxiliary modules A, B and C, and their respective moments: (1) expository lessons, (2) forum about the contents covered in the expository lesson, (3) experimentation and use of the modules and (4) discussion of the results of the questions proposed in the modules. The sixth meeting was carried out with the module D "Elevador Robodidático" with the following moments: (1) lecture, (2) application of the diagnostic evaluation (pre-test), (3) experimentation of the module, and results of the questions proposed in the module and application of the diagnostic evaluation (post-test). The results and discussions of this methodological proposal will be discussed by data analysis of the diagnostic evaluations (pre and post-test).

Keywords: Robotic. Physics Experiments. Meaningful learning. Physical Concepts and Applications.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fotografia 1 –	Elevador Robodidático.....	22
Fotografia 2 –	Módulo auxiliar A (estágio 1 e 2).....	23
Fotografia 3 –	Módulo auxiliar B.....	23
Fotografia 4 –	Módulo auxiliar C (estágio 1 e 2).....	24
Quadro 1 –	Níveis de investigação no laboratório de ciências.....	31
Quadro 2 –	Plano de ação do simulador PhET.....	33
Figura 1 –	Simulador de eletricidade estática com o PhET.....	34
Figura 2 –	Simulador de linhas de campo elétrico com o PhET.....	35
Figura 3 –	Simulador de força e campo elétrico com o PhET.....	35
Figura 4 –	Simulador de forma de onda e circuito elétrico com o PhET.....	36
Figura 5 –	Simulador de ímãs e bússolas com o PhET.....	36
Figura 6 –	Propriedades das cargas elétricas.....	38
Figura 7 –	Processo de eletrização.....	40
Figura 8 –	Carga de prova positiva q_0 está colocada em um ponto P nas proximidades de um objeto carregado. Uma força \vec{F} age sobre a carga de prova.....	42
Figura 9 –	O campo elétrico \vec{E} no ponto P produzido por um objeto carregado.....	42
Figura 10 –	Uma força eletrostática \vec{F} age sobre uma carga de prova positiva colocada nas proximidades de uma esfera que contém uma distribuição uniforme de cargas negativas.....	43
Figura 11 –	O vetor campo elétrico \vec{E} na posição da carga de prova e as linhas de campo no espaço que cerca a esfera. As linhas de campo elétrico terminam na esfera negativamente carregada.....	44
Figura 12 –	Representação de linhas de campo elétrico em cargas pontuais.....	44
Figura 13 –	Representação de linhas de campo elétrico em um dipolo.....	45

Figura 14 –	Representação da força elétrica sobre uma carga de prova imersa a um campo elétrico produzido por uma carga Q.....	45
Figura 15 –	Representação do movimento desordenado de apenas um dos elétrons livres no interior da rede cristalina de um metal.....	47
Figura 16 –	Representação do movimento ordenado dos elétrons livres submetido a um campo elétrico produzido por uma fonte de energia no interior da rede cristalina de um metal.	47
Figura 17 –	Representação hipotética de um condutor elétrico.....	48
Figura 18 –	Representação de um circuito elétrico.....	48
Fotografia 5 –	(a) Transformador. (b) Simbologia utilizado em esquemas elétricos.....	49
Fotografia 6 –	(a) simbologia do diodo. (b) diodo. (c) diodo polarizado inversamente. (d) diodo polarizado diretamente.....	50
Fotografia 7 –	(a) disposição de quatro diodos na ponte retificadora. (b) diodos encapsulados em um único dispositivo eletrônico	51
Figura 19 –	a) tensão alternada (forma de onda senoidal na entrada da ponte de diodo). (b) retificação de onda completa (forma senoidal).....	52
Fotografia 8 –	Capacitor eletrolítico.....	53
Figura 20 –	Sinal elétrico da carga e descarga do capacitor.....	54
Fotografia 9 –	Regulador de Tensão Ajustável LM2596 DC Step Down (Para menos) com Display - Saída 1,25V a 37V.....	55
Fotografia 10 –	Ímã de neodímio.....	56
Figura 21 –	(a) polos opostos N(norte) e S(sul) ou S(sul) e N(norte) são atraídos. (b) polos iguais N(norte) e N(norte) ou S(sul) e S(sul) são afastados.....	57
Figura 22 –	Representação das linhas de campo de um ímã e o vetor campo magnético.....	58

Fotografia 11 –	Regra da mão direita.....	59
Figura 23 –	Representações das linhas de campo magnético no plano produzida por uma corrente elétrica num fio metálico retilíneo.....	60
Figura 24 –	Painel frontal do LabVIEW.....	61
Figura 25 –	Diagrama em blocos.....	62
Fotografia 12 –	Arduino UNO R3.....	63
Fotografia 13 –	Módulo Driver ponte H.....	65
Quadro 3 –	Especificações técnicas do módulo driver – ponte H.....	66
Fotografia 14 –	Módulo sensor efeito HALL.....	66
Figura 26 –	Efeito Hall num semiconductor. A aplicação de um campo magnético numa barra com corrente resulta numa diferença de potencial transversal V_H que permite medir a concentração de portadores.....	67
Fotografia 15 –	Motor elétrico do Elevador Robodidático.....	68
Figura 27 –	Um motor elétrico simplificado.....	69
Quadro 4 –	Especificações técnicas do motor elétrico no Elevador Robodidático.....	70
Figura 28 –	Representação de um motor elétrico de corrente contínua. A corrente elétrica entra pelo lado esquerdo (\overline{DC}) do rotor e sai pelo lado direito (\overline{BA}). O torque magnético faz o rotor girar no sentido anti-horário. ²⁷	71
Figura 29 –	Representação de um motor elétrico de corrente contínua. Cada escova está em contato com ambos os segmentos do comutador, de modo que a corrente não passa pelo rotor. Nenhum torque magnético atua sobre o rotor. ²⁷	72
Figura 30 –	A posição é determinada em um eixo marcado em unidades de comprimento (metro).....	73
Figura 31 –	O quilograma-padrão internacional de massa, um cilindro de platina-irídio com 3,9 cm de altura e 3,9 cm de diâmetro. (Cortesia do Bureau Internacional de Pesos e Medidas, França).....	74

Figura 32 –	Uma força \vec{F} aplicada ao quilograma-padrão provoca uma aceleração \vec{a}	75
Figura 33 –	Um corpo rígido de forma arbitrária em rotação pura em torno do eixo z de um sistema de coordenadas.....	76
Figura 34 –	Seção transversal do corpo rígido em rotação da Figura 48 , visto de cima.....	77
Figura 35 –	A reta de referência do corpo rígido das Figuras 48 e 49 está na posição angular θ_1 o instante t_1 e na posição angular θ_2 no instante t_2 . A grandeza $\Delta\theta = (\theta_2 - \theta_1)$ é o deslocamento angular que ocorre no intervalo $\Delta t = (t_2 - t_1)$. O corpo propriamente não aparece na figura.....	77
Figura 36 –	Uma força constante \vec{F} , que faz um ângulo ϕ com o deslocamento d de uma conta ao longo do fio fazendo sua velocidade mudar de \vec{v}_0 para \vec{v}	81
Figura 37 –	Por causa da força gravitacional \vec{F}_g , um tomate de massa m atirado para cima diminui a velocidade de \vec{v}_0 para \vec{v}	83
Figura 38 –	(a) Uma força \vec{F} faz um objeto subir. O deslocamento \vec{d} do objeto faz um ângulo $\phi = 180^\circ$ com a força gravitacional \vec{F}_g . A força aplicada realiza um trabalho positivo sobre o objeto. (b) A força \vec{F} é insuficiente para fazer o objeto subir. O deslocamento \vec{d} do objeto faz um ângulo $\phi = 0^\circ$ com a força gravitacional \vec{F}_g . A força aplicada realiza um trabalho negativo sobre o objeto.....	84
Fotografia 16 –	Elevador robodidático e suas etapas estruturais.....	89
Fluxograma 1 –	Fluxograma do roteiro da aplicação do produto educacional.....	90
Fotografia 17 –	(a) Aplicação da avaliação diagnóstica (pré-teste). (b) Apresentação do Elevador Robodidático.....	91

Quadro 5 –	Atividades realizadas no primeiro encontro.....	91
Fotografia 18 –	Módulo auxiliar A (estágios 1 e 2).....	92
Quadro 6 –	Atividades realizadas no segundo ao quinto encontro.....	92
Fotografia 19 –	Módulo auxiliar B.....	94
Fotografia 20 –	Módulo auxiliar C – (estágios 1 e 2).....	94
Quadro 7 –	Sexto Encontro.....	95
Fotografia 21 –	Elevador Robodidático.....	96
Fotografia 22 –	Sistema modular para a automação do elevador robodidático.....	97
Fotografia 23 –	Avaliação diagnóstica (pós-teste).....	98
Gráfico 1 –	Análise comparativa entre a avaliação diagnóstica pré e pós-teste.....	106

LISTA DE TABELA

Tabela 1 –	Quadro de resultados das aplicações das avaliações diagnósticas pré e pós-teste.....	99
------------	--	----

LISTA DE SIGLAS

PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional do Ensino de Física
SBF	Sociedade Brasileira de Física
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
SI	Sistema Internacional de Medidas
SEIs	Sequências de Ensino Investigativa
PhET	Interactive Simulations, um projeto da University of Colorado Boulder. É um projeto de recursos educacionais abertos sem fins lucrativos, fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Motivação.....	20
1.2	Estrutura física do produto educacional.....	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1	Expectativas de aprendizagem da Física no ensino médio.....	26
2.2	A Física no ensino médio - Interdisciplinaridade e Contextualização (PCNs).....	27
2.3	O elevador Robodidático e a aprendizagem significativa.....	27
2.4	Sequências didática de ensino por investigação.....	29
2.4.1	Experiências de demonstração investigativas	30
2.4.2	Laboratório aberto	31
2.4.3	Recursos tecnológicos	32
2.5	Atividades experimentais numa perspectiva investigativa.....	37
2.6	Conceitos físicos abordados no produto educacional.....	37
2.6.1	Carga elétrica	38
2.6.2	Eletrização	38
2.6.2.1	<i>Mecanismos de eletrização</i>	39
2.6.3	Lei de Coulomb	41
2.6.4	Campo elétrico	42
2.6.4.1	<i>Linhas de campo elétrico</i>	43
2.6.5	Força elétrica sobre um corpo carregado	45
2.6.6	Corrente elétrica – como se forma	46
2.6.7	Circuito elétrico	48
2.6.8	Fonte de tensão contínua ajustável	49
2.6.9	Transformador	49
2.7	Diodo.....	50
2.8	Ponte retificadora.....	51
2.9	Capacitor.....	53
2.10	Módulo de tensão ajustável.....	54
2.11	Magnetismo.....	55

2.11.1	Ímãs.....	55
2.11.2	Propriedades dos ímãs.....	56
2.12	Força magnética.....	57
2.13	Campo magnético.....	57
2.14	Labview.....	60
2.15	Arduino Uno R3.....	62
2.16	Módulo driver – ponte H.....	64
2.16.1	Arquitetura do módulo driver da ponte H.....	65
2.16.2	Especificações técnicas do módulo driver ponte H.....	66
2.17	Módulo sensor efeito hall.....	66
2.17.1	O que é o efeito hall.....	67
2.18	Motor elétrico de corrente contínua.....	68
2.18.1	Introdução.....	68
2.18.2	Especificações técnicas do motor elétrico no elevador robodidático.....	69
2.18.3	Princípio de funcionamento de um motor elétrico de corrente contínua.....	70
2.19	Teorias e formulário de equações físicas aplicadas ao motor elétrico do elevador robodidático.....	72
3	METODOLOGIA.....	88
3.1	Metodologia da pesquisa.....	88
3.2	O elevador robodidático.....	88
3.3	Contextos da pesquisa.....	89
3.4	Etapas da pesquisa.....	89
3.5	Aplicação do elevador robodidático em sala de aula.....	98
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	99
4.1	Primeira etapa.....	99
4.2	Segunda etapa.....	99
4.3	Questões da avaliação diagnóstica (pré e pós-teste).....	100
4.3.1	Análise da avaliação diagnóstica do pré e pós-teste.....	105
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS.....	108
	REFERÊNCIAS.....	110

APÊNDICE A – AVALIAÇÕES DIAGNÓSTICAS PRÉ E PÓS-TESTES.....	113
APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	121
APÊNDICE C – MANUAL DE CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DO ELEVADOR ROBODIDÁTICO.....	122
APÊNDICE D – MANUAL DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL – MÓDULOS AUXILIARES.....	201
APÊNDICE E – QUESTIONÁRIO QUALITATIVO.....	286
ANEXO A – SUGESTÕES COMPLEMENTARES DE QUESTÕES PROPOSTAS.....	287

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

A construção do conhecimento a respeito dos fenômenos físicos demanda no ensino da Física a inserção de experimento na prática pedagógica. É comum que esses fenômenos sejam pouco percebidos pelos alunos, porque geralmente, os conteúdos de Física estão dissociados da experimentação e aplicação. O fato da relação ensino e aprendizagem serem duas vertentes de uma aula sendo o principal objetivo da didática, (CARVALHO, 2004), implica em grandes desafios para nós enquanto mediadores nesse processo. De fato, como se essas vertentes fossem duas faces de uma mesma moeda, isto é, com ligações muito profundas, principalmente quando se trata do ensino das ciências.

As novas tendências sugeridas pelos parâmetros curriculares nacionais (PCNs) propõem que o ensino das ciências vise à aculturação científica, a ponto de os estudantes poderem construir o seu conteúdo conceitual em vez de fornecer-lhes respostas definitivas, o que pode transmitir-lhes uma visão fechada das ciências. Nesse contexto, o aluno torna-se autônomo na construção do conhecimento acerca dos fenômenos físicos, que requer uma boa compreensão dos conceitos já existentes para que eles possam relacioná-los à experimentação e aplicação, sendo capaz de associá-los ainda a situações em seu cotidiano levantando suas hipóteses e fazendo suas considerações de forma relevante.

Diante dessas necessidades, confrontado com as dificuldades estruturais existentes na escola pública em que o pesquisador efetivou este estudo, como a falta de laboratório, por exemplo, esta pesquisa propõe estratégias para viabilizar a construção do conhecimento do educando, utilizando um kit pedagógico de baixo custo e fácil aquisição que pode ser reproduzido de acordo com manual contido no apêndice. Esse kit é portátil e facilita a montagem de sequências de ensino por investigação mediante a articulação dos conceitos, que neste caso o autor aborda eletromagnetismo, que é o ramo da física que oferece um forte grau de abstração conceitual e mecânica. Nesse contexto, o kit propõe uma alternativa eficiente para tornar possível a Prática Pedagógica Experimental mais dinâmica, sobretudo no que

se refere à participação ativa do educando no estudo da Física, nas escolas que não dispõem de laboratório específico.

A integração dos módulos nesse kit pedagógico dá origem ao produto educacional denominado **Elevador Robodidático**, que também é uma ferramenta pedagógica de fácil aquisição que simula um elevador de carga. Para efeito didático investigativo e motivacional, o mesmo foi modulado em quatro módulos (kit pedagógico) acima mencionados, visando à promoção da aprendizagem significativa por investigação.

O Elevador Robodidático é apresentado inicialmente como um equipamento que faz parte do cotidiano do aluno, que contextualiza os conteúdos ora trabalhados. Nele o aluno pode observar e compreender a aplicação dos conceitos, envolvendo física, tecnologia, programação entre outros. Ele também surge como instrumento de provocação, do ponto de vista a instigar o aluno à curiosidade de desvendar a física que há por “trás” dos equipamentos eletrônicos que o cercam, percebendo a relevância da disciplina de Física no avanço tecnológico. O Elevador Robodidático também pode ser utilizado no nível 2 de investigação que de acordo com (CARVALHO, 2014) é o que chamamos de laboratório aberto, quando é proposto o problema, a partir do qual o grupo de alunos vai buscar o procedimento para resolvê-los e chegar às suas conclusões.

1.2 Estrutura física do produto educacional

O Elevador Robodidático **Fotografia 1** é composto basicamente de um motor elétrico com uma caixa de redução (**B**), sensores de efeito Hall (**C**), arduino e driver de ponte H (**D**), cabine (**E**), computador com o programa de controle e automação construído em labVIEW e uma fonte de alimentação com tensão elétrica contínua ajustável (**F**).

Fotografia 1 - Elevador Robodidático.

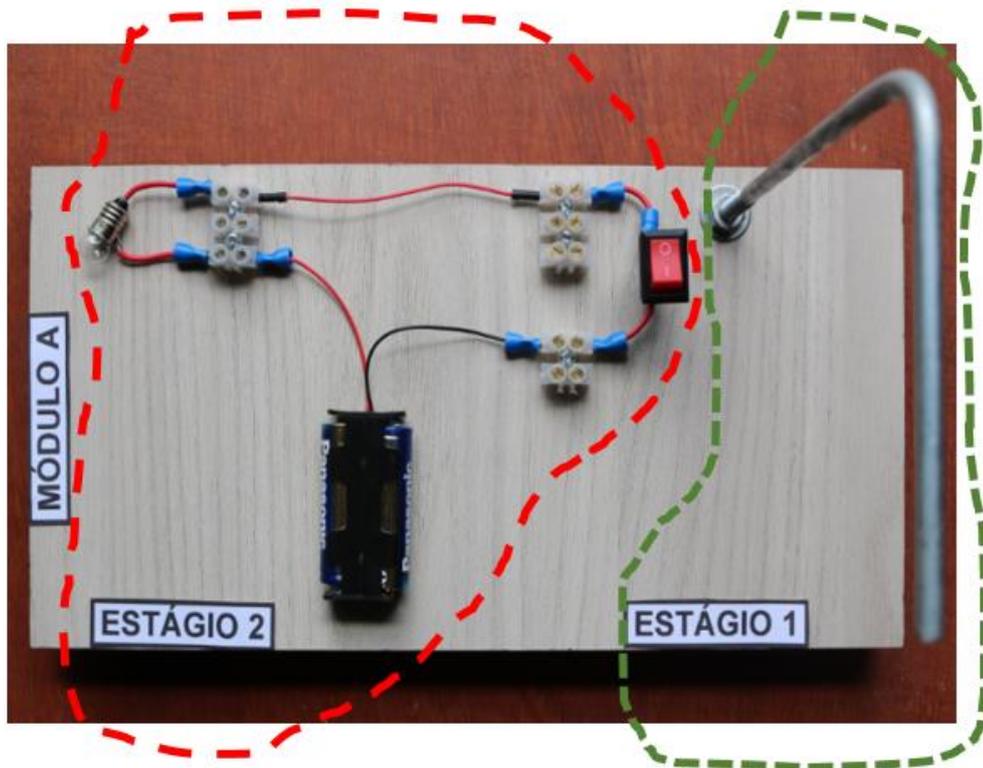


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Na **fotografia 2**, mostra o módulo auxiliar A que agrega em um só aparato dois estágios experimentais, conforme detalharemos a seguir:

- I. estágio 1 (tracejado verde), composto por um pêndulo eletrostático onde serão investigados experimentalmente os fenômenos eletrostáticos e manifestações de campo e força elétrica através de corpos eletrizados.
- II. estágio 2 (tracejado vermelho), é formado por um arranjo de um circuito elétrico simples que permite explorar conceitos e aplicações de corrente elétrica. Neste estágio é investigado experimentalmente causa e efeito da corrente elétrica no circuito, e como medir sua intensidade utilizando o amperímetro.

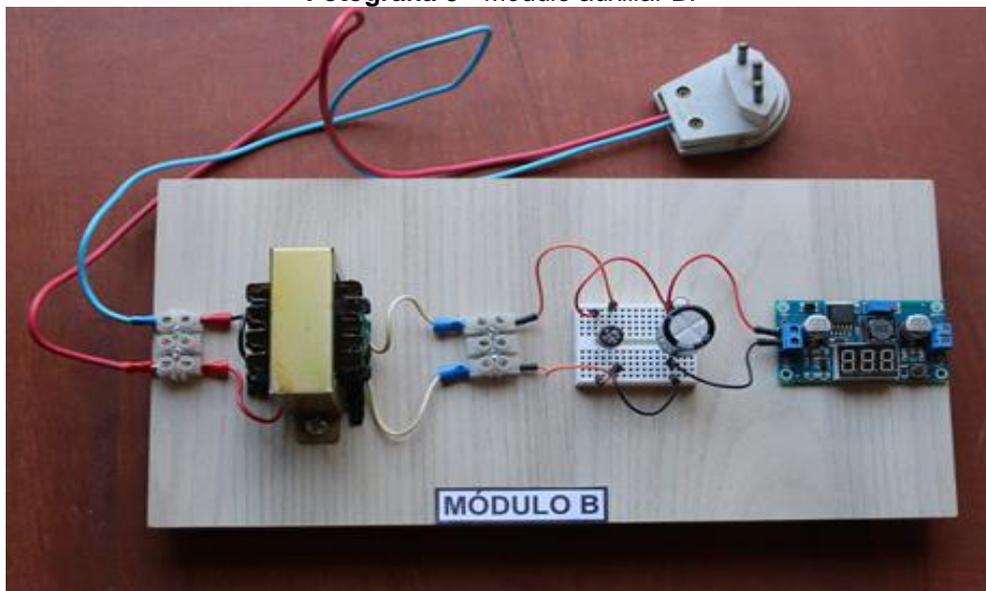
Fotografia 2 - Módulo auxiliar A (estágio 1 e 2).



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A **fotografia 3**, apresenta o módulo B. Neste módulo está instalada uma fonte de tensão ajustável, permitindo que se possa ajustar uma tensão elétrica de acordo com a necessidade do projeto e das atividades propostas a ele.

Fotografia 3 - Módulo auxiliar B.

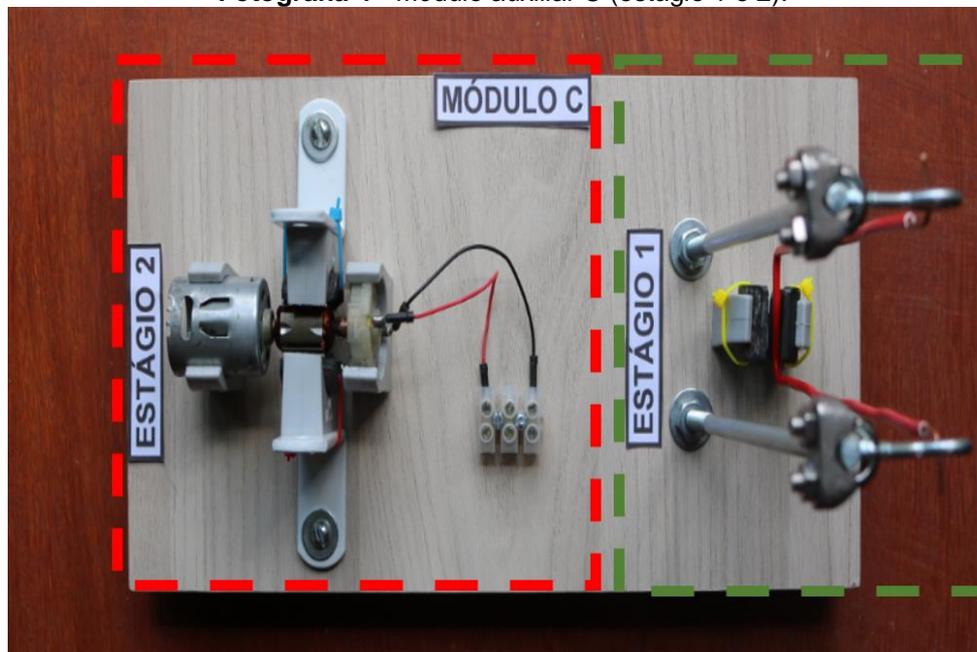


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O módulo C, como pode ser visto na **fotografia 4**, apresenta dois estágios experimentais:

- I. estágio 1 (tracejado verde), composto por um pêndulo eletromagnético onde serão investigados experimentalmente os fenômenos magnéticos, envolvendo campo e força magnética atuando em cargas elétrica.
- II. estágio 2 (tracejado vermelho), formado por um motor elétrico desmontado e exposto seus elementos em suporte. Essa estrutura permite a visualização desses elementos e a simulação em diversas configurações de montagem. Neste estágio, é investigada experimentalmente a aplicação dos conceitos de eletromagnetismo abordados nesta pesquisa.

Fotografia 4 - Módulo auxiliar C (estágio 1 e 2).



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

1.3 Estrutura da pesquisa

Este trabalho estrutura-se em cinco capítulos: o primeiro capítulo configura-se em uma introdução, fornecendo ao leitor informações relevantes e que viabilizem a compreensão com clareza do assunto abordado tanto no estudo, como na situação-problema produzida e no objetivo da pesquisa; o segundo capítulo apresenta a fundamentação da pesquisa apoiada em referenciais teóricos; o terceiro capítulo

aborda a metodologia da pesquisa, bem como a metodologia aplicada na sequência utilizando o Elevador Robodidático e os módulos auxiliares (kits pedagógicos) como instrumentos de ensino teórico-experimental na investigação dos fenômenos referentes ao eletromagnetismo aplicado no produto educacional; o quarto capítulo trata da análise dos dados coletados quanto ao desempenho da aprendizagem dos alunos após a aplicação das avaliações diagnósticas pré e pós-teste. O quinto capítulo são as considerações finais, ou seja, uma visão analítica do trabalho, nas quais são confrontadas as avaliações diagnósticas que forneceram resultados qualitativo e estatístico referentes à importância de se trabalhar com atividades experimentais investigativas. Também são apresentadas no referido capítulo as perspectivas quanto ao desenvolvimento do Elevador Robodidático e das futuras implementações a serem feitas para o estudo dos conceitos físicos. Complementando esta pesquisa, há as referências, apêndices e anexos. Nos apêndices estão: as avaliações diagnósticas, questionário qualitativo, termo de consentimento de imagem, manual de construção e aplicação do Elevador Robodidático, manual de atividade experimental do aluno e a lista de ferramentas e instrumentos utilizados. No anexo estão sugestões complementares de questões propostas aos módulos (A, B, C e D) do produto educacional Elevador Robodidático.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Expectativas de aprendizagem da Física no ensino médio

A Física, como componente da área de Ciências da Natureza, tem um papel relevante não apenas na construção científica, mas histórica e humana, permitindo ao estudante a capacidade de participação crítica na vida social e de adquirir uma postura que permita distinguir as evoluções tecnológicas em sua volta, de forma consciente.¹

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) de Física em Ensino Médio da educação básica do estado de Pernambuco, estabelecem que:

O ensino de Física voltado para a constituição de um saber significativo e de integração social implica não somente conhecer os princípios fundamentais da Física, mas também saber como chegamos a eles e por que acreditamos neles, uma vez que o conhecimento científico sobre a natureza exige entender como a ciência funciona permitindo avaliar as características e os limites desse saber.¹

A ação didático-pedagógica no ensino da Física traz muitos desafios, não apenas aos docentes, como mediadores nesse processo, mas também aos alunos e a outros segmentos da Educação Escolar, principalmente quando se pensa nas tendências propostas pelos PCNs. Esta ação deve estar apoiada na Base Curricular Nacional, Lei de Diretrizes e Bases da Educação e integrada a um planejamento intencional por parte do professor, de forma a satisfazer os propósitos que a escolarização se propõe. Para isso, é proposto nesta dissertação, que os alunos tenham a oportunidade de compreender conceitos físicos através da investigação de suas propriedades em módulos experimentais (auxiliares) e na aplicação no produto educacional “Elevador Robodidático”, representando situações concretas do cotidiano, fugindo ao enfoque matemático excessivo e à memorização de fórmulas. No entanto, é imprescindível que o estudante esteja embasado numa aprendizagem significativa, interagindo seus conhecimentos teóricos prévios com novos conhecimentos, propostos nas atividades experimentais do produto educacional, articulando conceitos e aplicações em situações concretas. A proposta da aplicação de Física no Ensino médio, atrela-se a uma dinâmica integrada a outras áreas do conhecimento de forma compartilhada, possibilitando ao estudante alternativas para soluções de problemas concretos.

2.2 A Física no ensino médio - Interdisciplinaridade e Contextualização (PCNs)

O ensino de Física, no que se refere a “dar sentido” aos conceitos físicos expostos aos alunos em sala de aula, demanda ao professor tornar esse componente curricular mais atraente ao educando. Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, indicam a necessidade não só da contextualização no ensino visando a construção das competências como também reforça a importância da articulação entre outras áreas do conhecimento².

Para contextualizar os conceitos da Física referentes ao eletromagnetismo e mecânica, trazemos como proposta nesta pesquisa um produto educacional, o Elevador Robodidático, que por sua vez simula um elevador (objeto que faz parte do cotidiano do aluno), criando possibilidade para promoção da aprendizagem significativa.

2.3 O elevador robodidático e a aprendizagem significativa

Levando em consideração a necessidade da contextualização no ensino da física, bem como o ensino por investigação, foi efetivada através do elevador Robodidático uma sequência didática investigativa (SEI), visto que o elevador está presente no cotidiano do aluno e nele pode-se trabalhar inúmeros conceitos físicos com foco na aprendizagem significativa defendida pelo teórico David Ausubel (1918, 2008) que interpretada por Moreira elucidada:

A aprendizagem significativa é aquela em que as ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-litera, não ao pé da letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.³

Na abordagem de conteúdos referentes ao componente curricular eletromagnetismo, a energia elétrica, por exemplo, entra como um símbolo já significativo para o aluno, uma vez que faz parte do seu cotidiano. De acordo com o teórico supracitado, essa ideia prévia que o aluno tem sobre o assunto abordado é

denominado subsunçor ou ideia âncora. Esse subsunçor permite ao indivíduo dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado. Levando em consideração a afirmação anteriormente exposta, isso depende do que esse indivíduo sabe sobre energia elétrica, sendo um conhecimento prévio de maior ou menor estabilidade cognitiva. O que o aluno sabe referente ao conteúdo vivenciado deve obrigatoriamente interagir com o novo conhecimento, permitindo o aprofundamento do que está sendo estudado, viabilizando a construção das competências.

Neste modelo de aprendizagem, o aprendiz relaciona uma nova informação de forma relevante às suas ideias pré-estabelecidas em sua estrutura cognitiva.

De acordo com a base curricular nacional, os conteúdos trabalhados nesta pesquisa são vivenciados no último ano do ensino fundamental na disciplina de ciências. Por isso, entendemos que o aluno já dispõe de conhecimentos introdutórios de fenômenos eletromagnéticos. Isto condicionará a aquisição de novos conhecimentos que, quando relacionados, viabilizará a sua aprendizagem significativa.

Essencialmente, são duas as condições para aprendizagem significativa: 1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e 2) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. A primeira condição implica que o material de aprendizagem (livros, aulas, aplicativos,...) tenha significado lógico (isto é, seja relacionável de maneira não-arbitrária e não-literal a uma estrutura cognitiva apropriada e relevante).³

O Elevador Robodidático foi desenvolvido visando a primeira condição, visto que nele é possível fazer as aplicações reais dos conceitos de forma prática e dinâmica. Os módulos auxiliares (kits pedagógicos) também atingem o mesmo potencial, porém, em vez de aplicação, neles são realizadas as experimentações investigativas. Acreditamos que tanto o Elevador como os kits pedagógicos estimularão o aluno a aprenderem física, contemplando dessa forma a segunda condição acima citada.

Em relação aos conhecimentos prévios sobre a fenomenologia das Leis de Newton e da gravidade, do funcionamento de motores, da resistência elétrica, da corrente elétrica, entre outros, certamente servirão de subsunçores para entender outros princípios da Física e de outras áreas, como as Leis de Ampère e Faraday, os campos elétrico e magnético, o funcionamento de geradores elétricos, os conceitos envolvidos em Fontes DC elétricas e, dando-lhe mais estabilidade cognitiva e maior clareza. Os subsunçores, envolvidos como objetivos de aprendizagem, poderão servir

de ideia-âncora para entender outros fenômenos semelhantes presentes na Física de um modo geral.⁴

2.4 Sequências didática de ensino por investigação

Três ideias motivaram a elaboração de um plano de ação que possa vir a contribuir com uma aprendizagem significativa do estudante e originaram uma sequência didática de ensino por investigação, utilizando-se de aparatos aqui denominados de módulos que embasam experimentalmente a investigação de conceitos físicos aplicados ao nosso produto educacional (Elevador Robodidático).

“A primeira ideia parte do princípio que a construção do conhecimento científico pelos alunos requer a participação dos estudantes na (re)construção dos conhecimentos que habitualmente se transmite já elaborados.”⁵

De fato, é imprescindível que o estudante seja protagonista na construção do seu conhecimento, dando a ele liberdade de construir, refletir, inovar e confrontar ideias que permitam sua evolução no conhecimento científico, ao invés de acessá-los mecanicamente de forma acabada.

“A segunda ideia é a valorização da construção social do conhecimento que se reflete na argumentação entre os alunos.”⁵

Assim, foi vivenciada esta experiência em sala de aula, onde foram discutidos e investigados com os alunos conceitos físicos utilizados nos módulos experimentais (A, B e C) que auxiliam conceitos dos fenômenos físicos abordados e aplicados no produto educacional “Elevador Robodidático”. Em todas as atividades experimentais os alunos socializaram e argumentaram suas experiências, o que proporcionou uma dinâmica com forte influência na autoestima.

Visando estimular a terceira ideia apontada por Carvalho (2003), onde se propõe condições ao aluno através de atividades, transpor sua linguagem utilizada no cotidiano para a linguagem com base no conhecimento científico, nesta transposição inserimos o Elevador Robodidático com propostas de atividades mediadoras neste processo de construção do conhecimento, de forma articulada aos conceitos físicos e formulações matemáticas.

A compreensão dos fenômenos naturais, os argumentos que fundamentam suas origens e o relacionamento das linguagens cotidiana, científica e a matemática pelos

alunos nortearam a nossa proposta de ensino por investigação. Os alunos interagem entre grupos articulando esses atributos através de atividades investigativas propostas pelos módulos auxiliares (kits pedagógicos) e o produto educacional concedendo ao aluno liberdade intelectual, contribuindo na produção de uma sequência de ensino investigativa (SEIs)⁶ satisfazendo a intervenção didática: teorias físicas, experimentação e aplicação.

Neste projeto foi estabelecido três propostas, conforme serão descritas nas seções 2.4.1, 2.4.2 e 2.4.3.

2.4.1 Experiências de demonstração investigativas

Nesta proposta, as demonstrações de alguns conceitos físicos do eletromagnetismo aplicados ao produto educacional são simuladas pelo professor através de recursos virtuais, utilizando o simulador interativo PhET⁸ (projeto de simulações interativas). Durante a apresentação da aula teórica e observadas pelo aluno. O intuito desta metodologia é envolver uma dinâmica na representação dos modelos teóricos envolvidos nos conceitos em estudo, permitindo ao aluno refletir sobre o conteúdo teórico, participando com argumentação e intervenções na explicação da simulação.

Um cuidado no planejamento das demonstrações investigativas é o professor promover uma problematização que instigue os alunos a levantarem suas próprias hipóteses e discutirem possíveis soluções.

A ideia do simulador é viabilizar a reflexão e interação dos alunos com novas tecnologias de aprendizagem que envolvam modelos teóricos flexibilizados de forma dinâmica e atrativa.

“A demonstração investigativa deve apresentar não só o fenômeno em si, mas criar oportunidade para a construção científica de um dado conceito ligado a esse fenômeno.”⁵

Interpretar determinados fenômenos físicos requer do estudante um embasamento teórico bastante apurado. Isto se faz extremamente necessário, muito embora em situações mais complexas exija algo mais, ou até mesmo ficamos sem respostas. Nesta atividade, a utilização do simulador PHET foi aplicado nas demonstrações investigativas pelo professor como instrumento pedagógico

motivacional, dinamizando as aulas expositivas e promovendo aos alunos o aprimoramento dos seus conceitos, viabilizando a reflexão e interação com os conteúdos abordados buscando explicação no modelo teórico, permitindo que eles construam suas próprias hipóteses. Essa construção pode ser realizada por interação entre professor e alunos, ocorrendo durante discussões de fenômenos, e na sequência, essas discussões uma vez sistematizadas, é necessário que os alunos façam a transposição de conceitos de fenômenos em linguagem matemática. Sendo fundamental nesta demonstração que o professor instigue os alunos e eles próprios apresentem suas observações e respostas às atividades correspondentes.

2.4.2 Laboratório aberto

Em um laboratório didático tradicional, o aluno deve seguir instruções (de um manual ou do professor) sobre as quais não tem qualquer poder e decisão. Seguindo uma série de passos propostos, deve chegar a um objetivo pré-determinado.

O laboratório aberto procura complementar a alfabetização científica dos alunos. Nesses últimos anos, vários são os pesquisadores que têm trabalhado com o laboratório aberto. Borges (2002)⁷ procurou definir um critério para caracterizar o nível de investigação nesse tipo de atividade, estabelecendo diferentes níveis de investigação em relação ao problema apresentado pela atividade, aos procedimentos necessários para a sua realização e às conclusões tiradas a partir dos resultados dela obtidos. Ele propõe a distribuição mostrada no **Quadro 1**.

Quadro 1 - Níveis de investigação no laboratório de ciências.

Nível de investigação	Enunciado do problema	Procedimentos	Conclusões
0	dado	dados	dadas
1	dado	dados	em aberto
2	dado	em aberto	em aberto
3	em aberto	em aberto	em aberto

Fonte: Borges (2002, p.306).⁶

Levando em consideração os níveis de investigação, foi vivenciado neste trabalho o nível 1 e 2. O nível 2 é considerado por Borges (2002) como laboratório aberto. Neste caso, as atividades experimentais investigativas foram realizadas em

grupos. Os alunos foram confrontados com uma situação problema a eles proposta e os mesmos buscaram resolvê-las e tirar suas conclusões. Envolvendo-se nesse processo, o educando é motivado a se comprometer na busca das respostas para as questões colocadas.

Nosso intuito é que o aluno se torne o protagonista na construção do próprio conhecimento científico. Para que isto ocorra, o aluno deve exercer autonomia nas atividades experimentais. Portanto, as atividades propostas no produto educacional “Elevador Robodidático” e nos módulos auxiliares (kits pedagógicos) foram distribuídas em sete Práticas de Atividades Investigativas Experimentais (PAIEs).

2.4.3 Recursos tecnológicos

Atualmente, existem muitas opções de recursos tecnológicos que viabilizam o ensino por investigação. Porém, essa metodologia ainda não foi largamente introduzida na escola. Neste trabalho, utilizamos o simulador PHET⁷ onde realizamos as demonstrações experimentais investigativas em modo virtual, e nos kits pedagógicos as atividades experimentais investigativas em modo real. Nas demonstrações obtém-se resultados pré-determinados através dos modelos matemáticos, isto é, de forma ideal desprezando as interferências de grandezas envolvidas no contexto. Enquanto a experimentação investigativa nos kits pedagógicos proporciona ao aluno a possibilidade de aprender com atividades contendo questões abertas estimulando o raciocínio e a verbalização de ideias, onde os resultados variam em função das interpretações das variáveis envolvidas.

“Segundo Carvalho (2014), os recursos destinados ao ensino da física, podem e devem ser utilizados, criando-se atividades que carreguem caráter problematizador dessa metodologia de ensino.”⁹

Neste contexto, o autor defende a interação entre a experimentação real e a simulação virtual, isto é, na sequência didática o professor abordou os conceitos nas demonstrações investigativas e posteriormente o educando realizou as experimentações investigativas nos kits pedagógicos. Com a utilização desses recursos virtuais, não se quer a substituição do real, nem o uso das tecnologias no mesmo nível epistemológico e educacional da experimentação em termos de

aproveitamento. É de suma importância que o professor tenha consciência que uma prática substitui a outra, pois, deve ficar claro para o aluno que por mais realista que a simulação virtual possa parecer, ele deve estar interagindo com o modelo físico construído simplificada e que podem em maior ou menor grau de precisão se aproximar do real.

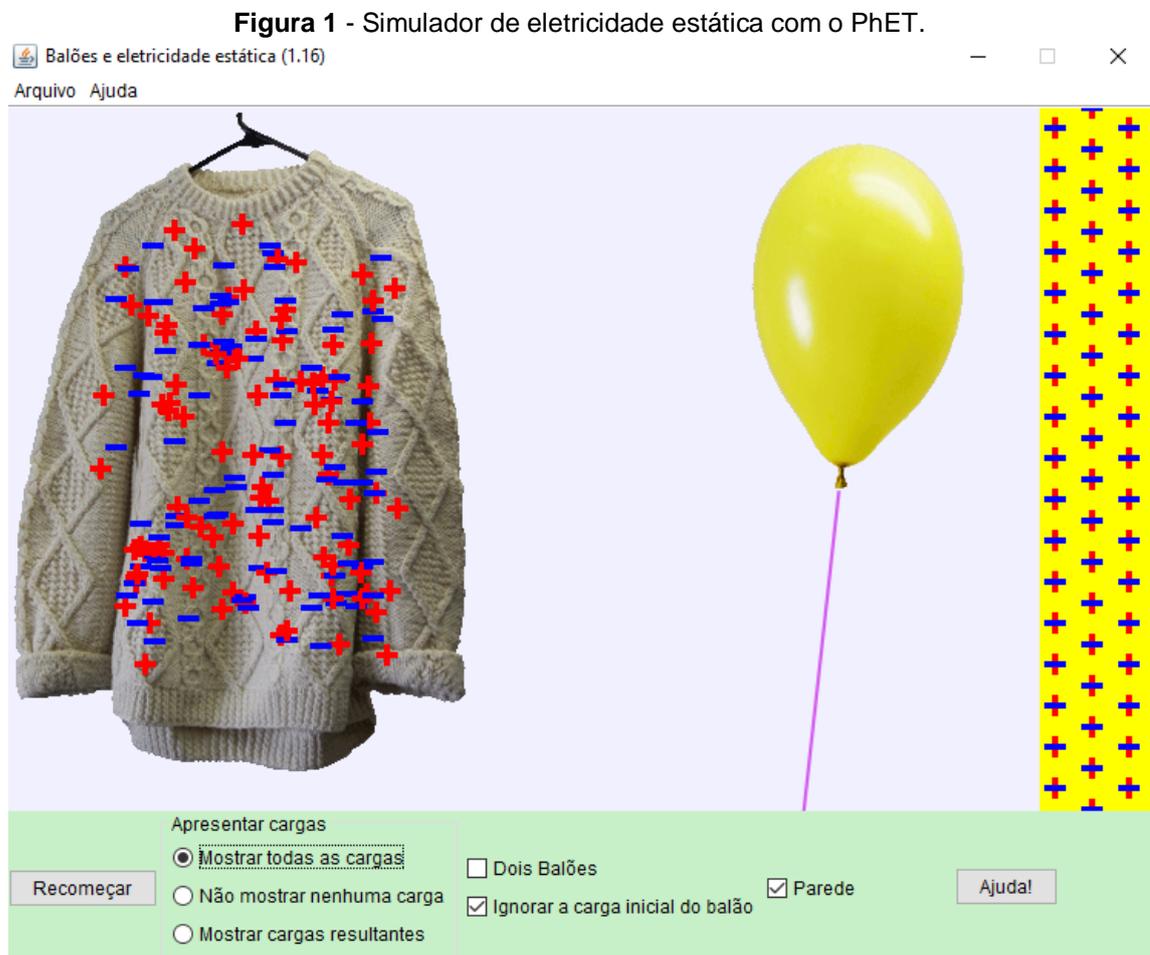
Nesta proposta, o simulador PhET é utilizado como instrumento didático auxiliando na abordagem de tópicos relativos à eletricidade e eletromagnetismo. A ideia da utilização do PhET não é criar atividades experimentais investigativas, pois isto será realizado com os aparatos (módulos) experimentais, e sim que os estudantes visualizem na aula expositiva os modelos de conceitos físicos de uma forma dinâmica, diferentemente do que seria escrever na lousa ou imaginá-los na leitura de texto.

Quadro 2 - Plano de ação do simulador PhET.

Tópico (s)	Objetivos de aprendizagem	Figura
<ul style="list-style-type: none"> ● Eletrização; ● Cargas elétricas; ● Força elétrica. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Descrever e desenhar modelos para conceitos comuns de eletricidade estática (transferência de carga, indução, atração, repulsão e aterramento) ● Prever a força de acordo com a distância em várias configurações de carga. 	1
<ul style="list-style-type: none"> ● Campo elétrico. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Explicar a relação entre o tamanho e a direção das linhas do campo elétrico para o sinal e a magnitude da carga de uma partícula. ● Explicar as interações entre duas partículas carregadas. ● Explicar o que acontece quando você aplica diferentes campos elétricos externos. 	2
<ul style="list-style-type: none"> ● Campo elétrico. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Determinar as variáveis que afetam o modo como corpos carregados interagem. ● Descrever a força e a direção do campo elétrico em torno de um corpo carregado. ● Utilizar diagramas de corpo livre e adição vetorial para ajudar a explicar as interações. 	3
<ul style="list-style-type: none"> ● Circuitos ● Lâmpadas ● Baterias ● Interruptores ● Amperímetro ● Voltímetro ● Capacitor 	<ul style="list-style-type: none"> ● Construir circuito elétrico. ● Investigar com instrumentos de medidas forma de ondas. 	4
<ul style="list-style-type: none"> ● Campo Magnético ● Ímãs 	<ul style="list-style-type: none"> ● Prever a direção do campo magnético para diferentes locais ao redor de uma barra de ímã. ● Relacionar força do campo magnético com a distância quantitativa e qualitativamente. 	5

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

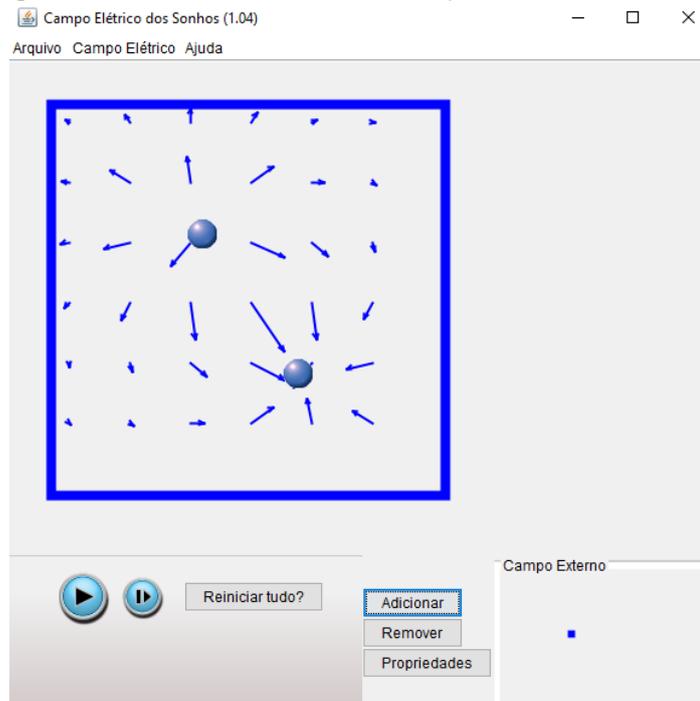
Nas **Figuras** de 1 a 5, pode-se ver vários exemplos de aplicação do PhET: a **Figura 5** representa cargas elétricas estática, transferência de carga, indução, atração e repulsão, prevendo a força de acordo com a distância em várias configurações de carga.



Fonte: Phet (2018).¹⁰

- A **Figura 2**, explica a relação entre o tamanho e a direção das linhas azuis do campo elétrico para o sinal e a magnitude da carga de uma partícula, interações entre duas partículas carregadas e aplicações de diferentes campos elétricos.

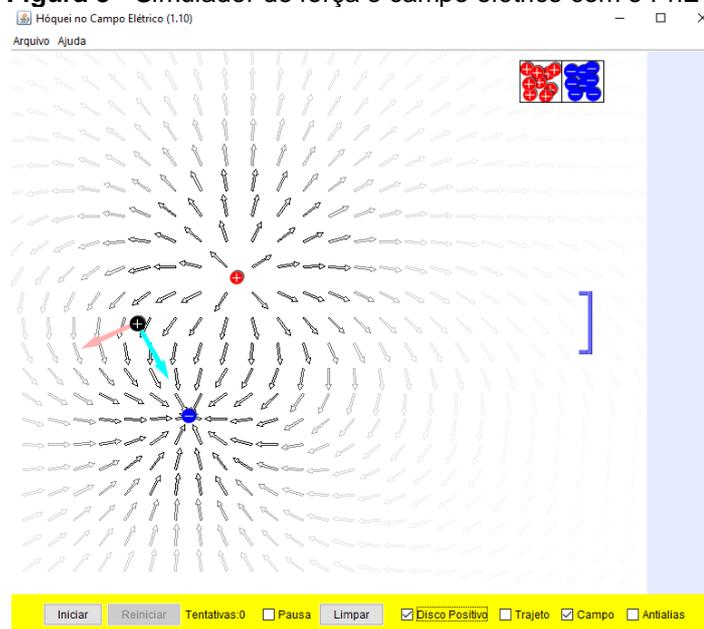
Figura 2 - Simulador de linhas de campo elétrico com o PhET.



Fonte: Phet (2018).¹¹

- De acordo com a **Figura 3**, determina as variáveis que afetam o modo como corpos carregados interagem, descreve a força e a direção do campo elétrico em torno de um corpo carregado, e utiliza diagramas de corpo livre e adição vetorial para ajudar a explicar as interações.

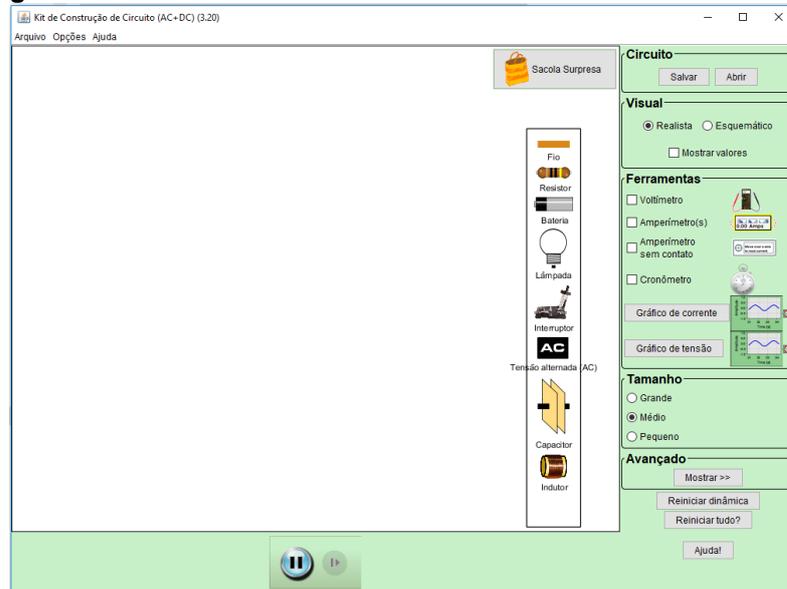
Figura 3 - Simulador de força e campo elétrico com o PhET.



Fonte: Phet (2018).¹²

- A **Figura 4** representa fonte de tensão elétrica alternada/contínua em circuito elétrico, e representa graficamente a corrente e a tensão em função do tempo.

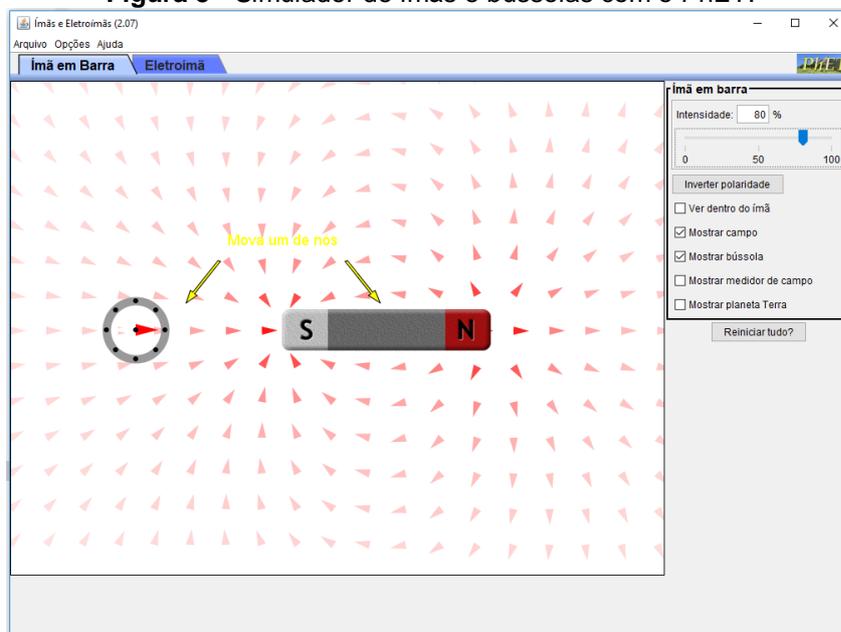
Figura 4 - Simulador de forma de onda e circuito elétrico com o PhET.



Fonte: Phet (2018).¹³

- A **Figura 5** prevê a direção do campo magnético para diferentes locais ao redor de uma barra de ímã e relaciona força do campo magnético com a distância quantitativa e qualitativamente.

Figura 5 - Simulador de ímãs e bússolas com o PhET.



Fonte: Phet (2018).¹⁴

2.5 Atividades experimentais numa perspectiva investigativa

As atividades experimentais investigativas devem conter roteiros abertos que possibilitem aos alunos buscar livremente uma linha de raciocínio que os levem à resolução das situações e problemas propostos, estimulando discussões, levantamento de hipóteses e concedendo o diálogo entre o grupo dando, desta forma, possibilidades para sistematizar os conhecimentos adquiridos, confrontando os resultados com as hipóteses apresentadas e a construção de uma conclusão coerente. Neste contexto, segundo Murgj (2016):

Atividade Experimental Investigativa (AEI) não deve conter roteiros prontos e fechados, em que os estudantes, executam todas as etapas pré-definidas, sem ao menos ter a oportunidade de questionar, ou mesmo compreender o processo desenvolvido.¹⁵

As atividades experimentais investigativas (AEIs) podem ser de natureza demonstrativa ou no formato de laboratório aberto e/ou fechado. Em ambas as AEIs descritas nos subitens 2.4.1 e 2.4.2 é proposto um problema experimental a ser resolvido, e deve ser levado em consideração alguns aspectos, sendo: disponibilizar os materiais para a realização da atividade experimental, e desenvolver as atividades com os estudantes reunidos em grupo. Na sequência, os alunos tentam solucionar o problema manipulando os equipamentos e sistematizam as hipóteses iniciais. Finalizando as etapas das atividades, faz-se necessário realizar a avaliação da aprendizagem com atividades que oportunizem momentos para que os alunos reflitam sobre o processo, sem utilizar avaliações classificatórias. Nesta dissertação, utilizamos o produto educacional onde as AEIs foram efetivadas.

2.6 Conceitos físicos abordados no produto educacional

Este tópico trata de conteúdos para fundamentação teórica dos módulos auxiliares e do produto educacional “Elevador Robodidático”. Nos módulos (A, B e C) auxiliares os tópicos serão investigados experimentalmente e aplicados no módulo D - produto educacional. O módulo A corresponde aos tópicos dos subitens 2.6.1 a 2.6.7,

Módulo B dos subitens 2.6.8 a 2.10, módulo C dos subitens 2.11 a 2.13 e módulo D dos subitens 2.14 a 2.19.

2.6.1 Carga elétrica

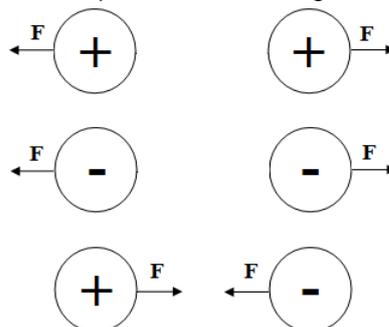
A carga elétrica é uma propriedade das partículas elementares de que compõem matéria, ou seja, é uma propriedade vinculada à existência dessas partículas.

A grande quantidade de cargas que existe em qualquer objeto geralmente não pode ser observada porque o objeto contém quantidades iguais de dois tipos de carga: cargas positivas e cargas negativas. Quando existe esta igualdade (ou equilíbrio) de cargas, diz-se que o objeto é eletricamente neutro, ou seja, sua carga total é zero.¹⁶

Quando positiva, a carga elétrica terá o número de elétrons inferior aos de prótons, enquanto a carga elétrica negativa, o número de elétrons excede aos dos prótons.

Propriedades das cargas elétricas: cargas de mesmo sinal se afastam e cargas de sinais contrários se aproximam, como mostra a **Figura 6**.

Figura 6 - Propriedades das cargas elétricas.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.6.2 Eletrização

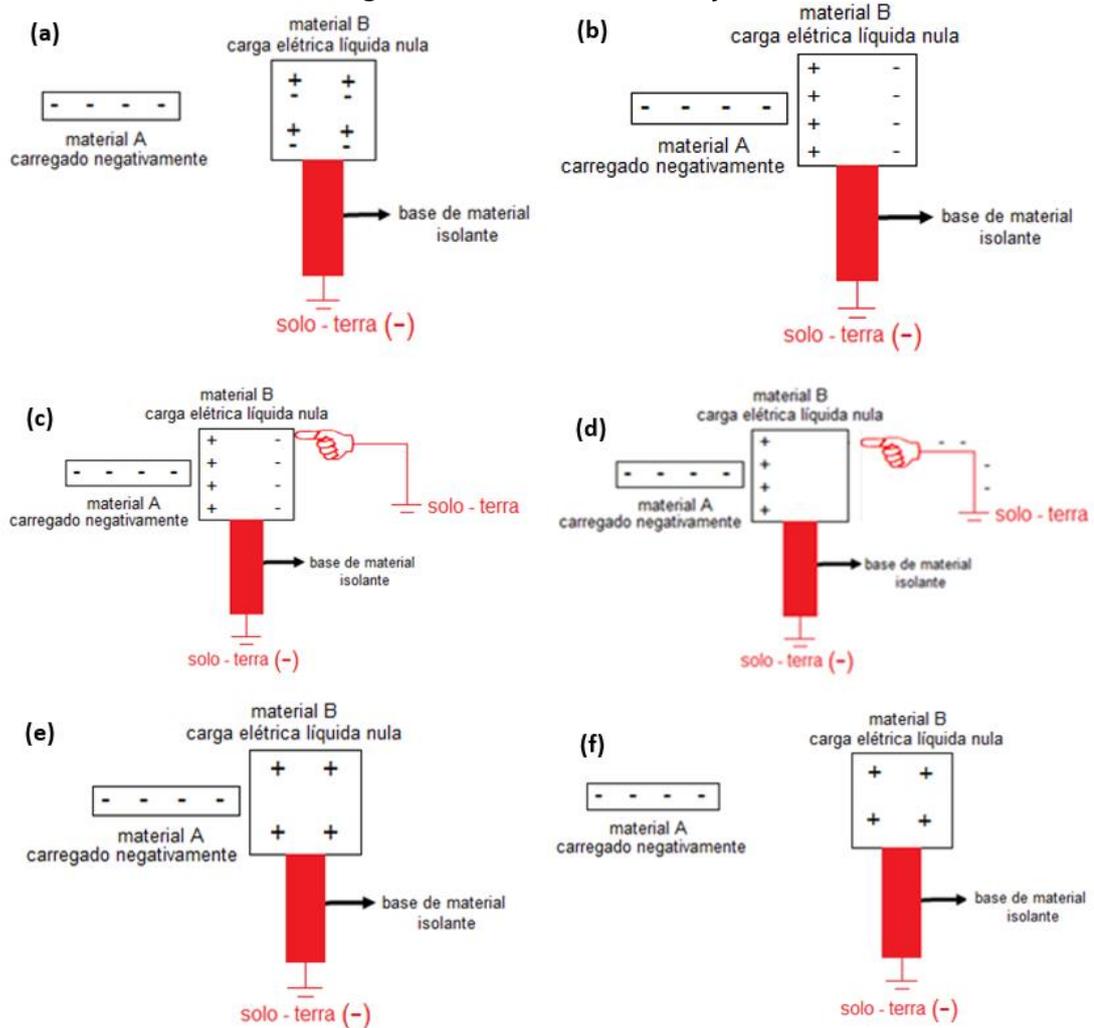
Eletrização é um processo que ocorre na prática, quando acrescenta ou retira elétrons de um corpo neutro para que passe a estar eletrizado. Quando se eletriza um corpo positivamente o mesmo terá elétrons em falta, e quando negativamente, este encontra-se em excesso de elétrons.

“Em qualquer processo no qual um corpo é carregado, a carga elétrica não é criada nem destruída, mas meramente transferida de um corpo a outro.”¹⁶

2.6.2.1 Mecanismos de eletrização

- **Por atrito:** ocorre quando friccionamos um material em outro e, assim, ambos adquirem partículas com cargas elétricas positivas ou negativas.
- **Por contato:** este método consiste em transportar elétrons de um material a outro, através de um simples contato. Por exemplo; imagine um material A carregado negativamente (excesso de elétrons), interagindo por contato com um material B, eletricamente neutro, mas bom condutor. Devido ao contato, alguns elétrons serão transferidos para o material B, carregando-o negativamente.
- **Por indução:** considere este processo nas seguintes situações ilustradas na **Figura 11**.

Figura 7 - Processo de eletrização.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 7a: o material A está eletrizado negativamente e afastado do material B com carga elétrica líquida nula e apoiado sobre uma base isolante não permitindo que a carga elétrica seja transferida para o solo.

Figura 7b: aproximando o material A do material B, induzimos carga elétrica negativa de A em B, onde serão repelidos os elétrons livres do material B e atraídos às cargas positivas para a vizinhança do material A. Nesta condição, o material B obterá duas zonas de cargas elétricas, sendo uma com excesso de elétrons, e outra com falta.

Figura 7c: tocando-se com o dedo no material B, cargas negativas escoarão para a terra percorrendo o corpo, como ocorre num fio metálico. Neste caso, a terra funciona como um depósito de cargas elétricas negativas.

Figura 7d: afastando-se o dedo do material B e em seguida o material A, o que restará no material B serão as cargas positivas.

Figura 7e – 7f: obterão-se então dois materiais eletrizados com cargas opostas.

2.6.3 Lei de Coulomb

A Lei de Coulomb é uma lei da física caracterizada pela relação de forças elétricas entre partículas eletricamente carregadas. Foi formulada e publicada pelo físico francês Charles Augustin de Coulomb, ele verificou que a força elétrica entre as duas cargas q_1 e q_2 é proporcional a cada uma das cargas e, portanto, proporcional ao produto q_1q_2 das duas cargas.

Dessa forma, Coulomb determina: a intensidade da força elétrica entre duas cargas puntiformes é diretamente proporcional ao módulo da multiplicação das cargas q_1 e q_2 e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa.

Em termos matemáticos, o módulo F da força que qualquer uma das duas cargas q_1 e q_2 , separadas por uma distância r , exerce sobre a outra, pode ser expresso pela relação:

$$\vec{F} = k \frac{|q_1q_2|}{r^2} \hat{r} \quad (2.1)$$

onde, \hat{r} é um vetor unitário na direção da reta que liga as duas partículas, r é a distância entre as partículas e k é uma constante. Se as partículas têm cargas de mesmo sinal, a força a que a partícula 1 é submetida possui o sentido de \hat{r} .¹⁶

No Sistema Internacional (SI), temos:

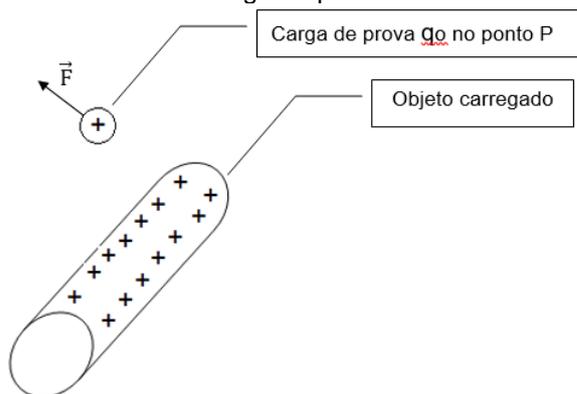
- Força (\vec{F}) em Newton (N);
- Constante $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$
- Carga elétrica (q) em Coulomb (C)

2.6.4 Campo elétrico

O campo elétrico \vec{E} , é um campo vetorial constituído por uma distribuição de vetores, um para cada ponto de uma região em torno de uma carga elétrica ou de um objeto eletricamente carregado, como por exemplo um bastão de vidro. Em princípio, pode-se definir um campo elétrico em um ponto nas proximidades de um objeto carregado, como o ponto P da **Figura 8** da seguinte forma: coloca-se no ponto P uma carga positiva q_0 , chamada carga de prova, em seguida, mede-se a força eletrostática \vec{F} que age sobre a carga q_0 e define-se o módulo campo elétrico \vec{E} (ver **Figura 9**) produzido pelo objeto através da equação:

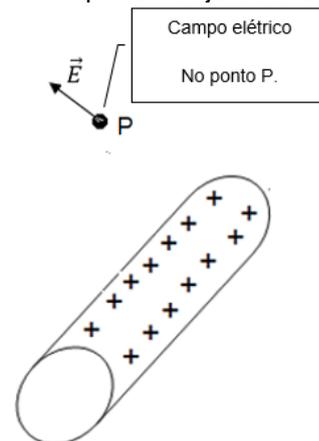
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (2.2)$$

Figura 8 - Carga de prova positiva q_0 está colocada em um ponto P nas proximidades de um objeto carregado. Uma força \vec{F} age sobre a carga de prova.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 9 - O campo elétrico \vec{E} no ponto P produzido por um objeto carregado.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A unidade de campo elétrico no SI é newton por coulomb (N/C). Embora seja usada uma carga de prova para definir o campo elétrico produzido por um objeto carregado, o campo existe independentemente da carga de prova.¹⁷

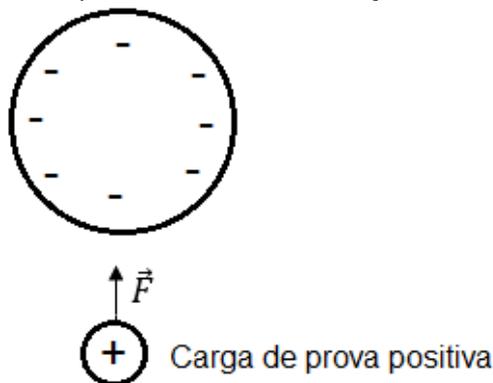
2.6.4.1 Linhas de campo elétrico

O cientista inglês Michael Faraday, que introduziu a ideia de campos elétricos no século XIX, imaginava que o espaço nas vizinhanças de um corpo eletricamente carregado era ocupado por linhas de força. Embora não se acredite mais na existência dessas linhas, hoje conhecidas como linhas de campo elétrico, elas são uma boa maneira de visualizar os campos elétricos.¹⁷

A relação entre as linhas de campo e os vetores de campo elétrico é a seguinte: (1) em qualquer ponto, a orientação de uma linha de campo retilínea ou a orientação da tangente a uma linha de campo não-retilínea é a orientação do campo elétrico \vec{E} nesse ponto; (2) as linhas de campo são desenhadas de tal forma que o número de linhas por unidade de área, medidas em um plano perpendicular às linhas, é proporcional ao módulo de \vec{E} . Assim, \vec{E} tem valores elevados nas regiões em que as linhas de campo estão próximas e valores pequenos nas regiões em que as linhas de campo estão mais afastadas.¹⁷

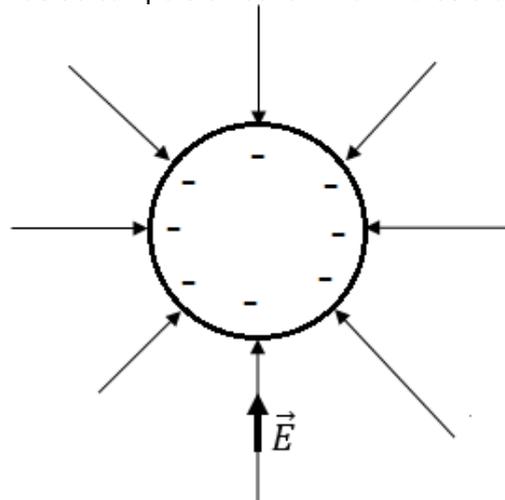
A **Figura 10** mostra uma esfera com uma distribuição de cargas negativas. Ao colocar-se uma carga de prova positiva nas proximidades da esfera, esta carga de prova é submetida a uma força eletrostática dirigida para o centro da esfera. Isso significa que em todos os pontos nas proximidades da esfera o vetor campo elétrico aponta para o centro da esfera. Esse padrão pode ser visto nas linhas de campo da **Figura 11**.¹⁷

Figura 10 - Uma força eletrostática \vec{F} age sobre uma carga de prova positiva colocada nas proximidades de uma esfera que contém uma distribuição uniforme de cargas negativas.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

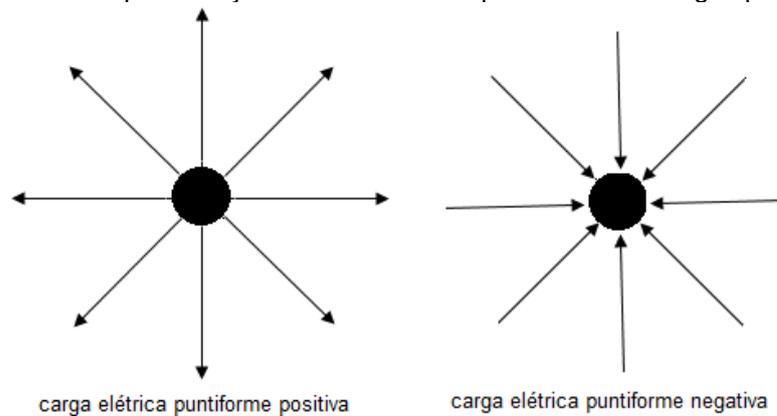
Figura 11 - O vetor campo elétrico \vec{E} na posição da carga de prova e as linhas de campo no espaço que cerca a esfera. As linhas de campo elétrico terminam na esfera negativamente carregada.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Uma forma de representar o campo elétrico é através de suas linhas de força elétrica, essas linhas apontam direção e sentido do campo. Considerando-se, por exemplo, duas cargas elétricas isoladas, tem-se que as linhas de campo se prolongam ao infinito seja afastando-se da carga elétrica positiva ou se aproximando da carga elétrica negativa, conforme ilustrado na **Figura 12**.

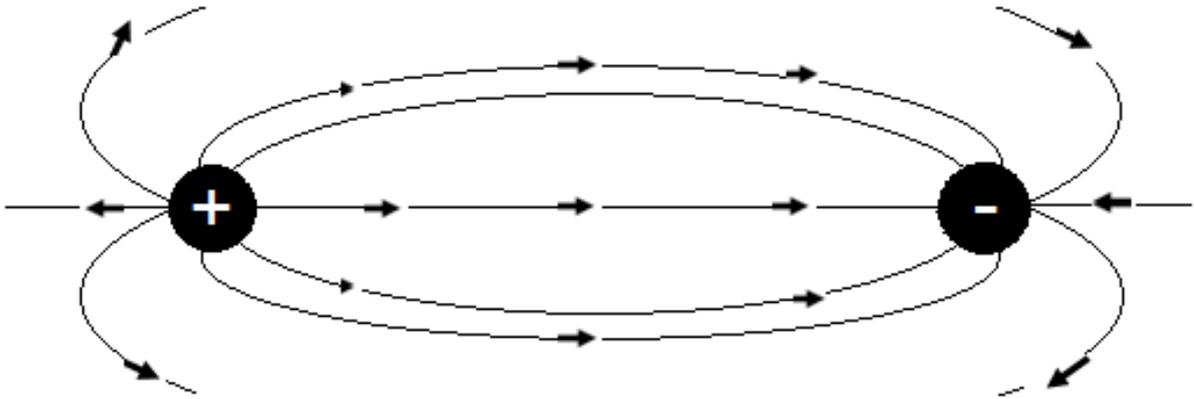
Figura 12 - Representação de linhas de campo elétrico em cargas pontuais.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Quando duas cargas elétricas puntiformes de sinais opostos são postas a uma certa distância uma da outra, forma-se um dipolo elétrico. As linhas de campo sofrerão alterações devido às superposições de campo e um campo elétrico resultante é formado como visto na **Figura 13**.

Figura 13 - Representação de linhas de campo elétrico em um dipolo.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

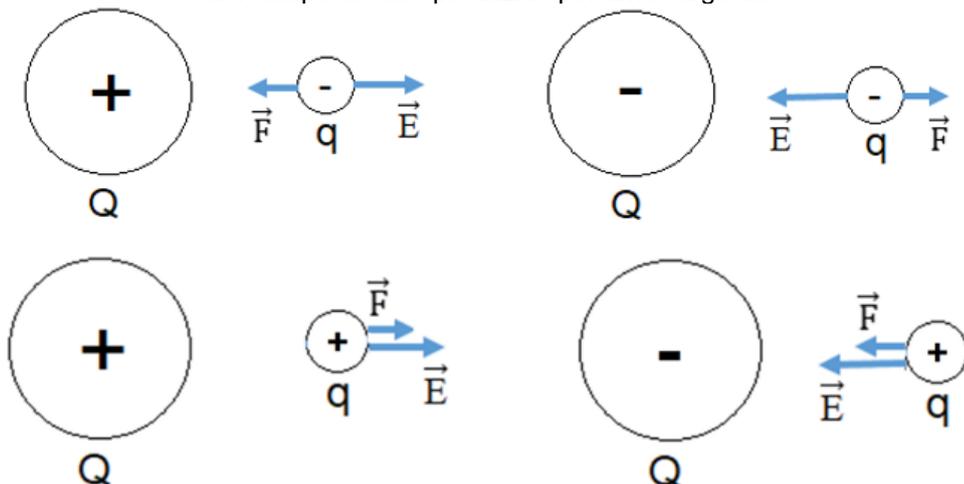
Nesta configuração, as linhas de campo elétrico se afastam das cargas positivas (onde começam) e se aproximam das cargas negativas (onde terminam).

2.6.5 Força elétrica sobre um corpo carregado

Quando se submete uma carga elétrica q à ação de um campo elétrico \vec{E} , sujeita-se esta carga a uma força que a deslocará na direção das linhas de campo, e no sentido que depende da relação de sinais entre as cargas.

Estas duas possibilidades são representadas na **Figura 14**.

Figura 14 - Representação da força elétrica sobre uma carga de prova imersa a um campo elétrico produzido por uma carga Q .



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Uma partícula carregada, quando está na presença de um campo elétrico produzido por outras cargas, é submetida a uma força eletrostática resultante dada por

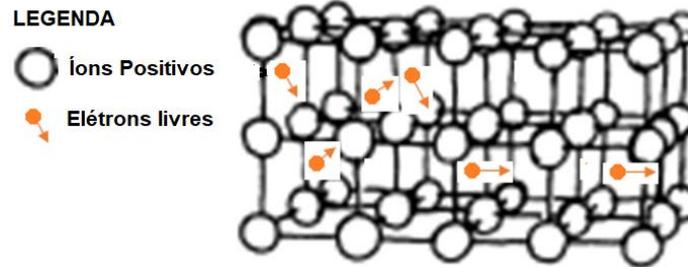
$$\vec{F} = q\vec{E}, \quad (2.3)$$

onde q é a carga da partícula (incluindo o sinal) e \vec{E} é o campo elétrico resultante produzido pelas outras cargas na posição da partícula.

2.6.6 Corrente elétrica – Como se forma

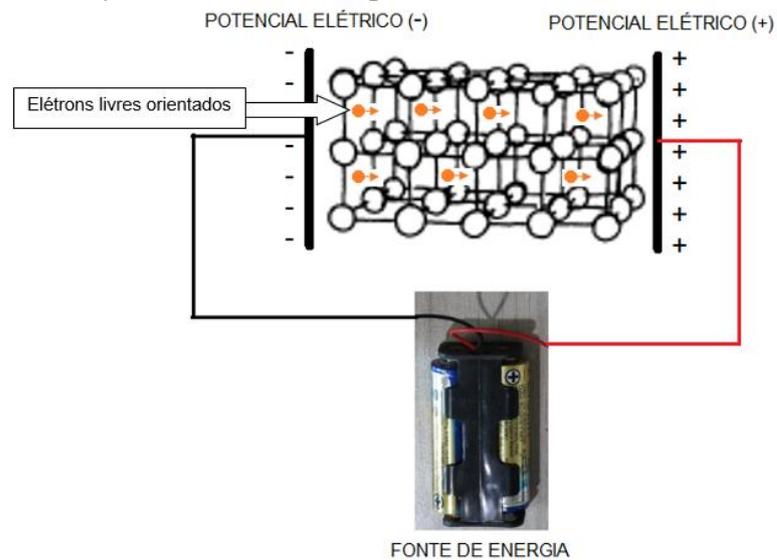
O movimento aleatório dos elétrons livres no interior do fio metálico (**Figura 15**) não é condição suficiente para que haja a corrente elétrica, e sim o movimento ordenado desses elétrons livres, ou seja, mantê-los na direção e sentido preferencial, caracterizando assim uma corrente elétrica. Para que esta condição esteja satisfeita é necessário aplicar um campo elétrico com direção e sentido uniforme envolvendo a estrutura cristalina. Teoricamente, isto ocorre quando se submete esta estrutura a uma diferença de potencial elétrico (uma bateria, por exemplo). A cada potencial elétrico tem-se um campo elétrico associado, portanto haverá um campo elétrico entre os potenciais e desta forma pode-se afirmar que: ao fechar-se um circuito elétrico de um equipamento eletrônico, onde haja uma fonte de energia elétrica, este circuito estará submetido a um campo elétrico, que estabelecerá uma força elétrica, que atuará em cada íons e elétrons livres no interior deste circuito ordenando e acelerando estes elétrons livres que é a condição necessária para o estabelecimento da corrente elétrica (**Figura 16**).

Figura 15 - Representação do movimento desordenado de apenas um dos elétrons livres no interior da rede cristalina de um metal.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 16 - Representação do movimento ordenado dos elétrons livres submetido a um campo elétrico produzido por uma fonte de energia no interior da rede cristalina de um metal.



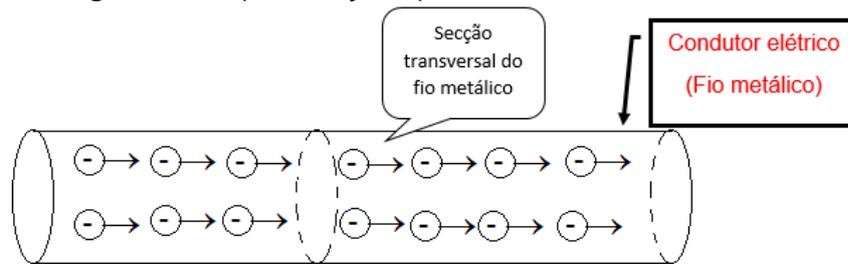
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Matematicamente, pode-se definir a corrente elétrica como:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (2.4)$$

onde i é a corrente elétrica, ΔQ é carga elétrica que atravessa uma certa secção transversal do fio em um intervalo de tempo Δt conforme indicado na **Figura 17**.

Figura 17 - Representação hipotética de um condutor elétrico.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

No sistema internacional (SI) a unidade de corrente elétrica é o Ampère (A).

Definido, como: $1 \text{ Ampère (A)} = \frac{1 \text{ Coulomb(C)}}{1 \text{ segundo (s)}}$

2.6.7 Circuito elétrico

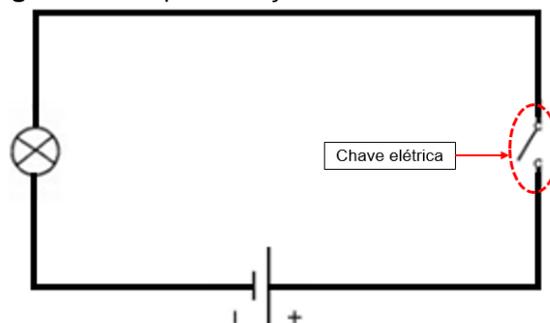
Conceito básico

É o caminho percorrido por cargas elétricas, onde começa e termina no mesmo ponto, permitindo fluir uma corrente elétrica.

Quando essas cargas elétricas completam este caminho de forma ininterrupta, diz-se que este caminho é um circuito fechado, se não se completa o caminho, diz-se que este caminho é um circuito aberto.

Utiliza-se facultativamente uma chave elétrica aberta/fechada estabelecendo a passagem ou bloqueio da corrente elétrica no circuito. Isto pode ser visto no esquema mostrado na **Figura 18**.

Figura 18 - Representação de um circuito elétrico.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.6.8 Fonte de tensão contínua ajustável

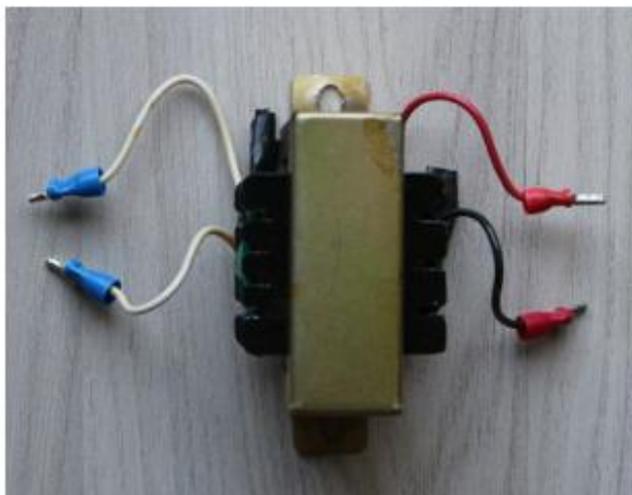
A fonte de tensão contínua é um dispositivo que mantém em seus terminais uma diferença de potencial, independentemente da variação da corrente elétrica que tenha que impor a uma carga.

Utilizamos deste dispositivo (módulo auxiliar B) convertendo a tensão elétrica alternada em contínua por meio de dispositivos eletrônicos: diodos, capacitor e regulador de tensão ajustável, que permite através de um componente eletrônico “trimpot” obter ajustes de tensão elétrica.

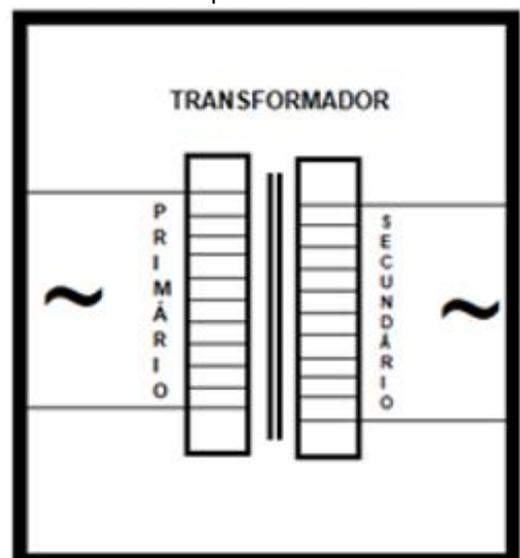
2.6.9 Transformador

O transformador, indicado na **Fotografia 5**, é um dispositivo que recebe uma tensão alternada na bobina primária através da rede elétrica, induzindo esta tensão na bobina secundária que diminuirá a voltagem, podendo ser utilizado na transferência de potência elétrica de um estágio primário para um secundário.

Fotografia 5 - (a) Transformador. (b) Simbologia utilizado em esquemas elétricos.



(a)



(b)

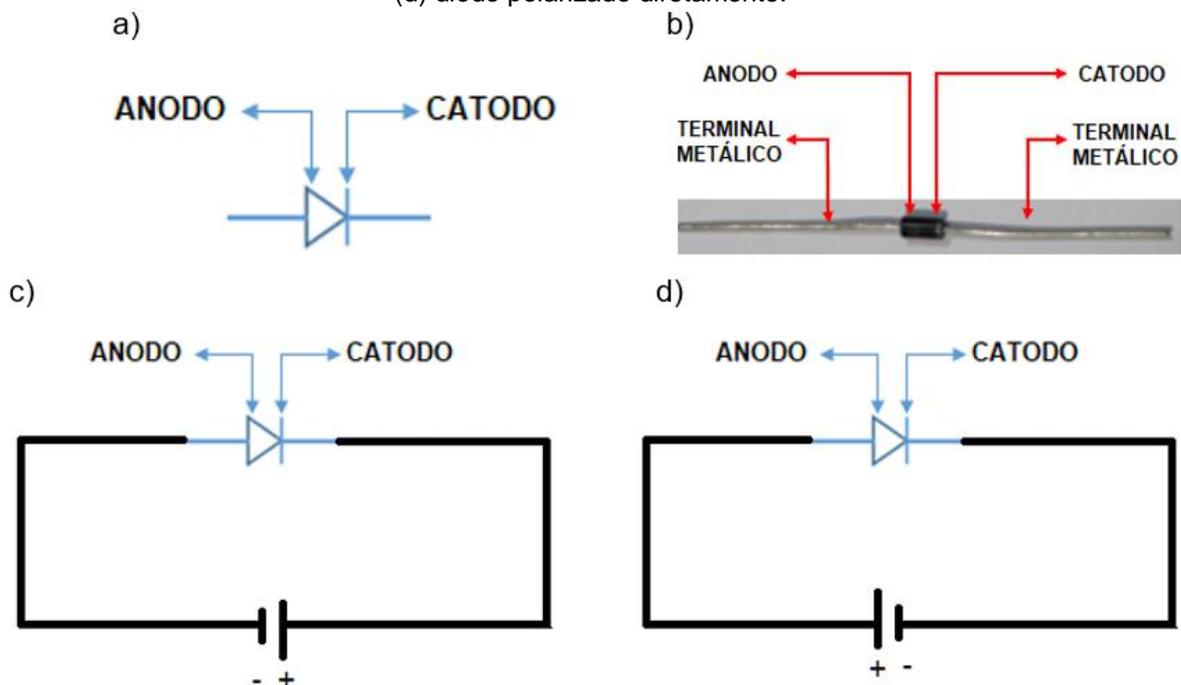
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.7 Diodo

O diodo é um componente eletrônico semicondutor constituído de duas regiões, uma tipo p e outra tipo n, e dois terminais metálicos, sendo cada terminal conectado a uma destas regiões **Figura 6a** e **Fotografia 6b**. Este dispositivo é largamente empregado em circuitos eletrônicos onde é requerido retificação de sinal alternado.

Com a capacidade de mudar sua condição de isolante para condutores, o diodo semicondutor tem sua condutividade elétrica intermediária. Em geral, sua função consiste em controlar de forma unidirecional o sentido da corrente elétrica num circuito. Isto quer dizer que se polarizado diretamente, ou seja, o anodo (+) em relação ao catodo (-), como indicado na **Figura 6c**, o diodo se comportará com baixíssima resistência conduzindo a corrente elétrica, e quando invertido os potenciais no anodo (-) e catodo (+), o diodo será polarizado inversamente (**Figura 6d**) elevando sua resistência e assim impedindo a passagem de corrente.¹⁷

Fotografia 6 - (a) simbologia do diodo. (b) diodo. (c) diodo polarizado inversamente. (d) diodo polarizado diretamente.



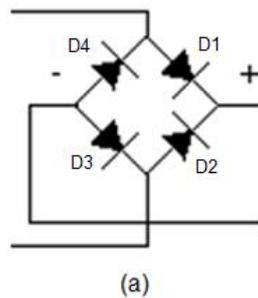
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.8 Ponte retificadora

A ponte retificadora é um componente eletrônico que converte tensão elétrica alternada em contínua.

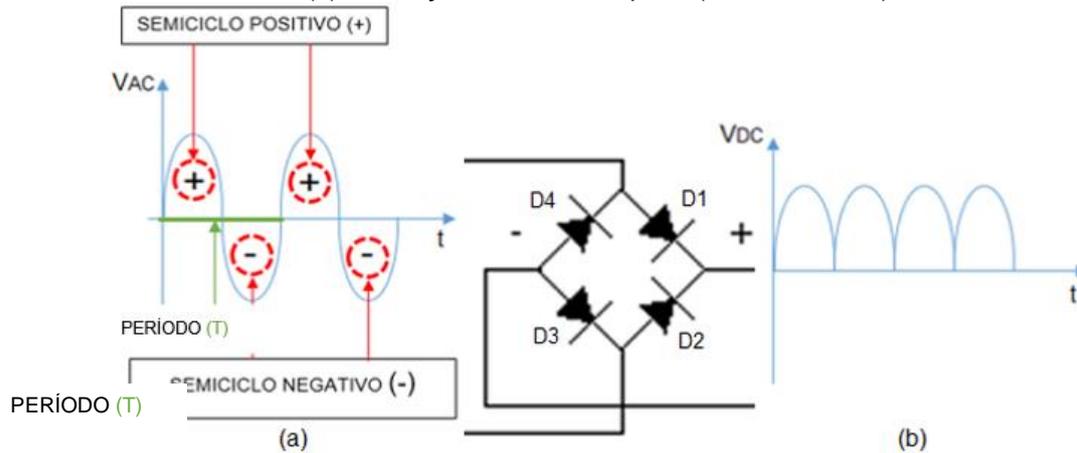
Isto é possível devido a um circuito montado com quatro diodos dispostos conforme a **Figura 7a**, que podem ser encapsulados em um único dispositivo (**Fotografia 7b**), constituindo assim uma ponte retificadora. Ao receber tensão alternada (**Figura 19a**) na entrada, os diodos retificadores separam os pulsos positivos e negativos da forma de onda senoidal na saída permitindo a retificação de onda completa, de acordo com a ilustração da **Figura 19b**. A ponte retificadora é imprescindível em circuitos eletrônicos que necessitem de tensão/corrente contínua, isso ocorre praticamente em todos os equipamentos que são alimentados pela rede elétrica.

Fotografia 7 - (a) disposição de quatro diodos na ponte retificadora.
(b) diodos encapsulados em um único dispositivo eletrônico.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 19 - a) tensão alternada (forma de onda senoidal na entrada da ponte de diodo).
 (b) retificação de onda completa (forma senoidal).



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Na forma de onda senoidal, uma das características básicas é o período (T) na **Figura 19a**, que corresponde ao intervalo de tempo para que cada ponto do meio por onde a onda se propaga execute uma oscilação completa. Neste intervalo ocorrem dois ciclos alternados que dividem o período em duas partes: o semiciclo positivo (+) e o semiciclo negativo (-), **Figura 19a**.

Quando aplicado o ciclo positivo da tensão senoidal na entrada da ponte retificadora, os diodos D1 e D3 estão polarizados diretamente e os diodos D2 e D4 inversamente, permitindo que a corrente elétrica possa fluir pelos diodos D1 e D3. Quando invertido o ciclo da tensão senoidal, os diodos D1 e D3 se polarizam inversamente, enquanto os diodos D2 e D4 diretamente, neste ciclo a corrente elétrica percorre pelos diodos D2 e D4. Em síntese, para ambos os ciclos da tensão senoidal, a corrente elétrica percorre o mesmo sentido na saída da ponte retificadora.

2.9 Capacitor

O capacitor, como mostra a **Fotografia 8** é um dispositivo construído a partir de duas placas condutoras e um meio isolante que as separa. Utilizado para acumular carga elétrica.

Fotografia 8 - Capacitor eletrolítico.

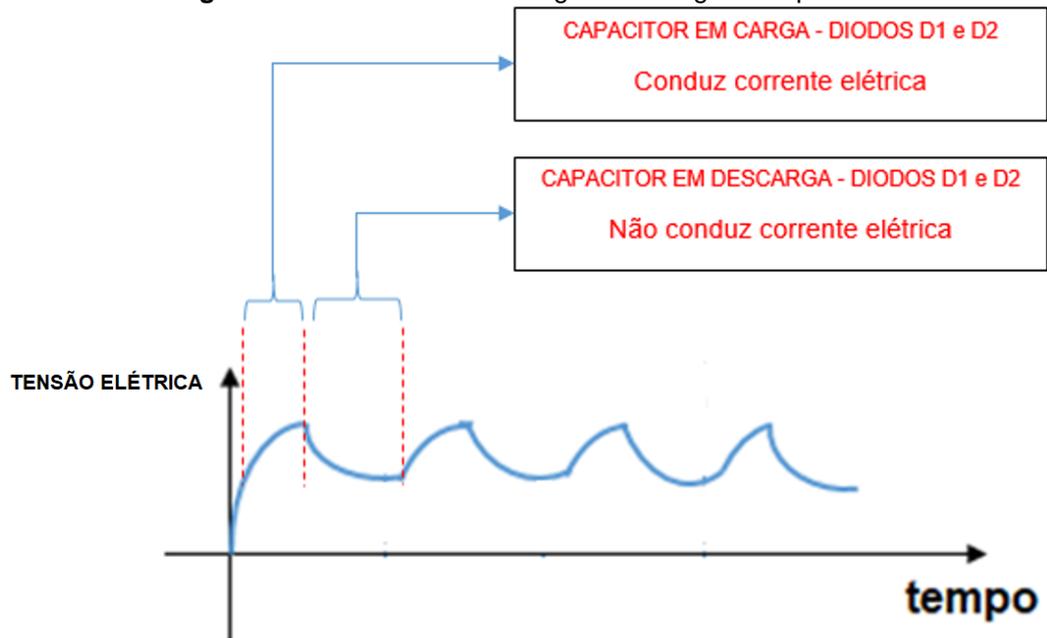


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O sinal elétrico na saída da ponte retificadora de diodo é pulsante, isto é, não possui um nível constante no tempo, conforme mostra a **Figura 19b**. Para se obter uma tensão elétrica contínua sem oscilação, utiliza-se o capacitor para reduzir o nível de oscilação aproximando-se de uma tensão elétrica puramente constante.

O capacitor, em paralelo com a ponte retificadora, funciona como elemento de filtragem, a capacidade de armazenar energia durante o semiciclo (+), quando os diodos D1 e D3 da ponte retificadora são polarizados diretamente e D2 e D4 inversamente. No semiciclo (-) os diodos D1 e D3 são polarizados inversamente e D2 e D4 diretamente, o capacitor tende a descarregar a energia armazenada nas armaduras. Como não é possível a descarga através da retificação, porque os diodos D1 e D3 estão bloqueados, a corrente de descarga se processa pela carga. Como o capacitor está em paralelo com a carga, a tensão presente nas armaduras é aplicada no módulo de tensão ajustável. A corrente absorvida pelo módulo é fornecida pelo capacitor, com o passar do tempo a tensão do capacitor diminui devido à sua descarga. O capacitor permanece descarregando até que os diodos D1 e D2 conduza novamente, fazendo uma recarga nas suas armaduras. Com a colocação do capacitor, a carga passa a receber tensão durante todo o tempo, como indicado na **Figura 20**.

Figura 20 - Sinal elétrico da carga e descarga do capacitor.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.10 Módulo de tensão ajustável

O módulo de tensão ajustável é uma placa eletrônica desenvolvida para aplicação em projetos eletrônicos onde há necessidade de realizar experimentos em circuitos eletrônicos que exijam diferentes níveis de tensão e corrente elétrica para acionamentos de componentes eletrônicos. Em sua saída é fornecida uma tensão elétrica constante pura, podendo ser ajustável através do botão de controle “trimpot” (pequeno resistor variável). Este módulo indicado na **Fotografia 9** está instalado no circuito do módulo auxiliar B com as seguintes características técnicas:

- Canal de entrada V_{IN} (+) e V_{IN} (-) com faixa de operação de 4 a 40 V_{DC} (tensão contínua);
- Canal de saída ajustável de 1,25 V_{DC} a 35 V_{DC} (tensão contínua ajustável) indicado na **Fotografia 9**;
- Display de 3 dígitos que seleciona através do botão *push-button* o valor de entrada ou saída da fonte;
- Trimpot para ajuste da tensão de saída.

Fotografia 9 - Regulador de Tensão Ajustável LM2596 DC Step Down (Para menos) com Display - Saída 1,25V a 37V.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.¹⁹

ESPECIFICAÇÕES

- Diferença entre a tensão de entrada e saída deve ser de maior que 1V;
- Corrente nominal: 2A;
- Regulação de carga: $\pm 0,5$;
- Dimensões (CxLxA): 62x35x12mm;

2.11 Magnetismo

2.11.1 Ímãs

O ímã é qualquer objeto dotado de propriedades magnéticas, produzindo um campo magnético à sua volta com a capacidade de atrair objetos constituídos de ferro e outros materiais magnéticos.

Nos dias atuais, os ímãs ganharam ampla aplicações de suas propriedades magnéticas, podemos citar por exemplo, nos motores elétricos, alto falante, microfone, fechaduras de portas, scanners de ressonância magnética, entre outros. No Elevador Robodidático, o ímã preso à cabine do elevador cria um campo magnético que ao se aproximar do sensor de efeito hall, perceberá a presença deste campo convertendo em pulso elétrico.

Os ímãs podem ser encontrados na forma natural ou artificial, como por exemplo, o ímã de neodímio na **Fotografia 10** que é um material formado a partir de combinação de três elementos conhecidos: neodímio, ferro e boro. Ele se destaca principalmente por sua incrível capacidade de atração magnética e por produzir um intenso campo magnético.²⁰ Este ímã será utilizado na cabine do Elevador Robodidático com o objetivo de que o campo magnético gerado por ele seja detectado pelo sensor de efeito Hall.

Fotografia 10 - Ímã de neodímio.



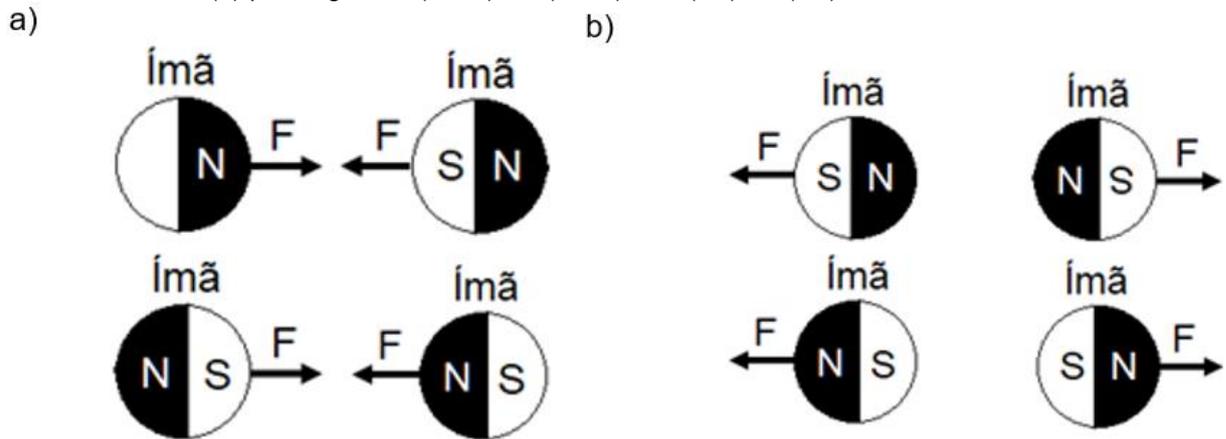
Fonte: Arquivo pessoal do autor.²⁰

2.11.2 Propriedades dos ímãs

Analogamente às cargas elétricas, podemos afirmar que os ímãs também criam um campo magnético no espaço em torno de si mesmo, com algumas propriedades idênticas às das cargas elétricas, conforme é ilustrado na **Figura 21**.

Contudo, ao contrário das cargas elétricas que são encontradas na natureza em forma de monopolo, ou seja, com valor de carga puramente positivo ou puramente negativo, os ímãs não podem ser encontrados na forma de monopolo e sim na forma de dipolos, ou seja, com polo norte e polo sul.²¹

Figura 21 - (a) polos opostos N(norte) e S(sul) ou S(sul) e N(norte) são atraídos.
 (b) polos iguais N(norte) e N(norte) ou S(sul) e S(sul) são afastados.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.12 Força Magnética

A força magnética entre ímãs pode ser vista através da atração mútua entre polos magnéticos diferentes e da repulsão mútua entre polos magnéticos idênticos. Na interação entre um campo magnético e uma partícula em movimento, a força magnética age como força defletora devido ao movimento da partícula: a força defletora é perpendicular às linhas de campo magnético e à direção do movimento. Ela é máxima quando a partícula carregada se move perpendicularmente às linhas de campo, e mínima (nula) quando a partícula se move paralelamente às linhas de campo.²¹

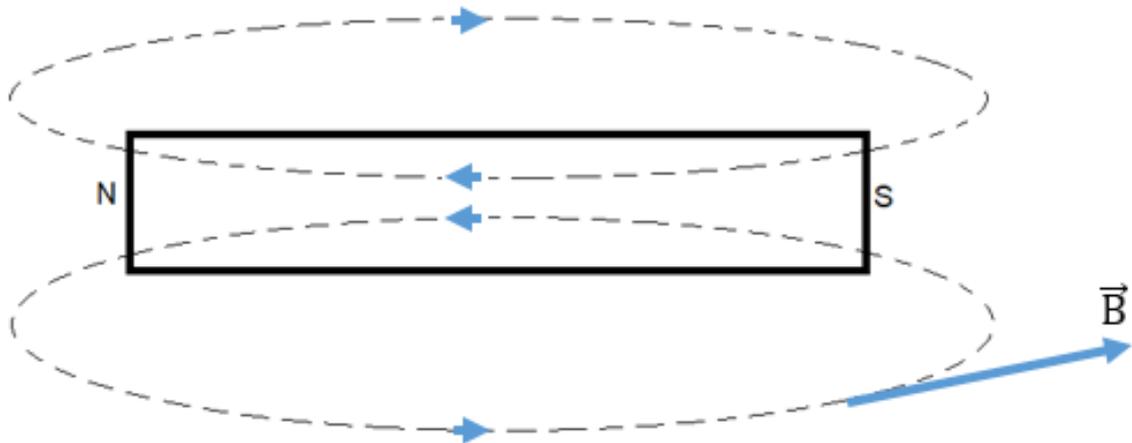
2.13 Campo magnético

O campo magnético pode ser visto como a região em volta de um ímã onde ocorrem interações magnéticas em torno de um polo magnético ou de uma partícula carregada em movimento.

Pode-se discutir esta região através da representação das linhas de campo de um ímã. Isto é exemplificado na **Figura 22**, onde de maneira simplificada a linha de campo de um ímã em forma de barra é representada pela linha pontilhada. Essas linhas de campo magnético, se comparadas aos do campo elétrico, não definem suas extremidades, ou seja, as linhas de campo magnético não têm origem (saídas) nem destino (chegadas), são contínuas internamente e externamente ao ímã. Contudo,

vistas de fora do ímã, pode-se dizer que as linhas saem do polo positivo e entram no polo negativo. Pode-se definir um vetor associado a estas linhas de campo. Define-se então o vetor indução magnética, \vec{B} , como o vetor tangente e com o mesmo sentido a essas linhas de campo em cada ponto do espaço, na direção norte-sul.²¹

Figura 22 - Representação das linhas de campo de um ímã e o vetor campo magnético.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

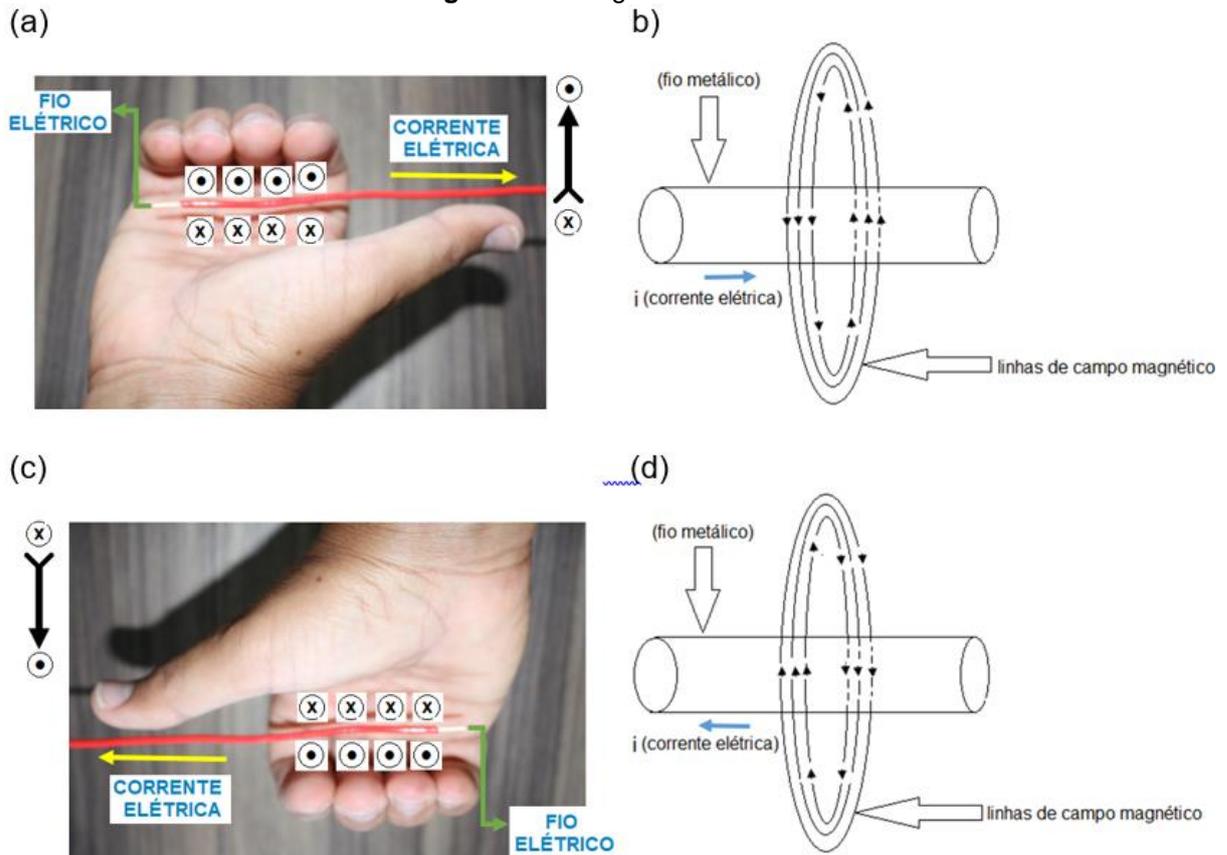
Pode-se produzir campo magnético através de uma corrente elétrica (partículas carregadas em movimento) percorrendo um fio metálico retilíneo.

Quando se desloca em sentido preferencial cargas elétricas no interior de um condutor, por exemplo, um fio metálico, surgirá em torno deste fio um campo magnético. Colocando-se uma bússola nas proximidades deste campo, ela se submeterá à ação de uma força magnética, que tenderá a se alinhar com o campo estabelecido pela corrente elétrica.

REGRA DA MÃO DIREITA

Pode-se imaginar o sentido das linhas de um campo magnético produzido por uma corrente elétrica aplicando-se uma regra conhecida como: REGRA DA MÃO DIREITA (**Fotografia 11a** e **Figura 11b**).

Fotografia 11 - Regra da mão direita.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Fotografia 11 - (a) o dedo polegar indica o sentido da corrente elétrica, e os demais dedos apontam para a saída do vetor campo magnético. Tomando-se como referencial a entrada da corrente elétrica, o campo magnético gira no sentido horário (b), invertendo o sentido da corrente elétrica, o campo magnético gira no sentido anti-horário.

Representação tridimensional de vetores

⊗ \longrightarrow ⊙ A seta representa vetor campo magnético \vec{B} .

⊗ Entrada perpendicular ao fio metálico do vetor campo magnético \vec{B} .

⊙ Saída perpendicular ao fio metálico do vetor campo magnético \vec{B} .

Estes símbolos são sugeridos pelo fato de um vetor ser representado por uma seta vista de frente ou por trás pelo observador.

Considere na **Figura 23a** uma corrente elétrica i entrando perpendicularmente a esta página, os campos magnéticos produzidos por esta corrente são semelhantes às

linhas circulares concêntricas mostradas na **Figura 23b**. Tangente às estas linhas estão representados os vetores campo magnético girante no sentido horário conforme sugere a regra da mão direita. Invertendo o sentido da corrente elétrica, como mostrado na **Figura 23a**, implicará na inversão do vetor campo magnético para o sentido anti-horário.

Figura 23 - Representações das linhas de campo magnético no plano produzida por uma corrente elétrica num fio metálico retilíneo.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

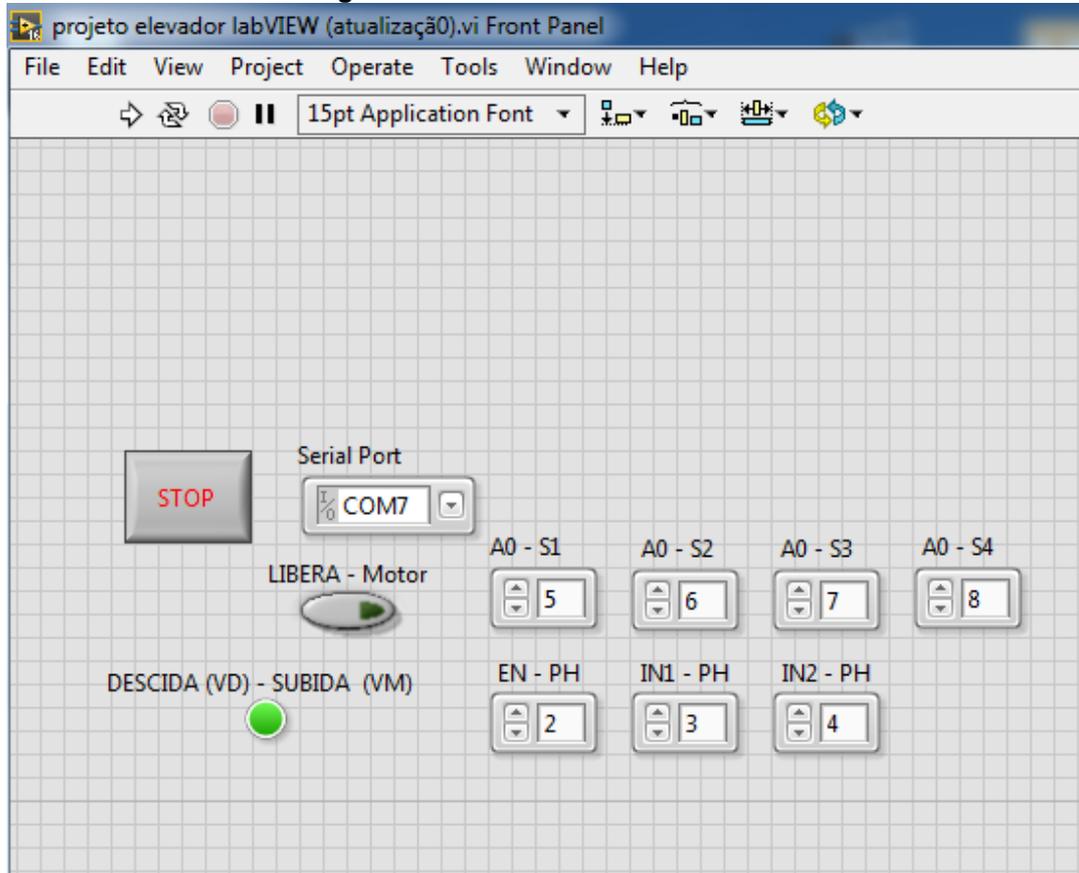
2.14 LabVIEW

O LabVIEW é um software de engenharia de sistema desenvolvido especificamente para executar aplicações que requeiram: teste, medição e controle. O LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), do fabricante National Instruments, oferece uma interface gráfica utilizando ícones, ao invés de linhas de textos, para criar aplicações, permitindo ao usuário construir sua própria interface utilizando o mouse para mover ferramentas e objetos viabilizando o processo de construção. A programação é chamada linguagem "G".²²

No Elevador Robodidático, o LabVIEW é o software do sistema de automação do elevador, responsável pelo controle operacional. Com uma interface para usuário, os programas em LabVIEW são chamados de instrumentos virtuais (VIs). Os VIs contêm três componentes principais: o painel frontal como mostra a **Figura 24**, o diagrama de blocos indicado na **Figura 25** e o painel de ícones e conectores. No

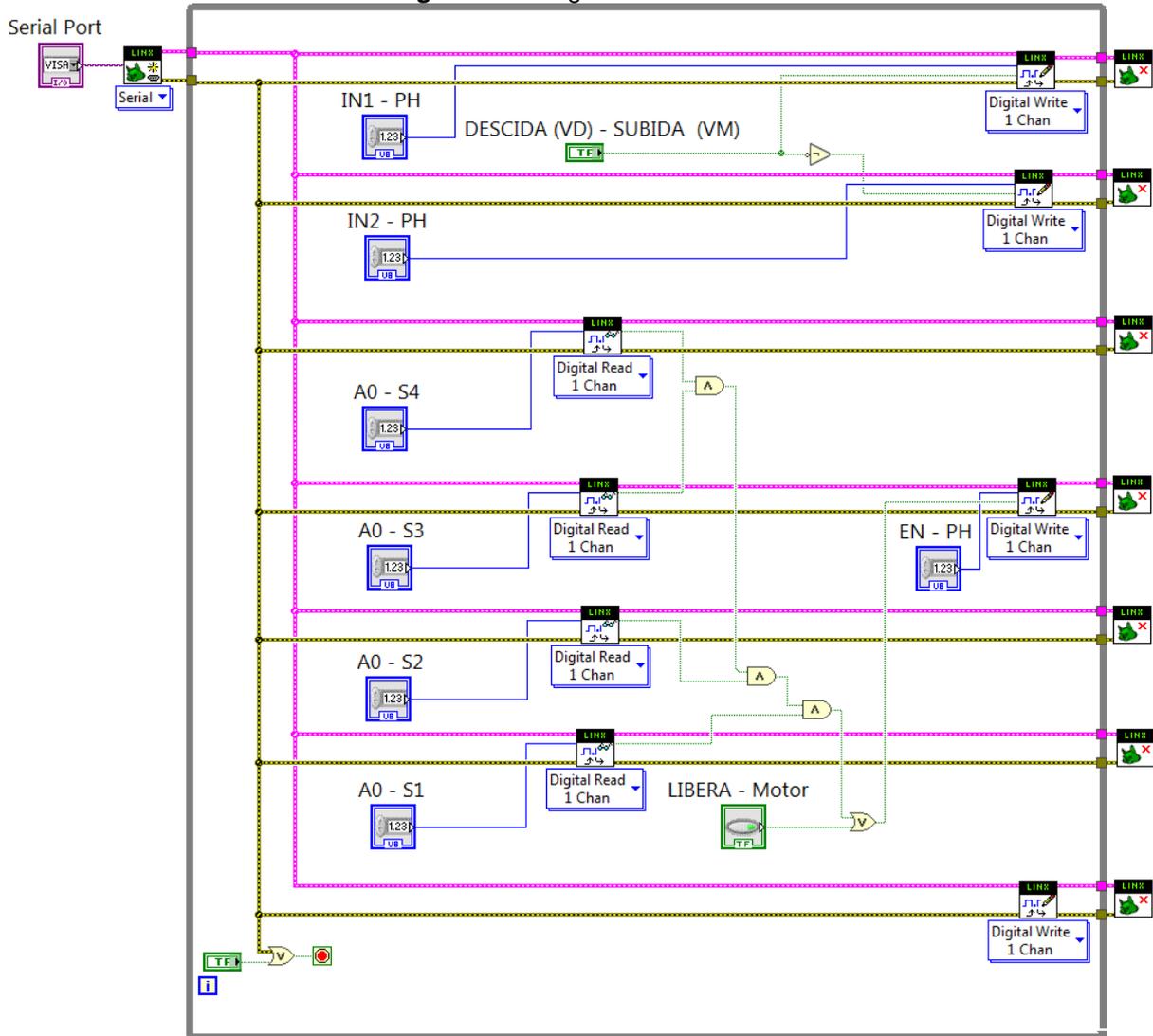
painel frontal estão disponíveis os controles dos sensores de efeito Hall e do motor elétrico. O diagrama em blocos inclui funções que transferem dados dos sensores para o módulo do arduino indicado na **Fotografia 12**.

Figura 24 - Painel frontal do LabVIEW.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 25 - Diagrama em blocos.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

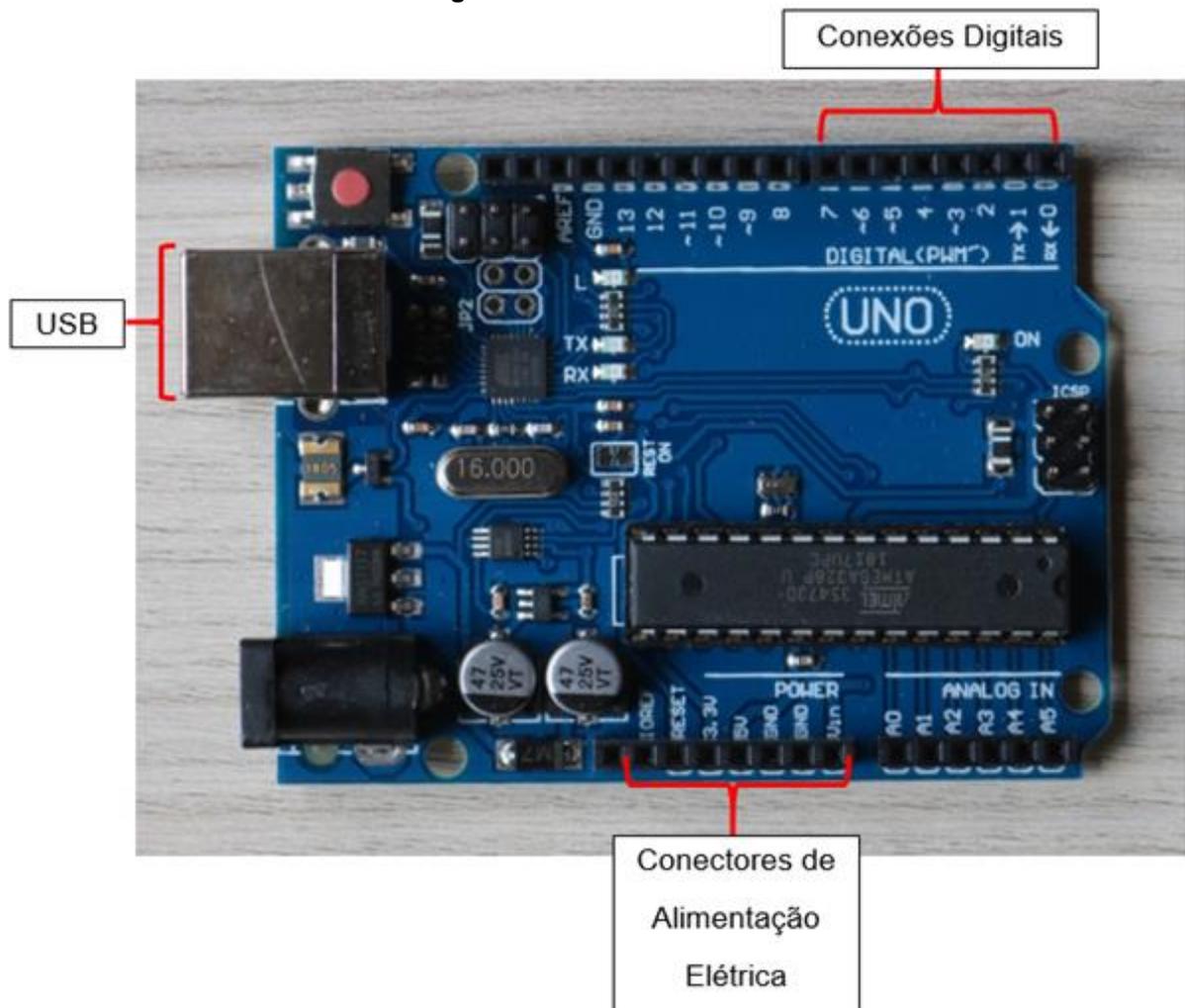
2.15 Arduino Uno R3

O arduino é uma placa microcontrolada para planejamento e execução de projeto. Nela estão contidos: conexão USB, entrada de alimentação, botão de reset, pinos de entrada/saída digital e componentes necessários para suportar o microcontrolador.

No módulo D “Elevador Robodidático”, o arduino UNO R3 **Fotografia 12** é conectado ao computador através do cabo USB, permitindo assim, uma ligação física com o computador e o seu controle lógico pelo programa em LabVIEW. Além disso, esta conexão permite o acesso do programa aos pinos de conexão digital do arduino

que, por sua vez, servem de entrada ou saída lógica. Isto torna possível a ligação e o controle/leitura dos sensores de efeito Hall, e o driver da ponte H. O arduino é energizado com a fonte de tensão contínua (módulo B) ajustada com 6,0 V na saída. O Arduino também fornece, na saída dos conectores de alimentação elétrica, +5 V e 0 V(GND) para alimentar os sensores de efeito Hall.

Fotografia 12 - Arduino UNO R3.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Especificações técnicas da placa arduino UNO:

- Modelo: Arduino UNO R3;
- Microcontrolador: ATmega328p;
- Tensão de funcionamento: 5V;
- Tensão de entrada (recomendada): 7-9V;

- Limite de tensão: 6 a 20 Volts;
- Saídas digitais I/O Pin: 14 (dos quais 6 oferecem saída PWM);
- Saídas analógicas 3.3V Pin: 6;
- Corrente DC por saída digital I/O Pin: 40mA;
- Corrente DC por saída analógica Pin: 50mA.

O gerenciamento de dados de entrada/saída do arduino sobre os periféricos envolvem grandezas digitais, os circuitos digitais, e operam apenas com dois valores de tensão definidos e convencionados da seguinte forma:

- 0 Volt = nível lógico 0 (baixo).
- 5 Volt = nível lógico 1 (alto).

2.16 Módulo driver – Ponte H

O módulo driver ponte H é uma placa eletrônica desenvolvida para controlar a velocidade ou o sentido de rotação de motores elétricos de corrente contínua ou motores de passo, oferecendo uma grande versatilidade, devido às funções de controle integradas no hardware.²³ No Elevador Robodidático, este driver tem duas funções essenciais:

- Controlar o sentido de rotação no eixo do motor elétrico através do acionamento de comando (DESCIDA/SUBIDA) no painel frontal do LabVIEW. Quando acionado este comando, o programa de controle comunica através do cabo USB a entrada da porta digital do arduino, os níveis lógicos de entradas (IN1 e IN2) da ponte H que, por sua vez, inverte as polaridades das saídas de controle do motor (OUT1 e OUT2), invertendo assim o sentido do movimento da corrente elétrica, o que produz a inversão do sentido de rotação do eixo do motor;
- Desligamento do motor elétrico. Isto ocorre quando um dos sensores de efeito Hall detecta a presença de um campo magnético em sua vizinhança. Ao detectar a presença de campo, o módulo detector de campo magnético por efeito Hall envia à sua saída digital (A0) um nível de tensão elétrica de + 5V. Este pulso elétrico é

comunicado ao arduíno que ativa o pino digital de entrada enable (EN) do driver da ponte H. Este, por sua vez, anula a tensão de saída (OUT1 e OUT2) do driver, parando assim, o elevador. O campo magnético responsável pela ativação dos sensores é provido por um ímã que está fixado na cabine do Elevador Robodidático.

2.16.1 Arquitetura do módulo driver da ponte H

A arquitetura do Módulo Driver da Ponte H utilizado neste projeto pode ser vista na **Fotografia 13**.

As principais funções são:

IN1 e IN2: são entradas que determinam o sentido de rotação do motor.

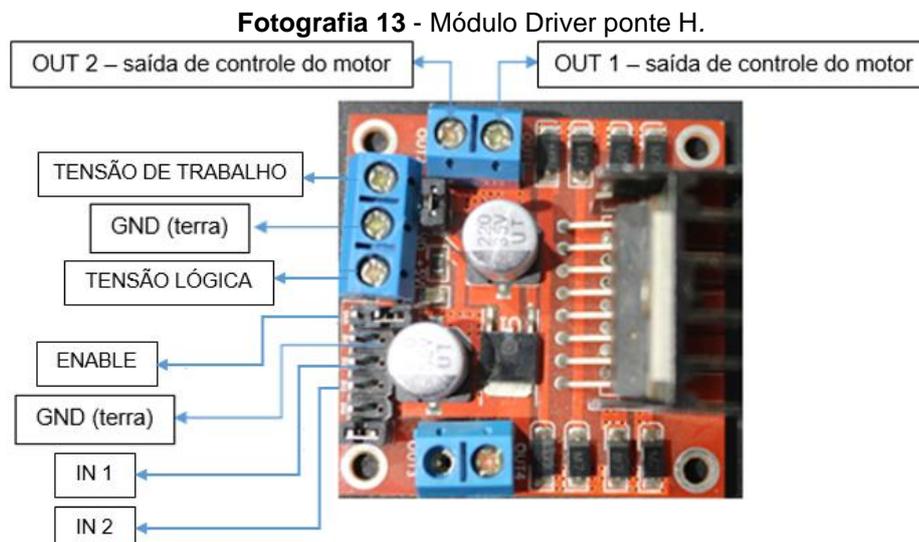
GND: Terra (-).

ENABLE: Quando jumpeado, aciona o motor A com velocidade máxima. Para controlar a velocidade do motor A, basta remover o jumper e alimentar o pino com uma tensão entre 0 e 5v, onde 0V é a velocidade mínima (parado) e 5V a velocidade máxima.

TENSÃO LÓGICA: tensão de saída 5 V. Quando a tensão de entrada for superior a 7 V.

TENSÃO DE TRABALHO: tensão de entrada entre 5 a 35 V.

TENSÃO PARA CONTROLES DOS MOTORES: 5 a 35 V.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.16.2 Especificações técnicas do módulo driver ponte H

Quadro 3 - Especificações técnicas do módulo driver – ponte H.

ESPECIFICAÇÕES	
Driver de motores	L298N
Tensão da lógica	5V
Corrente de operação	Até 2 A por canal
Dimensões	43x43x27 mm
Peso	30 g
Fixação (furos): Diâmetro	3,2 mm
Fixação (furos): Distância	38 mm

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.17 Módulo sensor efeito hall

Fotografia 14 - Módulo sensor efeito HALL.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O sensor de efeito Hall é um componente eletrônico semiconductor no estado sólido que está integrado a um circuito eletrônico montado numa placa. A sua função é detectar a cabine do elevador através de um campo magnético produzido por um ímã preso à cabine.²⁴

Neste módulo, estão dispostas duas saídas digitais: “DO” com um sistema NA (normalmente aberto) e a saída digital inversa “AO” com sistema NF (normalmente fechado), isto implica em saídas em nível lógico baixo (0 V) e alto (+Vcc). Os sinais (-) e (+) vistos na **Fotografia 14**, correspondem às entradas GND e VCC da alimentação do módulo do sensor efeito Hall que são conectados por jumpers (fios) aos conectores de alimentação elétrica do arduino (GND e +5V).

2.17.1 O que é o efeito hall

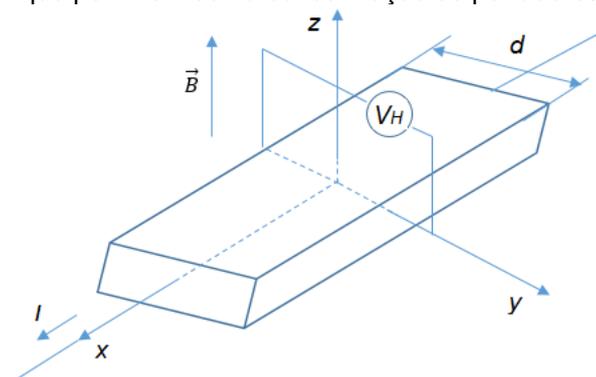
De acordo com Resende (2015), se um campo magnético estático é aplicado numa barra de semiconductor, perpendicularmente à direção de movimento de deriva das cargas, estas tendem a serem defletidas lateralmente, criando um acúmulo de cargas que resulta numa diferença de potencial transversal à barra. Considerando a geometria mostrada na **Figura 26**, na qual a direção z do sistema de coordenadas é escolhida como sendo a direção do campo magnético \vec{B} , \hat{x} é a direção da corrente e \hat{y} é a direção transversal.²⁵

A força do campo magnético sobre as cargas é dada por:

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B} \quad (2.5)$$

Supondo-se agora que o semiconductor é tipo p, de modo que a corrente é devida essencialmente aos buracos. Como estes se movimentam na direção $+\hat{x}$ e têm carga positiva, a força sobre eles tem o sentido $-y$. Esta força deflete os buracos e resulta no acúmulo de cargas positivas no lado $y = -\frac{d}{2}$ da barra deixando, por conseguinte, cargas negativas no lado $y = +\frac{d}{2}$. Estas cargas criam um campo elétrico na direção $+\hat{y}$ que, após um transiente inicial, impede a continuação dos buracos na direção y .²⁵

Figura 26 - Efeito Hall num semiconductor. A aplicação de um campo magnético numa barra com corrente resulta numa diferença de potencial transversal V_H que permite medir a concentração de portadores



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O aparecimento deste campo elétrico é conhecido como Efeito Hall, em homenagem a E.H.Hall, que observou o fenômeno em condutores em 1879.²⁵

O módulo do sensor de efeito hall como mostrado na **Fotografia 14**, instalado na coluna do Elevador Robodidático, quando submetido a uma diferença de potencial de +5V, produz uma corrente elétrica que percorre o material semiconductor do sensor. Quando este sensor for submetido a um campo magnético gerado por um ímã de neodímio na cabine do elevador, a submissão do sensor a este campo elétrico converterá na saída (A0) do módulo um nível de tensão elétrica de +5V que será endereçado ao programa de controle, processado e transferido às conexões digitais do arduino que ativará a entrada enable(EN) do driver da ponte H, desabilitando o motor elétrico.

2.18 Motor elétrico de corrente contínua

2.18.1 Introdução

O motor elétrico indicado na **Fotografia 15**, sendo utilizado no Elevador Robodidático é um dispositivo capaz de converter energia elétrica fornecida pela fonte de tensão ajustável em mecânica transportando a cabine do elevador. São largamente empregados em diversos equipamentos que necessitem de sua finalidade, que consiste em girar um eixo mecânico e transferir energia mecânica a outros mecanismos. Pode-se citar alguns equipamentos que utilizam o motor elétrico: liquidificador, ventilador, elevadores e até mesmo carros elétricos.

Fotografia 15 - Motor elétrico do Elevador Robodidático.



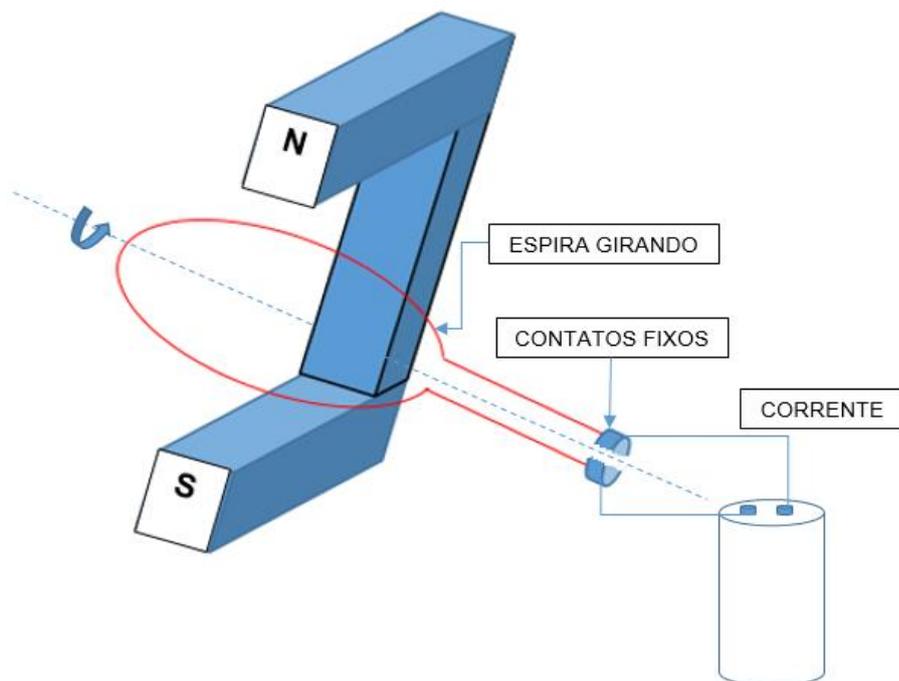
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.18.2 Especificações técnicas do motor elétrico no elevador robodidático

Num motor elétrico, a corrente troca de sentido cada vez que a bobina completa meia volta. Após ser forçado a completar uma meia volta, ele se mantém em movimento por um tempo até que a corrente troque de sentido; em consequência disso, ele é forçado a continuar seu movimento e completar mais uma meia volta, em vez de inverter seu sentido. Isso acontece repetidamente, de maneira a produzir uma rotação contínua, que pode ser usada para girar relógios, operar aparelhos e erguer cargas pesadas.

Na **Figura 27** vemos num rascunho básico o princípio de funcionamento do motor elétrico. Um ímã permanente gera um campo magnético numa região, onde uma espira de fio de forma retangular é montada de maneira a poder girar em torno do eixo indicado pela linha tracejada. A corrente na espira troca de sentido a cada meia volta, e daí resulta a rotação contínua.

Figura 27 - Um motor elétrico simplificado.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

As especificações do motor elétrico utilizado nesta dissertação podem ser vistas na **Tabela 4**.

Quadro 4 - Especificações técnicas do motor elétrico no Elevador Robodidático.

ESPECIFICAÇÕES	
Tensão nominal	6 Vdc
Rotação nominal	320 rpm
Corrente (sem carga)	170 mA
Corrente (Stall)	2,8 A
Torque (Stall)	3,83 kgf.cm
Relação de Redução:	26:1
Diâmetro do eixo:	4mm

Fonte: Arquivo pessoal do autor.²⁶

2.18.3 Princípio de funcionamento de um motor elétrico de corrente contínua

De maneira simplificada, temos uma espira imersa em um campo magnético, de forma que pares de segmentos dessa espira interagem com o campo, adquirindo movimento rotacional sobre um eixo. O resultado deste movimento é consequência de uma força de origem magnética que atua sobre esses segmentos que são percorridos por uma corrente elétrica em sentidos opostos.

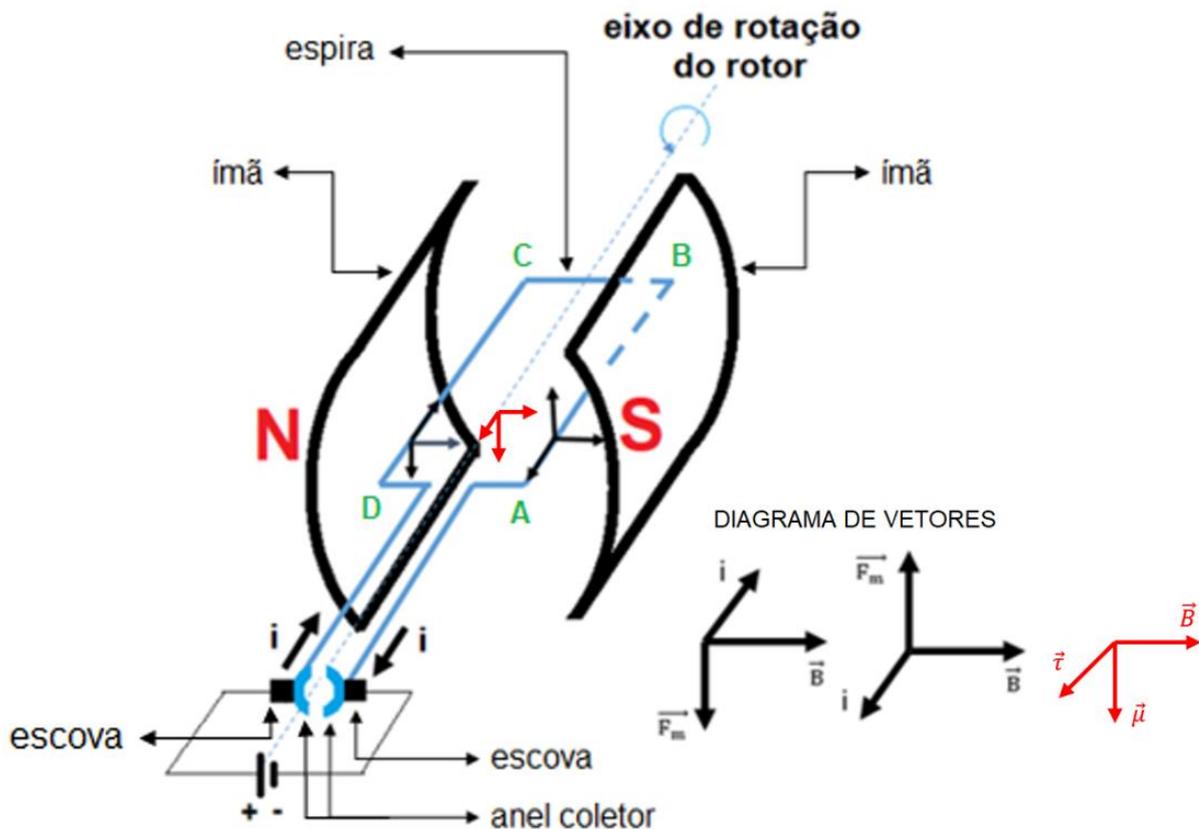
Observe na **Figura 28**, que os pares de forças magnéticas nos segmentos paralelos \overline{AB} e \overline{CD} se orientam em sentido opostos e produzem um torque na espira que tende a fazê-la girar no sentido anti-horário de acordo com a regra da mão esquerda representada através do diagrama de vetores. A parte móvel do motor é o rotor, um segmento de fio formado por uma espira aberta com suas extremidades conectadas aos anéis coletores, que são alimentados através da fonte de tensão externa quando entra em contato com as escovas de carvão, fechando o circuito. O rotor é uma espira de corrente com momento magnético $\vec{\mu}$ que está situado entre os polos opostos de um ímã permanente, de maneira que existe um campo magnético \vec{B} que exerce um torque $\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}$ sobre o rotor. Para a orientação do rotor, o torque faz o rotor girar 90° em sentido anti-horário, o que alinhará $\vec{\mu}$ com \vec{B} . Quando a espira se projeta perpendicularmente em relação ao campo magnético \vec{B} conforme indicado na **Figura 29**, neste momento as duas escovas estão em contato com a parte isolante dos comutadores, portanto a diferença de potencial nos terminais da espira é nula e consequentemente a corrente elétrica, o que implica no momento magnético igual a zero. Por motivo da inércia, o rotor continua a girar no mesmo sentido e a corrente flui novamente estabelecendo a equação:

$$\vec{F}_m = BiL\text{sen}(\theta) \quad (2.6)$$

De acordo com a eq. 2.6, quando $i = 0$, a força magnética (\vec{F}_m) se anula e os seguimentos paralelos \overline{AB} e \overline{CD} se dispõem no sentido inverso da corrente elétrica que será restituída através do sistema de comutação (anel coletor + escovas) e assim o ciclo é continuado até que as correntes sejam cessadas.

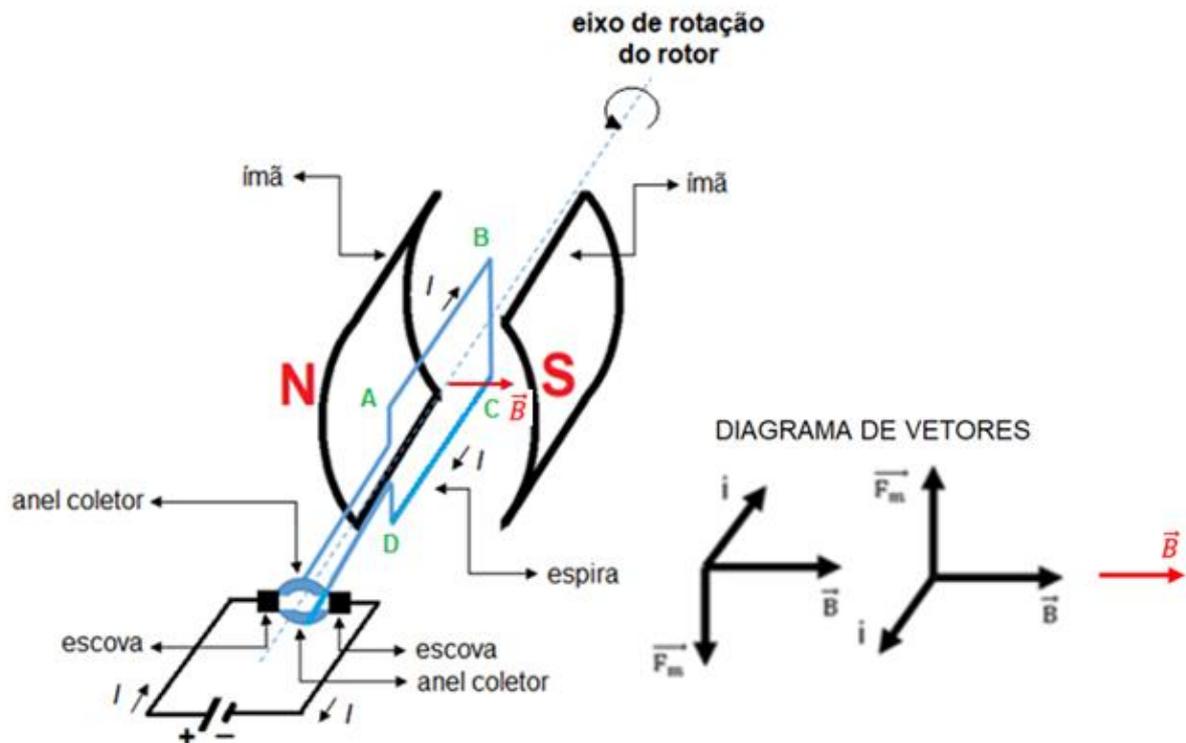
Se inicialmente a tensão elétrica nas escovas é invertida, o sentido das correntes elétricas nos seguimentos \overline{AB} e \overline{CD} será invertido e a rotação do eixo do rotor será no sentido horário.

Figura 28 - Representação de um motor elétrico de corrente contínua. A corrente elétrica entra pelo lado esquerdo (\overline{DC}) do rotor e sai pelo lado direito (\overline{BA}). O torque magnético faz o rotor girar no sentido anti-horário.²⁷



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 29 - Representação de um motor elétrico de corrente contínua. Cada escova está em contato com ambos os segmentos do comutador, de modo que a corrente não passa pelo rotor. Nenhum torque magnético atua sobre o rotor.²⁷



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.19 Teorias e formulário de equações físicas aplicadas ao motor elétrico do elevador robodidático

Para auxiliar na compreensão de fenômenos envolvidos na física do elevador, será feita uma breve revisão sobre temas relacionados a conceitos de Física Mecânica, ou seja:

- 1 - Deslocamento, velocidade e aceleração.
- 2 - Leis de Newton e Forças.
- 3 - Deslocamento, velocidade e aceleração angulares.
- 4 - Energia mecânica, trabalho e conservação.
- 5 - Potência.

A. POSIÇÃO E DESLOCAMENTO

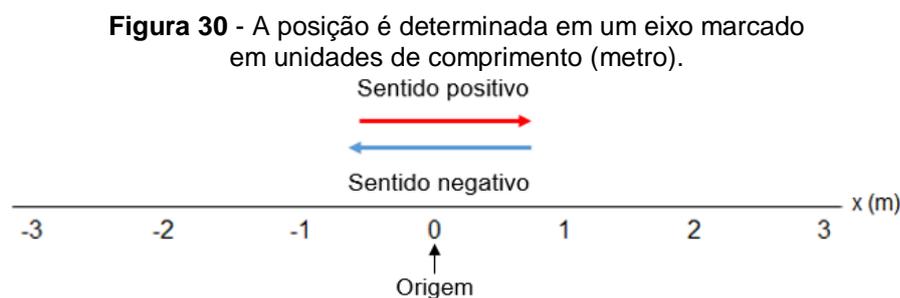
Localizar um objeto significa determinar sua posição em relação a um ponto de referência, frequentemente a **origem** (ou ponto zero) de um eixo como o eixo x da Figura 29.

O **sentido positivo** do eixo é o sentido dos números (coordenadas) crescentes, que na **Figura 30** é para a direita. O sentido oposto é o **sentido negativo**.

A uma mudança de uma posição x_1 para uma posição x_2 é associado um **deslocamento** Δx , dado por

$$\Delta x = x_2 - x_1. \quad (2.7)$$

O símbolo Δ , a letra grega delta maiúsculo, é usado para representar a variação de uma grandeza e corresponde à diferença entre o valor final e o valor inicial. Quando se atribui números às posições x_1 e x_2 da **Eq. 2.7**, um deslocamento no sentido positivo para a direita, conforme a **Figura 30** sempre resulta em um deslocamento positivo, e um deslocamento no sentido oposto (para a esquerda na figura) sempre resulta em um deslocamento negativo.²⁸



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

B. VELOCIDADE MÉDIA

Pode-se definir a velocidade média, entre dois pontos, como a razão entre o deslocamento, Δx , e o intervalo de tempo, Δt , no qual esse deslocamento ocorreu, ou seja:

$$v_{\text{média}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}, \quad (2.8)$$

onde x_1 é a posição da partícula no instante t_1 e x_2 é a sua posição no instante t_2 . A unidade de $v_{méd}$ no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o metro por segundo (m/s).²⁸

C. ACELERAÇÃO

Quando a velocidade de uma partícula varia, diz-se que a partícula sofreu uma **aceleração** (ou foi acelerada). Para movimentos ao longo de um eixo, a **aceleração média** $a_{média}$ é dada por:

$$a_{média} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}. \quad (2.9)$$

A unidade da aceleração no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o metro por segundo ao quadrado (m/s^2).

D. FORÇA

Sabe-se que uma força pode causar aceleração de um corpo. Assim, define-se a unidade de força em termos da aceleração que uma força imprime a um corpo de referência, que se toma como sendo o quilograma-padrão da **Figura 31**. A esse corpo foi atribuída, exatamente e por definição, uma massa de 1 Kg.²⁹

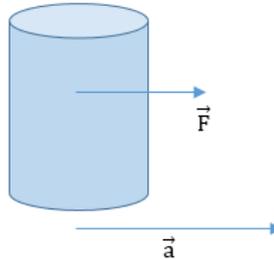
Figura 31 - O quilograma-padrão internacional de massa, um cilindro de platina-irídio com 3,9 cm de altura e 3,9 cm de diâmetro. (Cortesia do Bureau Internacional de Pesos e Medidas, França).



Fonte: Arquivo de imagem.³⁰

Para isto, pode-se o corpo-padrão sobre uma mesa horizontal sem atrito e o puxamos para a direita como indicado na **Figura 32** até que por tentativa e erro, ele adquira uma aceleração de 1 m/s^2 . Declara-se então, a título de definição, que a força que está se exercendo sobre o corpo-padrão tem um módulo de 1 Newton (1 N).

Figura 32 - Uma força \vec{F} aplicada ao quilograma-padrão provoca uma aceleração \vec{a} .



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

E. LEIS DE NEWTON

Primeira Lei de Newton: Se nenhuma força resultante atua sobre um corpo ($\vec{F}_{\text{res}} = 0$), sua velocidade não pode mudar, ou seja, o corpo não pode sofrer uma aceleração.”²⁹

Assim, um corpo pode estar submetido a várias forças, mas se a resultante dessas forças for zero, o corpo não sofre uma aceleração.

A Segunda Lei de Newton

“A força resultante que age sobre um corpo é igual ao produto da massa do corpo pela sua aceleração.”²⁹

Em termos matemáticos,

$$\vec{F}_{\text{res}} = m\vec{a} \text{ (segunda lei de Newton)} \quad (2.10)$$

Para resolver problemas que envolvem a segunda lei de Newton frequentemente desenha-se um **diagrama de corpo livre**, no qual o único corpo mostrado é aquele pelo qual está somando-se as forças. Um sistema de coordenadas é normalmente

incluído, e a aceleração do corpo é algumas vezes mostrada através de outra seta (acompanhada por um símbolo adequado para mostrar que se trata de uma aceleração).²⁹

F. DESLOCAMENTO ANGULAR

Se o corpo da **Figura 32** gira em torno do eixo de rotação como na **Figura 33** e na **Figura 32**, com a posição angular da reta de referência variando de θ_1 para θ_2 , o corpo sofre um deslocamento angular $\Delta\theta$ dado por:

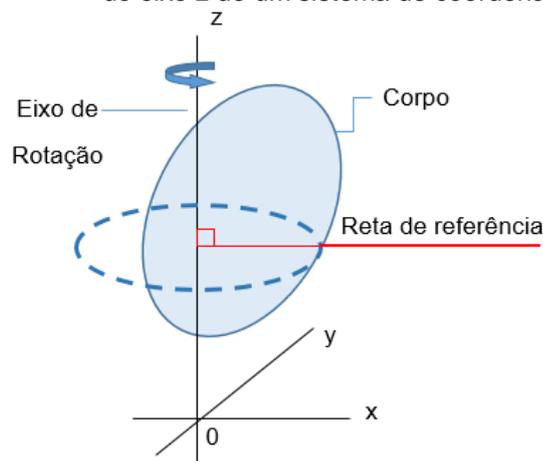
$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1. \quad (2.11)$$

Esta definição do deslocamento angular vale não só para o corpo rígido, mas também para todas as partículas do corpo.³¹

Se um corpo está em movimento de translação ao longo de um eixo x , o deslocamento Δx pode ser positivo ou negativo. Dependendo de o movimento ocorrer no sentido positivo ou negativo do eixo, da mesma forma, o deslocamento angular $\Delta\theta$ de um corpo em rotação pode ser positivo ou negativo, de acordo com a seguinte regra:

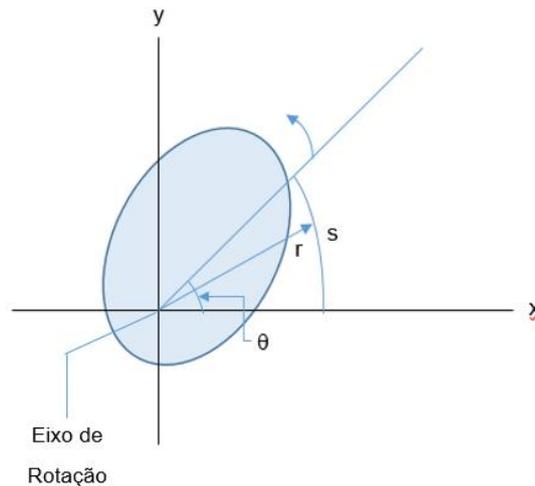
Um deslocamento angular no sentido anti-horário é positivo e um deslocamento angular no sentido horário é negativo.

Figura 33 - Um corpo rígido de forma arbitrária em rotação pura em torno do eixo z de um sistema de coordenadas.



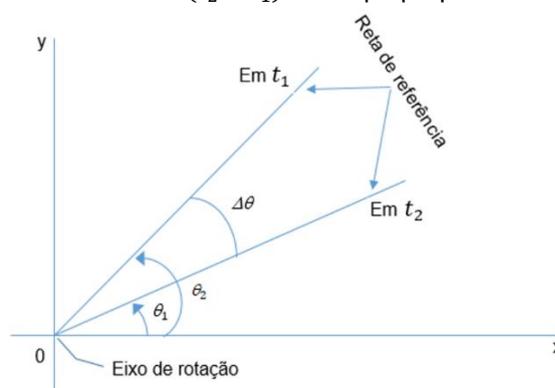
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 34 - Seção transversal do corpo rígido em rotação da **Figura 33**, visto de cima.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 35 - A reta de referência do corpo rígido das **Figuras 33 e 34** está na posição angular θ_1 o instante t_1 e na posição angular θ_2 no instante t_2 . A grandeza $\Delta\theta = (\theta_2 - \theta_1)$ é o deslocamento angular que ocorre no intervalo $\Delta t = (t_2 - t_1)$. O corpo propriamente não aparece na figura.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

G. VELOCIDADE ANGULAR

Define-se a velocidade angular média do corpo no intervalo de tempo Δt entre os instantes t_1 e t_2 , como:

$$\omega_{\text{méd}} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}, \quad (2.12)$$

onde $\Delta\theta$ é o deslocamento angular que acontece durante o intervalo de tempo Δt , ver **Figura 32**.³⁰

H. ACELERAÇÃO ANGULAR

Se a velocidade angular de um corpo em rotação não é constante, o corpo possui uma aceleração angular. Sejam ω_2 e ω_1 as velocidades angulares nos instantes t_1 e t_2 , respectivamente. A **aceleração angular média** de um corpo em rotação, $\alpha_{\text{méd}}$, no intervalo de t_1 até t_2 é definida através da equação:

$$\alpha_{\text{méd}} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}, \quad (2.13)$$

onde $\Delta\omega$ é a variação da velocidade média angular no intervalo de Δt .³⁰

I. O QUE É ENERGIA?

“**Energia**” é algo que pode mudar a condição da matéria. Normalmente definida como a capacidade de realização de trabalho; de fato, pode ser descrita somente por meio de exemplos.³²

J. ENERGIA CINÉTICA

A energia cinética K é a energia associada ao estado de movimento de um objeto. Quanto mais depressa o objeto se move, maior é a energia cinética. Quando um objeto está em repouso, a energia cinética é nula.³³

Para um objeto de massa m cuja velocidade v é muito menor que a velocidade da luz:

$$K = \frac{1}{2}mv^2. \quad (2.14)$$

A unidade de energia cinética (e de qualquer outra forma de energia) no SI é o Joule (J).

K. TRABALHO

Quando você aumenta a velocidade de um objeto aplicando a ele uma força, a energia cinética ($K = mv^2/2$) do objeto aumenta. Da mesma forma, quando você diminui a velocidade do objeto aplicando a ele uma força, a energia cinética do objeto diminui. Explicamos essas variações de energia cinética dizendo que a força que você aplicou transferiu energia de você para o objeto ou do objeto para você. Nas transferências de energia através de uma força, dizemos que um **trabalho** W é realizado pela força sobre o objeto. Mais formalmente, definimos o trabalho da seguinte forma:

Trabalho (W) é a energia transferida para um objeto ou de um objeto através de uma força que age sobre o objeto. Quando a energia é transferida para o objeto, o trabalho é positivo; quando a energia é transferida do objeto, o trabalho é negativo.³³

O termo transferência pode ser enganador. Ele não significa que um objeto material entre ou saia do objeto; a transferência não é como um fluxo de água. Ela se parece mais com a transferência eletrônica de dinheiro entre duas contas bancárias: o valor de uma das contas aumenta, enquanto o valor da outra conta diminui, mas nenhum objeto material é transferido de uma conta para outra.

L. TRABALHO E ENERGIA CINÉTICA

Encontrando uma expressão para o trabalho

Para encontrar uma expressão para o trabalho, considere uma conta que pode deslizar ao longo de um fio sem atrito ao longo de um eixo x horizontal (**Figura 51**). Uma força constante \vec{F} , fazendo um ângulo ϕ com o fio, é usada para acelerar a conta. Podemos relacionar a força à aceleração através da segunda lei de Newton, escrita para as componentes em relação ao eixo x :

$$F_x = ma_x, \tag{2.15}$$

onde m é a massa da esfera. Quando a conta sofre um deslocamento \vec{d} , a força muda a velocidade da conta de um valor inicial \vec{v}_0 para um outro valor, \vec{v} . Como a força é constante, sabemos que a aceleração também é constante. Assim podemos usar a equação:

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \quad (2.16)$$

Para escrever, para as componentes em relação ao eixo x ,

$$v^2 = v_0^2 + 2a_x d \quad (2.17)$$

Explicitando a_x , substituindo na equação $F_x = ma_x$ e reagrupando os termos, obtém-se:

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = F_x d \quad (2.18)$$

O primeiro termo do lado esquerdo da equação é a energia cinética K_f da conta no fim do deslocamento d ; o segundo termo é a energia cinética K_i da conta no início do deslocamento. Assim, o lado esquerdo da **Eq. 2.18** indica que a energia cinética foi alterada pela força, e o lado direito indica que esta mudança é igual a $F_x d$. Assim, o trabalho W realizado pela força sobre a conta (a transferência de energia em consequência da aplicação da força) é:

$$W = F_x d. \quad (2.19)$$

Se os valores de F_x e d forem conhecidos, pode-se usar esta equação para calcular o trabalho W realizado pela força sobre a conta.

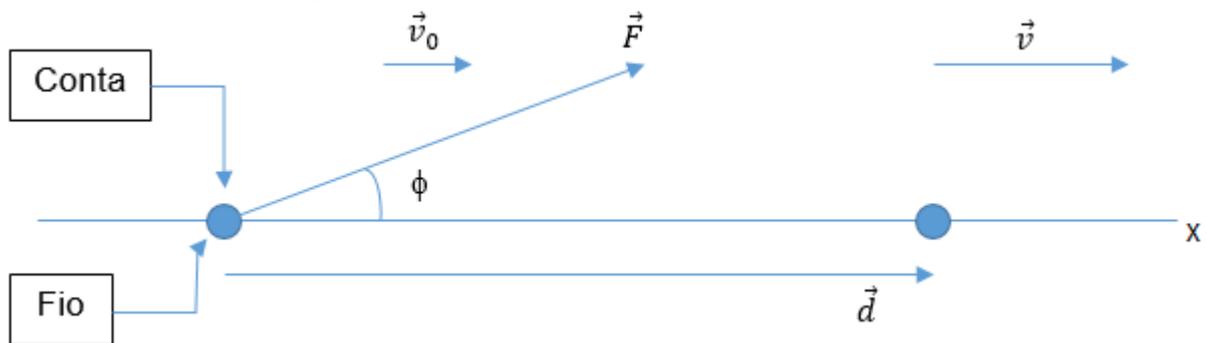
Para calcular o trabalho que uma força realiza sobre um objeto quando este sofre um deslocamento, usa-se apenas a componente da força na direção do deslocamento

do objeto. A componente da força perpendicular ao deslocamento não realiza trabalho.³³

Como se pode ver na **Figura 36**, pode-se escrever F_x na forma $F \cos \phi$, onde F é o módulo de \vec{F} e ϕ é o ângulo entre o deslocamento \vec{d} e a força \vec{F} . Assim,

$$W = Fd \cos \phi. \quad (\text{Trabalho executado por uma força constante}) \quad (2.20)$$

Figura 36 - Uma força constante \vec{F} , que faz um ângulo ϕ com o deslocamento d de uma conta ao longo do fio fazendo sua velocidade mudar de \vec{v}_0 para \vec{v} .



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

M. TEOREMA DO TRABALHO E ENERGIA CINÉTICA

Seja ΔK a variação de energia cinética do objeto e W o trabalho resultante realizado sobre ele.

Nesse caso, pode-se escrever:

$$\Delta K = K_f - K_i = W. \quad (2.21)$$

Esta equação significa:

(variação da energia cinética de uma partícula) = (trabalho total executado sobre a partícula) Pode-se também escrever

$$K_f = K_i + W. \quad (2.22)$$

Que significa:

$$\left(\begin{array}{l} \text{energia cinética depois} \\ \text{da execução do trabalho} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{energia cinética antes da} \\ \text{execução do trabalho} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{trabalho} \\ \text{executado} \end{array} \right).^{33}$$

N. TRABALHO REALIZADO PELA FORÇA GRAVITACIONAL

Examinemos agora o trabalho realizado sobre um objeto por uma força gravitacional. A **Figura 37** mostra uma partícula arremessada para cima com velocidade inicial v_0 e, portanto, com uma energia cinética inicial $K_i = \frac{1}{2}mv_0^2$. Na subida, a partícula é desacelerada por uma força gravitacional \vec{F}_g , ou seja, a energia cinética diminui porque \vec{F}_g realiza trabalho sobre a partícula durante a subida. Podemos usar a **Eq. 2.20** ($W = Fd \cos\phi$) para expressar o trabalho realizado durante um deslocamento \vec{d} . No lugar de F , mg , o módulo de \vec{F}_g . Assim o trabalho W_s realizado pela força gravitacional \vec{F}_g é:

$$W_s = mgd \cos\phi. \quad (\text{Trabalho executado por uma força gravitacional}) \quad (2.23)$$

Durante a subida, a força \vec{F}_g tem sentido contrário ao do deslocamento \vec{d} , como mostra a **Figura 37** assim, $\phi = 180^\circ$ e

$$W_s = mgd \cos 180^\circ = mgd(-1) = -mgd \quad (2.24)$$

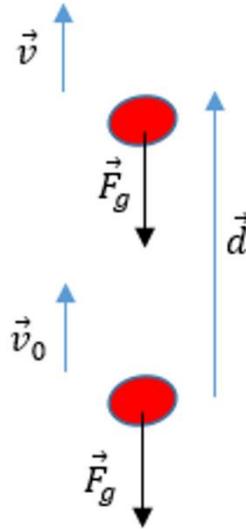
O sinal negativo indica que durante a subida, a força gravitacional remove uma energia mgd da energia cinética do objeto. Isto está de acordo com o fato de que o objeto perde velocidade na subida.

Depois que o objeto atinge a altura máxima e começa a descer, o ângulo ϕ entre a força \vec{F}_g e o deslocamento \vec{d} é zero. Assim,

$$W_s = mgd \cos 0^\circ = mgd(+1) = +mgd. \quad (2.25)$$

O sinal positivo significa que agora a força gravitacional transfere uma energia mgd para a energia cinética do objeto. Isto está de acordo com o fato de que o objeto ganha velocidade na descida (na realidade, transferências de energia associadas à subida e à descida de um objeto envolvem o sistema completo objeto-Terra).³³

Figura 37 - Por causa da força gravitacional \vec{F}_g , um tomate de massa m atirado para cima diminui a velocidade de \vec{v}_0 para \vec{v} .



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O. TRABALHO REALIZADO PARA LEVANTAR E BAIXAR UM OBJETO

Suponha agora, que se levanta um objeto que se comporta como uma partícula, aplicando a ele uma força vertical \vec{F} . Durante o deslocamento para cima, esta força aplicada realiza trabalho positivo W_a sobre o objeto, enquanto a força gravitacional realiza um trabalho negativo W_g . De acordo com a **Eq. 2.21** a variação ΔK da energia cinética do objeto devido a essas duas transferências de energia é

$$\Delta K = K_f - K_i = W_a + W_g, \quad (2.26)$$

Onde K_f é a energia cinética no fim do deslocamento e K_i é a energia cinética no início do deslocamento. Esta equação também se aplica à descida do objeto, mas nesse caso a força gravitacional tende a transferir energia para o objeto, enquanto a força aplicada tende a remover energia do objeto.³³ Em muitos casos, o objeto está em

repouso antes e depois do levantamento. Nesse caso, K_f e K_i são nulas e a **Eq. 2.26** se reduz a:

$$W_a + W_g = 0 \quad \text{ou}$$

$$W_a = -W_g \quad (2.27)$$

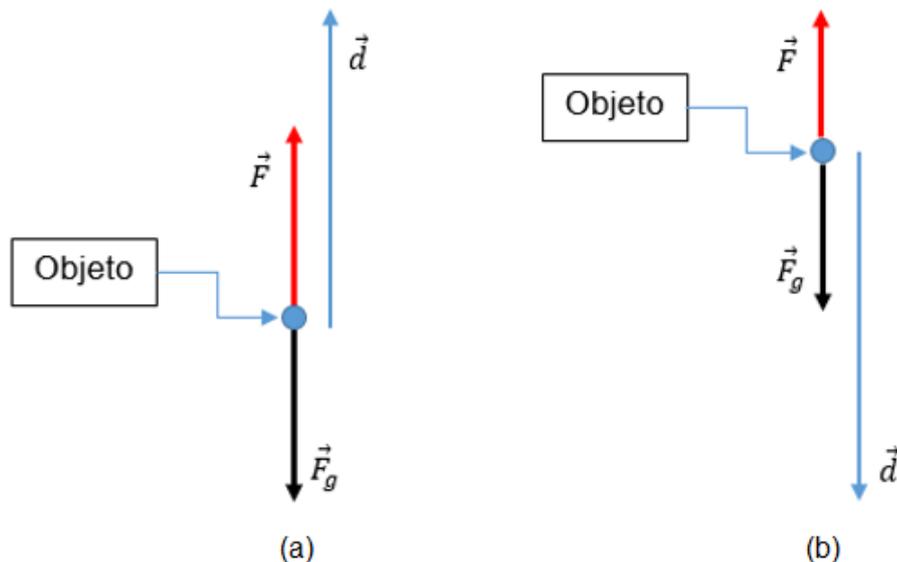
Usando a **Eq. 2.23**, pode-se escrever a **Eq. 27** na forma

$$W_a = -mgd \cos\phi \quad (\text{Trabalho para levantar e baixar: } K_f = K_i) \quad (2.28)$$

onde ϕ é o ângulo entre \vec{F}_g e \vec{d} . Se o deslocamento é verticalmente para cima, **Figura 38a**, $\phi = 180^\circ$ e o trabalho realizado pela força aplicada é igual a mgd . Se o deslocamento é verticalmente para baixo como demonstra a **Figura 38b**, $\phi = 0^\circ$ e o trabalho realizado pela força aplicada é igual a $-mgd$.

Figura 38 - (a) Uma força \vec{F} faz um objeto subir. O deslocamento \vec{d} do objeto faz um ângulo $\phi = 180^\circ$ com a força gravitacional \vec{F}_g . A força aplicada realiza um trabalho positivo sobre o objeto.

(b) A força \vec{F} é insuficiente para fazer o objeto subir. O deslocamento \vec{d} do objeto faz um ângulo $\phi = 0^\circ$ com a força gravitacional \vec{F}_g . A força aplicada realiza um trabalho negativo sobre o objeto.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

P. ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

Considere inicialmente uma partícula de massa m que se move verticalmente ao longo de um eixo y (com o sentido positivo para cima). Quando a partícula se move do ponto y_i para o ponto y_f a força gravitacional \vec{F}_g realiza trabalho sobre ela. Para determinar a variação correspondente da energia potencial gravitacional do sistema partícula-Terra usa-se a equação:³⁴

$$\Delta U = - \int_{x_i}^{x_f} F(x) dx. \quad (2.29)$$

Com duas modificações: (1) integra-se ao longo do eixo y em vez do eixo x , já que a força gravitacional age na direção vertical. (2) substitui-se a força F por $-mg$, pois \vec{F}_g possui módulo mg e está orientada no sentido negativo do y . Assim obtém-se:

$$\Delta U = - \int_{y_i}^{y_f} (-mg) dy = mg \int_{y_i}^{y_f} dy = mg[y]_{y_i}^{y_f}$$

e, portanto:

$$\Delta U = mg(y_f - y_i) = mg\Delta y \quad (2.30)$$

Para simplificar um cálculo ou uma discussão às vezes gosta-se de dizer que um certo valor de energia potencial gravitacional U está associado ao sistema partícula-terra quando a partícula está a uma certa altura y . Para isso, escreve-se a **Eq. 2.30** na forma,

$$U - U_i = mg(y - y_i). \quad (2.31)$$

Toma-se U_i como sendo a energia potencial gravitacional do sistema quando ele se encontra em uma configuração de referência na qual a partícula está em um ponto

de referência y_i . Normalmente tomamos $U_i = 0$ e $y_i = 0$. Fazendo isso, a **Eq. 2.31** se torna

$$U(x) = mgy. \quad (\text{Energia potencial gravitacional}) \quad (2.32)$$

Esta equação nos diz o seguinte:

“A energia potencial gravitacional associada a um sistema partícula-Terra depende apenas da posição vertical y (altura) da partícula em relação à posição de referência $y = 0$, e não da posição horizontal.”³⁴

Q. CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA

A energia mecânica E_{mec} de um sistema é a soma da energia potencial U do sistema com a energia cinética K dos objetos que compõem o sistema:

$$E_{mec} = K + U. \quad (2.33)$$

Nesta seção, será discutido o que acontece com essa energia mecânica quando as transferências de energia dentro do sistema são produzidas apenas por forças conservativas, ou seja, quando os objetos do sistema não estão sujeitos a forças de atrito e de arrasto.

Quando uma força conservativa realiza um trabalho W sobre um objeto dentro do sistema, essa força é responsável por uma transferência de energia entre a energia cinética K do objeto e a energia potencial U do sistema.³⁴ De acordo com a **Eq. 2.21**, a variação ΔK da energia cinética é

$$\Delta K = W \quad (2.34)$$

e, de acordo com a equação $\Delta U = -W$, a variação ΔU da energia potencial é

$$\Delta U = -w \quad (2.35)$$

Combinando as **Eqs. 2.34 e 2.35**, temos:

$$\Delta K = -\Delta U \quad (2.36)$$

Em palavras, uma dessas energias aumenta exatamente da mesma quantidade que a outra diminui.

Pode-se escrever a **Eq. 2.36** na forma

$$K_2 - K_1 = -(U_2 - U_1) \quad (2.37)$$

Reagrupando os termos da **Eq. 2.37**, obtém-se a seguinte expressão:

$$K_2 + U_2 = K_1 + U_1 \quad (\text{Conservação da energia mecânica}) \quad (2.38)$$

R. POTÊNCIA

A taxa de variação com o tempo do trabalho realizado por uma força recebe o nome de potência. Se uma força realiza um trabalho W em um intervalo de tempo Δt , a potência média desenvolvida durante esse intervalo de tempo é

$$P_{\text{média}} = \frac{W}{\Delta t}. \quad (\text{Potência média}) \quad (2.39)$$

3 METODOLOGIA

3.1 Metodologia da pesquisa

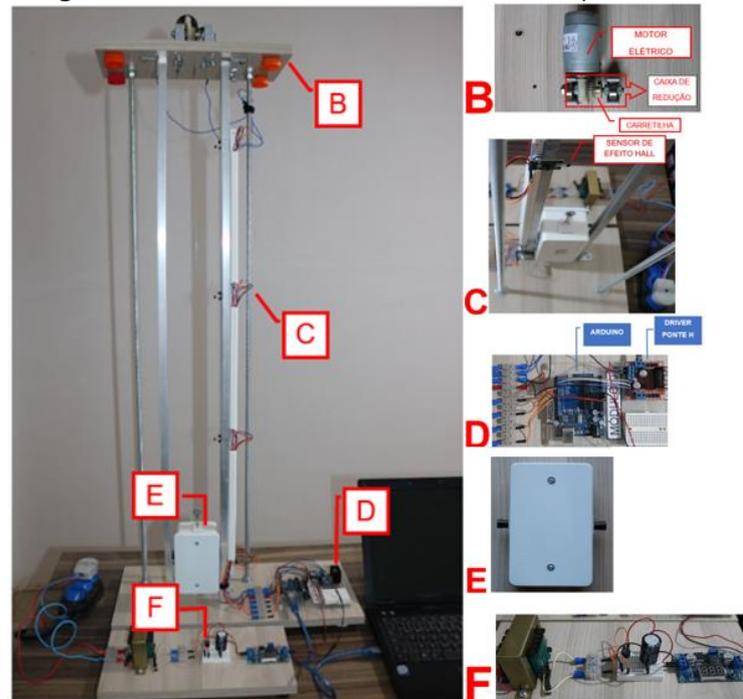
A pesquisa realizada nesta dissertação é focada numa metodologia que aborda tanto métodos quantitativos e como qualitativos. Nesse caso, este estudo foi dividido em duas partes: a primeira consistindo na aquisição de dados e análise estatística dos impactos causados pela inserção do objeto educacional (Elevador Robodidático) nas aulas de Física; e a segunda numa análise subjetiva em relação à motivação para aprender física de forma experimental investigativa.

3.2 O elevador robodidático

O Elevador Robodidático, mostrado em resumo na **Fotografia 16**, é uma ferramenta pedagógica que se destina a aplicação de conceitos físicos, proporcionando o desenvolvimento e efetivação de uma metodologia de ensino por investigação.

Nele, o aluno pode observar diversos fenômenos e conceitos envolvendo a Física, tecnologia e programação, ao mesmo tempo que surge como instrumento que viabiliza a prática experimental. O referido produto educacional é de fácil acesso, montagem e baixo custo.

Fotografia 16 - Elevador robodidático e suas etapas estruturais.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

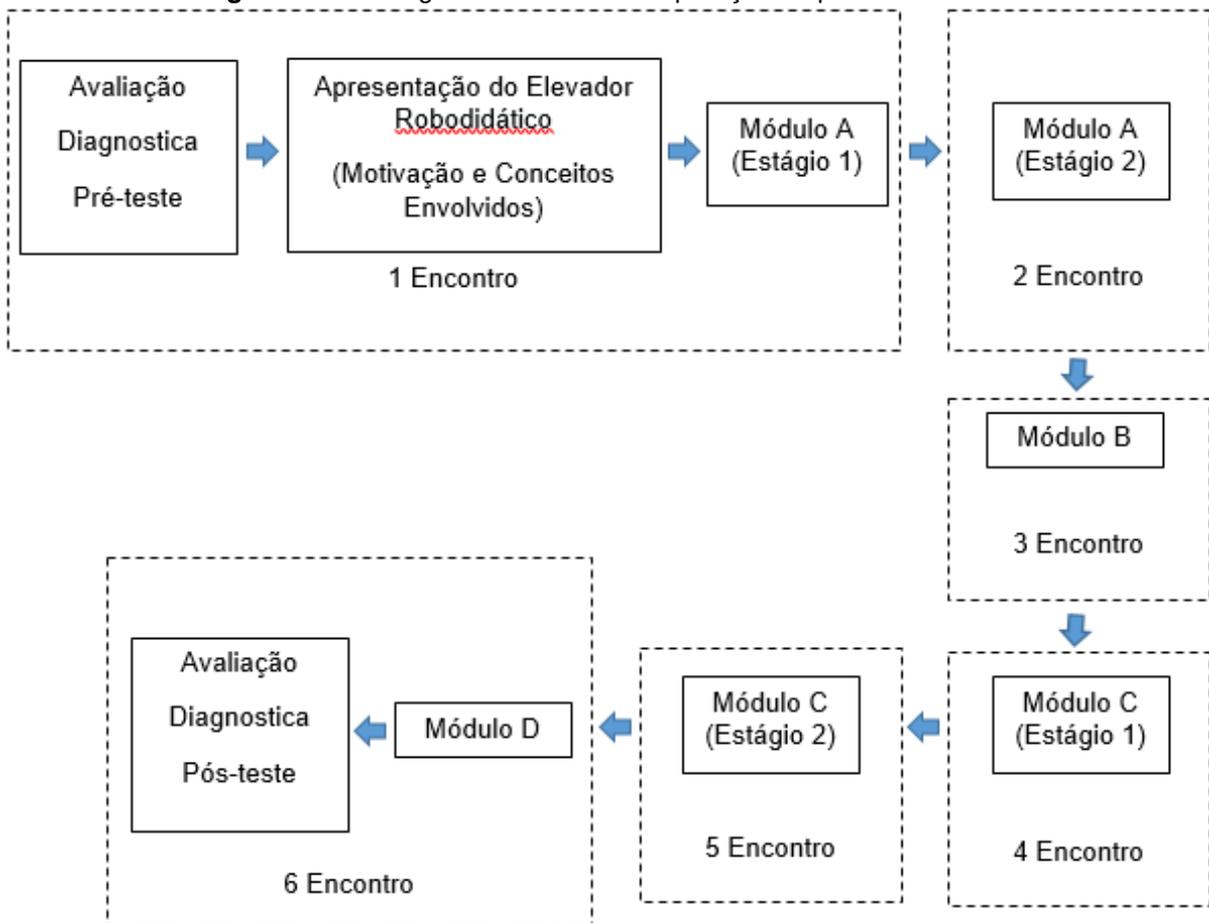
3.3 Contextos da pesquisa

As atividades foram desenvolvidas no segundo semestre de 2018, e fizeram parte da pesquisa 10 alunos do 3^o ano do Ensino médio da Escola Estadual Aarão Lins de Andrade no município de Gravatá-PE, no intuito de obter respostas no Ensino modular da Física através de sequência didática experimental investigativa, por intermédio do produto educacional Elevador Robodidático, que para efeito didático-pedagógico foi dividido em módulos (kit pedagógico). Para participar da pesquisa, os alunos ou responsáveis assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

3.4 Etapas da pesquisa

As etapas da pesquisa foram divididas em seis encontros com duração de quatro horas conforme fluxograma, indicado no **Fluxograma 1**. Cada um desses encontros foi dividido em quatro momentos, distribuídos de acordo com os quadros 5 e 6 e 7.

Fluxograma 1 - Fluxograma do roteiro da aplicação do produto educacional.

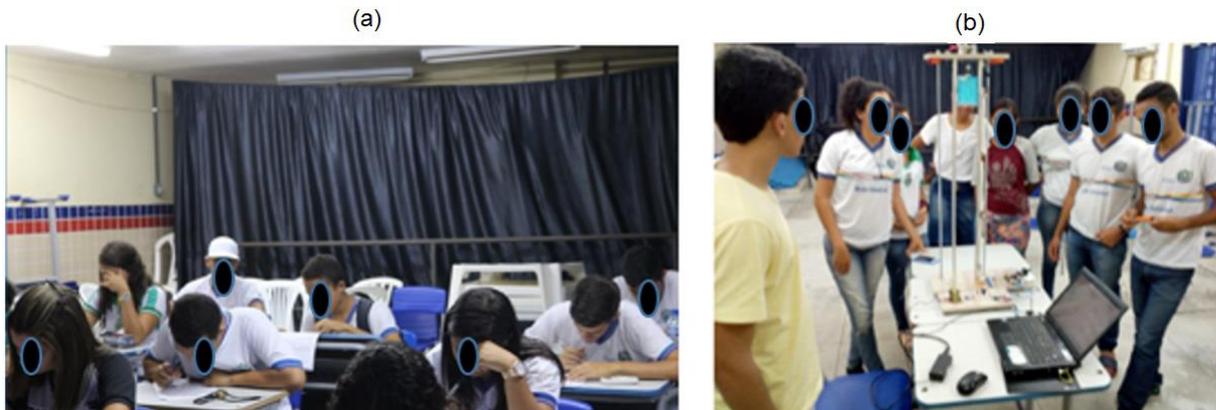


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- No primeiro encontro foi aplicada uma avaliação diagnóstica pré-teste (ver apêndice A), conforme mostra a **Figura 56**. A referida avaliação continha componentes curriculares de Física do 9^o ano do ensino fundamental, que foram revisados e ampliados no 3^o ano do ensino médio no 1^o semestre. A ideia era verificar os possíveis conhecimentos prévios (subsunoçores) dos alunos com relação aos conceitos físicos de eletromagnetismo e mecânica, visando a aprendizagem significativa.

Na sequência, o Elevador Robodidático foi apresentado aos alunos como apresenta a imagem na **Figura 56b**, que reagiram com muitos questionamentos pertinentes à relação do mesmo com as questões da avaliação diagnóstica e áreas afins como engenharia da robótica e mercado empreendedor.

Fotografia 17 - (a) Aplicação da avaliação diagnóstica (pré-teste).
(b) Apresentação do Elevador Robodidático.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A partir daí, foi iniciada a abordagem dos conteúdos na aula expositiva indicados no **Quadro 5**, utilizando o manual de atividade experimental do aluno e o simulador interativo PhET como ferramenta de apoio para as demonstrações investigativas dos conceitos e representações matemáticas.

Quadro 5 - Atividades realizadas no primeiro encontro.

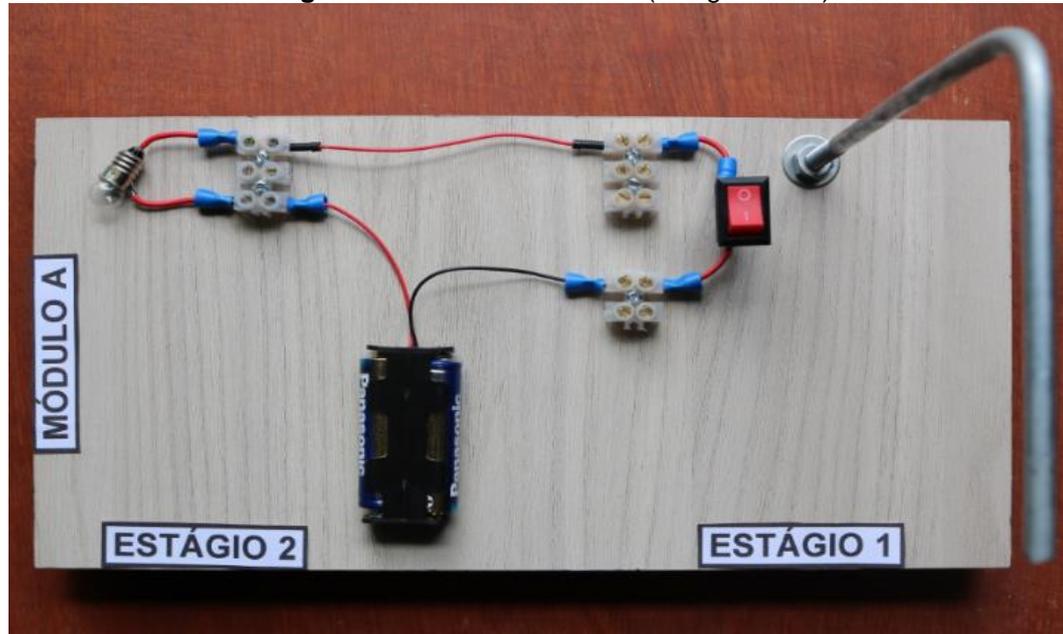
MOMENTO	ATIVIDADE	DURAÇÃO	TOTAL DE HORAS	CONTEÚDOS ABORDADOS Módulo Auxiliar A – (ESTÁGIO 1)
1	Aplicação da avaliação diagnóstica (PRÉ-TESTE) Apresentação do produto educacional “Elevador Robodidático”. Aula expositiva com manual de atividade experimental e simulador interativo PhET.	1 h 15 min	4 horas	<ul style="list-style-type: none"> • Cargas elétricas. • Eletrização. • Lei de Coulomb. • Campo elétrico. • Força elétrica.
2	Fórum de discussão dos conteúdos abordados na aula expositiva	30 min		
3	Experimentação e utilização do módulo auxiliar A, estágio 1.	1 h 15 min		
4	Discussão dos resultados das questões propostas.	1 h		

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A aula seguiu com um fórum de discussão das hipóteses e argumentações levantadas pelos alunos sobre os conceitos abordados nas demonstrações investigativas utilizando o PhET, e posteriormente utilizamos o módulo auxiliar A – ESTÁGIO 1 indicado na **Fotografia 18** para a experimentação. Neste estágio foram

investigados experimentalmente: propriedades da carga elétrica, processos de eletrização, existência de um campo elétrico e força elétrica.

Fotografia 18 - Módulo auxiliar A (estágios 1 e 2).



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Na sequência, foram discutidos os resultados das questões propostas que se encontram no manual de atividades experimentais do aluno.

- Do segundo ao quinto encontro, continuou-se utilizando nas aulas expositivas, o manual de atividade experimental do aluno e o simulador interativo PhET, como ferramenta de apoio para as demonstrações investigativas dos conceitos e representações matemáticas. Nestes encontros, os momentos foram distribuídos de acordo com o planejamento das atividades indicadas no **Quadro 6**.

Quadro 6 - Atividades realizadas no segundo ao quinto encontro.

MOMENTO	ATIVIDADE	DURAÇÃO	TOTAL DE HORAS
1	Aula expositiva com manual de atividade experimental e simulador interativo PhET.	1 h 15 min	4 horas
2	Fórum de discussão dos conteúdos abordados na aula expositiva.	30 min	

3	Experimentação e utilização do módulo auxiliar.	1 h 15 min	
4	Discussão dos resultados das questões propostas.	1 h	
CONTEÚDOS ABORDADOS Módulo auxiliar A - (ESTÁGIO 2)	CONTEÚDOS ABORDADOS Módulo auxiliar B	CONTEÚDOS ABORDADOS Módulo auxiliar C - (ESTÁGIO 1)	CONTEÚDOS ABORDADOS Módulo auxiliar C - (ESTÁGIO 2)
<ul style="list-style-type: none"> •Corrente elétrica. •Instrumentação. •Circuito elétrico. 	<ul style="list-style-type: none"> •Fonte de tensão contínua ajustável •Corrente elétrica alternada •Corrente elétrica contínua •Transformando corrente elétrica alternada (CA) em corrente contínua (CC) 	<ul style="list-style-type: none"> •A bússola •Propriedades dos ímãs •Campo magnético •Força magnética 	<ul style="list-style-type: none"> •Motor elétrico

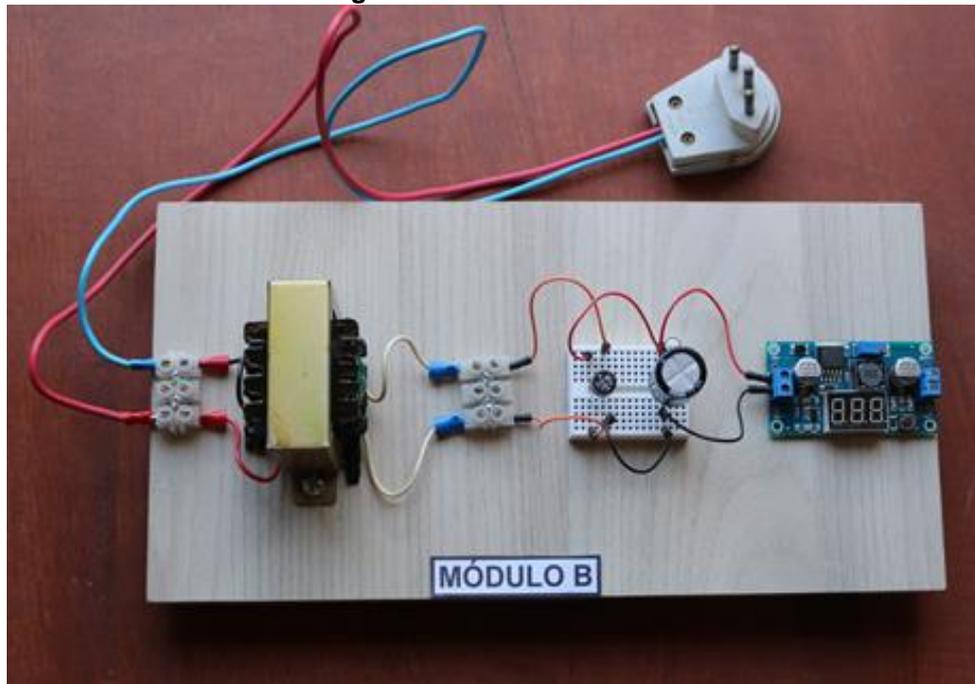
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O kit pedagógico composto pelos módulos A, B, e C indicado nas **Fotografia 19** e **Fotografia 20**, foi utilizado nas atividades de ensino por investigação, na fase experimental, conforme segue abaixo:

- Módulo A – ESTÁGIO 2
 - ✓ causa, efeito e intensidade da corrente elétrica no circuito;
 - ✓ diferença do valor teórico e experimental (utilizando o multímetro) da corrente elétrica.
- Módulo B
 - ✓ ajuste de tensão elétrica na saída da placa(módulo) do regulador de tensão, uma tensão elétrica alternada de uma contínua;
 - ✓ identificação dos estágios do circuito elétrico da fonte de tensão;
 - ✓ intensidade da corrente elétrica de uma fonte de tensão contínua ajustável variando a carga na saída da fonte.
- Módulo C – ESTÁGIO 1 e 2
 - ✓ pólos de um ímã;
 - ✓ como os ímãs se interagem;
 - ✓ existência de campo e força magnética;

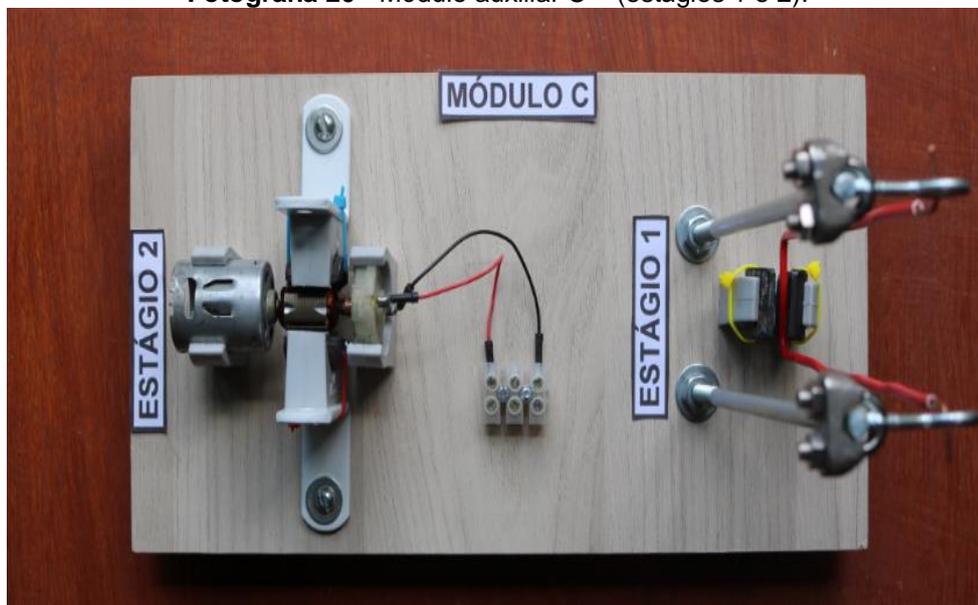
- ✓ ação de um campo magnético sobre um fio metálico percorrido por uma corrente elétrica;
- ✓ identificação dos elementos estruturais de um motor elétrico de corrente contínua;
- ✓ funcionamento do motor elétrico;
- ✓ simulando o sentido de giro do eixo do motor.

Fotografia 19 - Módulo auxiliar B.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Fotografia 20 - Módulo auxiliar C – (estágios 1 e 2).



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Ao final das experimentações investigativas de cada encontro, os alunos discutiram os procedimentos e as resoluções de questões propostas no manual experimental do aluno (APÊNDICE D).

● No **Quadro 7** está esquematizado o sexto encontro, onde foi aplicado o produto educacional “Elevador Robodidático” **Fotografia 21**. Neste encontro os alunos fizeram aplicações dos conceitos investigados nos módulos auxiliares no elevador Robodidático.

Quadro 7 - Sexto Encontro.

MOMENTO	ATIVIDADE	DURAÇÃO	TOTAL DE HORAS	CONTEÚDOS ABORDADOS
1	Aula expositiva (1) (APÊNDICE D)	1 h	4 horas	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução ao labVIEW (função, instalação e configuração); • Conceitos de software e hardware (Identificação e função); • Noções básicas de arduino; • Módulo driver – ponte H; • Módulo sensor de efeito Hall; • Princípio de funcionamento e montagem do motor elétrico de corrente contínua. • Conceitos de física elétrica e mecânica; • Caixa de redução.
2	Aula expositiva (2) (APÊNDICE D)	1 h		
3	Experimentação e utilização do módulo do produto educacional “Elevador Robodidático”	1 h		
4	Discussão dos resultados das questões propostas. Aplicação da avaliação diagnóstica (PÓS-TESTE) Aplicação do questionário qualitativo.	1 h		

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Fotografia 21 - Elevador Robodidático.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

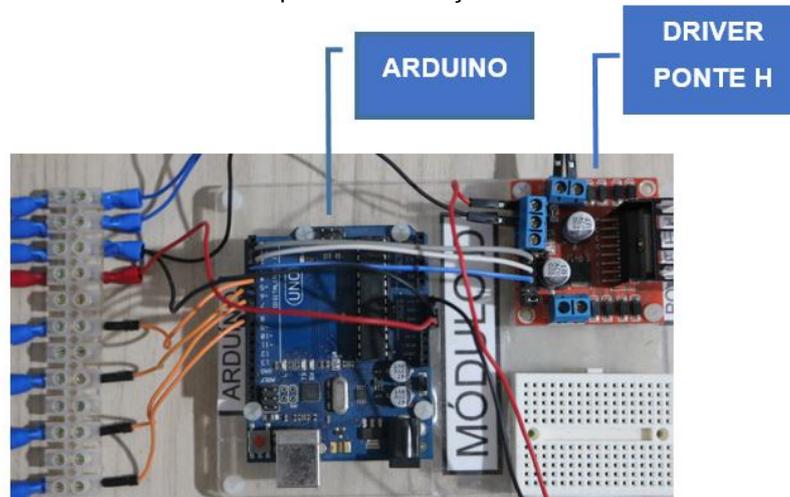
O primeiro momento iniciou com a aula expositiva (1), abordando conceitos e representações matemáticas de posição, deslocamento, velocidade média e aceleração média, aplicando o manual de atividade experimental do aluno (APÊNDICE D). Enfatizamos a necessidade de inclusão de um tempo extra ($\pm 30\text{min}$), caso necessário neste momento, como sugestão para o professor aplicador deste projeto explorar outros conceitos físicos como: leis de Newton, força, velocidade angular, aceleração angular e demais outros relacionados.

O segundo momento, a aula expositiva (2) foi abordada com a apresentação dos módulos eletrônicos: arduino, driver ponte H, módulo do sensor de efeito Hall e o módulo eletromecânico composto de motor elétrico e caixa de redução. Nestas

apresentações, foram discutidos os processos de montagem, instalações elétricas, funcionalidades, leitura de diagrama elétrico, análise de circuito, leitura e interpretação do painel de controle do labVIEW.

O sistema modular representado na **Fotografia 22**, foi inserido no produto educacional para controle e automação do elevador robodidático através do software labview. Neste dispositivo foram trabalhados: conceitos, instalações físicas, sistema operacional, funções e aplicações dos módulos eletrônicos. Isto se deu em forma de oficina logo após a aula expositiva, onde os alunos puderam manusear, investigar e indagar cada estrutura modular eletrônica provocando discussões relevantes para aprendizagem.

Fotografia 22 - Sistema modular para a automação do elevador robodidático.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O terceiro momento foi realizada a aplicação dos conceitos estudados e investigados anteriormente nos módulos auxiliares no Elevador Robodidático. Estas aplicações se realizaram nos procedimentos em questões propostas no manual de atividade experimentais (APÊNDICE D).

No quarto momento, após a realização das atividades experimentais, foi discutido com os alunos as questões propostas respondidas por eles no manual de atividades experimentais. Após o término do sexto encontro, os alunos foram submetidos a uma avaliação diagnóstica (pós-teste) como mostra a **Fotografia 23**, para averiguar os impactos produzidos pela incorporação do produto educacional em

estudo (Elevador Robodidático) e seus módulos auxiliares (kits pedagógicos) na promoção do ensino por investigação e consequentemente na aprendizagem significativa. Também foi aplicado após o pós-teste o questionário qualitativo (APÊNDICE E) para averiguar o nível motivacional dos alunos no estudo da física com atividades experimental investigativa.

Fotografia 23 - Avaliação diagnóstica (pós-teste).



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

3.5 Aplicação do elevador robodidático em sala de aula

Após as investigações experimentais, dos conceitos físicos nos módulos auxiliares, os alunos utilizaram o Elevador Robodidático como objeto contextualizador, calculando a velocidade e a aceleração escalar média utilizando a trena e o cronômetro, analisando os circuitos elétricos através da leitura de diagrama e da montagem dos módulos eletrônicos e eletromecânicos do elevador, descrevendo o princípio de funcionamento de um motor elétrico de corrente contínua e medindo a corrente elétrica exigida pelo motor para diferentes cargas no interior da cabine.

Entre outras aplicações, pode-se explorar a eletrônica, o microcontrolador e o software de automação para criação de novos protótipos experimentais, alargando a possibilidade de o aluno relacionar teoria a aplicação prática.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Partindo do princípio de que a avaliação é um processo contínuo, e que ocorreu em todos os encontros envolvendo conteúdos conceituais e procedimentais, esta análise será apresentada em duas etapas que apontam resultados qualitativos em relação à motivação dos alunos em aprender a Física, bem como o quantitativo referente à progressão no nível de conhecimento concernente aos conteúdos abordados.

4.1 Primeira etapa

Esta etapa tem cunho reflexivo e visa expor através de um questionário qualitativo de depoimentos os aspectos motivacionais no estudo da Física através de atividades experimentais investigativas no kit pedagógico, onde os alunos relataram com entusiasmo como se sentiram vivenciando as aulas de Física utilizando aparatos experimentais.

4.2 Segunda etapa

A segunda etapa teve por objetivo analisar o número de acertos por questões entre o pré e o pós-teste exposto na **Tabela 1**, bem como a progressão percentual indicado no **Gráfico 1**, após a inserção do produto educacional “Elevador Robodidático” nas aulas de Física, comparando os resultados das avaliações diagnósticas.

Tabela 1 - Quadro de resultados das aplicações das avaliações diagnósticas pré e pós-teste.

Nº DE QUESTÕES	PRÉ-TESTE		PÓS-TESTE		DIFERENÇA PERCENTUAL (%)	PROGRESSÃO PERCENTUAL (%)
	Nº DE ACERTOS	PERCENTUAL (%)	Nº DE ACERTOS	PERCENTUAL (%)		
01	4	40	9	90	50	125
02	5	50	7	70	20	40
03	3	30	8	80	50	167
04	2	20	7	70	50	250
05	4	40	8	80	40	100
06	3	30	8	80	50	167

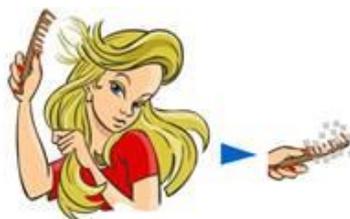
07	2	20	6	60	40	200
08	0	0	6	60	60	0
09	3	30	6	60	30	100
10	3	30	6	60	30	100

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

4.3 Questões da avaliação diagnóstica (pré e pós-teste):

Para quantificar os resultados dos impactos causados com a inserção do elevador Rodidático, foi utilizado pré e pós-testes conforme modelo abaixo:

01. (UNIUBE-MG). Uma aluna de cabelos compridos, num dia bastante seco, percebe que depois de penteá-los o pente utilizado atrai pedaços de papel. Isto ocorre porque



- (a) o pente se eletrizou por atrito.
- (b) os pedaços de papel estavam eletrizados.
- (c) o papel é um bom condutor elétrico.
- (d) há atração gravitacional entre o pente e os pedaços de papel.
- (e) o pente é um bom condutor elétrico.

QUESTÃO 01: a proposta desta questão é avaliar os conhecimentos adquiridos pelos alunos quanto aos fenômenos eletrostáticos, força e campo elétrico observados experimentalmente no módulo A (estágio1). Dos dez alunos que participaram desta questão, 4 acertaram a avaliação diagnóstica (pré-teste), o que corresponde a 40% de acertos na questão, enquanto 9 acertaram a avaliação (pós-teste), correspondendo a 90% de acertos, portanto nota-se um ganho de 50% de acertos, caracterizando um progresso na aprendizagem dos alunos entre as avaliações diagnósticas.

02. (Física conceitual). De acordo com Coulomb, um par de partículas carregadas, posicionadas duas vezes mais próximas uma da outra, experimentarão uma força:

- (a) duas vezes mais intensa.
- (b) quatro vezes mais intensa.
- (c) duas vezes menos intensa.
- (d) quatro vezes menos intensa.

QUESTÃO 02: esta questão exige raciocínio matemático e conceitual da lei de Coulomb. Este fenômeno pôde ser notado pelos alunos no pêndulo eletrostático instalado no módulo A (estágio 1). Dos alunos que participaram desta questão, 5 acertaram a avaliação diagnóstica (pré-teste), o que corresponde a 50% de acertos na questão, enquanto 7 acertaram a avaliação (pós-teste), correspondendo a 70% de acertos, portanto nota-se um ganho de 20% de acertos, caracterizando um progresso na aprendizagem.

03. (FUVEST-SP). Em um ponto do espaço:



- I. Uma carga elétrica não sofre ação da força elétrica se o campo nesse local for nulo.
- II. Pode existir campo elétrico sem que aí exista força elétrica.
- III. Sempre que houver uma carga elétrica, esta sofrerá ação da força elétrica.

Use: C (certo) ou E (errado).

- (a) CCC
- (b) CEE
- (c) ECE
- (d) CCE
- (e) EEE

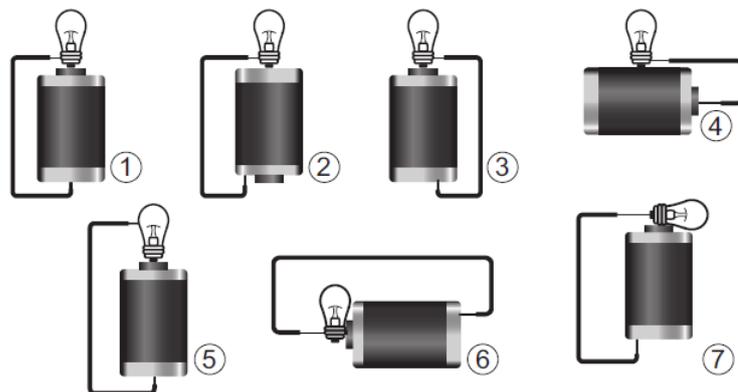
QUESTÃO 03: Nesta questão destacamos a relação entre campo, carga e força elétrica. Esta experiência foi oportunizada aos alunos no módulo A (estágio1). Dos alunos que participaram desta questão, 3 acertaram a avaliação diagnóstica (pré-teste), o que corresponde a 30% de acertos na questão, enquanto 8 acertaram a avaliação (pós-teste), correspondendo a 80% de acertos, portanto nota-se um ganho de 50% de acertos, evidenciando um progresso na aprendizagem.

04. A diferença entre corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA) em circuitos elétricos é que na CC a carga flui

- (a) constantemente em um mesmo sentido.
- (b) em um sentido.
- (c) para frente e para trás.
- (d) todas as anteriores,

QUESTÃO 04: Esta questão aborda características distintas entre corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA). Estes conceitos são investigados no módulo A (estágio 2). Dos alunos que responderam esta questão, 2 acertaram a avaliação diagnóstica (pré-teste), o que corresponde a 20% de acertos na questão, enquanto 7 acertaram a avaliação (pós-teste), correspondendo a 70% de acertos, portanto nota-se um ganho de 50% de acertos, caracterizando um progresso na aprendizagem.

05. (ENEM – 2011). Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



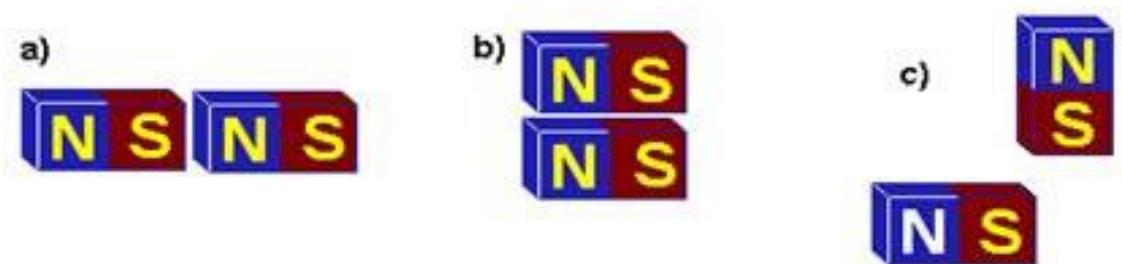
GONÇALVES FILHO, A.; BAROLLI, E. Instalação Elétrica: investigando e aprendendo. São Paulo: Scipione, 1997 (adaptado).

Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

- a) (1), (3), (6)
- b) (3), (4), (5)
- c) (1), (3), (5)
- d) (1), (3), (7)
- e) (1), (2), (5)

QUESTÃO 05: Retratamos a importância desta questão no módulo A (estágio 2), quando é investigada o efeito da corrente elétrica na lâmpada instalada no circuito e aplicada no produto educacional. Dos alunos que responderam esta questão, 4 acertaram a avaliação diagnóstica (pré-teste), o que corresponde a 40% de acertos na questão, enquanto 8 acertaram a avaliação (pós-teste), correspondendo a 80% de acertos, portanto nota-se um ganho de 50% de acertos, caracterizando um progresso na aprendizagem.

06. (UFB) Pares de ímãs em forma de barra são dispostos conforme indicam as figuras a seguir:



A letra N indica o polo Norte e o S o polo Sul de cada uma das barras. Entre os ímãs de cada um dos pares anteriores (a), (b) e (c) ocorrerão, respectivamente, forças de:

- (a) atração, repulsão, repulsão;
- (b) atração, atração, repulsão;
- (c) atração, repulsão, atração;
- (d) repulsão, repulsão, atração;
- (e) repulsão, atração, atração.

QUESTÃO 06: Esta questão demonstra uma situação envolvendo as propriedades dos ímãs investigadas experimentalmente no módulo C (estágio 1) e aplicada na construção e princípio de funcionamento do motor elétrico do Elevador Robodidático. Dos alunos que responderam esta questão, 3 acertaram a avaliação diagnóstica (pré-teste), o que corresponde a 30% de acertos na questão, enquanto 8 acertaram a avaliação (pós-teste), correspondendo a 80% de acertos, portanto nota-se um ganho de 50% de acertos, caracterizando um progresso na aprendizagem.

07. (Física conceitual). Um elétron pode ser acelerado por

- (a) um campo elétrico.

- (b) um campo magnético.
- (c) ambas as anteriores.
- (d) nenhuma das anteriores.

QUESTÃO 07: Esta questão relaciona o efeito do campo e força elétrica exercida numa partícula carregada. Dos alunos que responderam esta questão, 2 acertaram a avaliação diagnóstica (pré-teste), o que corresponde a 20% de acertos na questão, enquanto 6 acertaram a avaliação (pós-teste), correspondendo a 60% de acertos, portanto nota-se um ganho de 40% de acertos, caracterizando um progresso na aprendizagem.

QUESTÃO 08. (Física conceitual). Em nível atômico, o que significa dizer que algo está eletricamente carregado?

QUESTÃO 08: Esta questão propõe uma situação aberta. Que trata de uma indagação acerca de corpos carregados eletricamente, sob o ponto de vista atômico. Dos alunos que responderam esta questão, 0 (nenhum) acertaram a avaliação diagnóstica (pré-teste), o que corresponde a 0% de acertos na questão, enquanto 6 acertaram a avaliação (pós-teste), correspondendo a 60% de acertos, portanto nota-se um ganho de 60% de acertos, caracterizando um progresso na aprendizagem.

09. (CEFET-MG)

A bússola é um dispositivo composto por uma agulha imantada que pode girar livremente em torno de um eixo perpendicular a ela.



Sobre seu funcionamento, afirma-se:

- I- O polo sul magnético aponta para o norte geográfico terrestre.
- II- O polo norte magnético aponta para o sul de um ímã colocado próximo à bússola.
- III- A agulha sofre uma deflexão quando está próxima e paralela a um fio que conduz corrente elétrica.

IV- A agulha, na ausência de campos magnéticos externos, orienta-se na direção leste-oeste terrestre.

São corretas apenas as afirmativas

- (a) I e II (b) II e III (c) II e IV (d) III e IV

QUESTÃO 09: Essa questão traz como elemento central o ímã e aplicação de suas propriedades. Dos alunos que responderam esta questão, 3 acertaram a avaliação diagnóstica (pré-teste), o que corresponde a 30% de acertos na questão, enquanto 6 acertaram a avaliação (pós-teste), correspondendo a 60% de acertos, portanto nota-se um ganho de 30% de acertos, caracterizando um progresso na aprendizagem.

10. (Física conceitual). Uma força magnética pode ser exercida sobre um elétron mesmo quando ele

- (a) estiver em repouso.
 (b) se move paralelamente às linhas de campo magnético.
 (c) ambas as anteriores.
 (d) nenhuma das anteriores.

QUESTÃO 10: Dos alunos que responderam esta questão, 3 acertaram a avaliação diagnóstica (pré-teste), o que corresponde a 30% de acertos na questão, enquanto 6 acertaram a avaliação (pós-teste), correspondendo a 60% de acertos, portanto nota-se um ganho de 30% de acertos, caracterizando um progresso na aprendizagem.

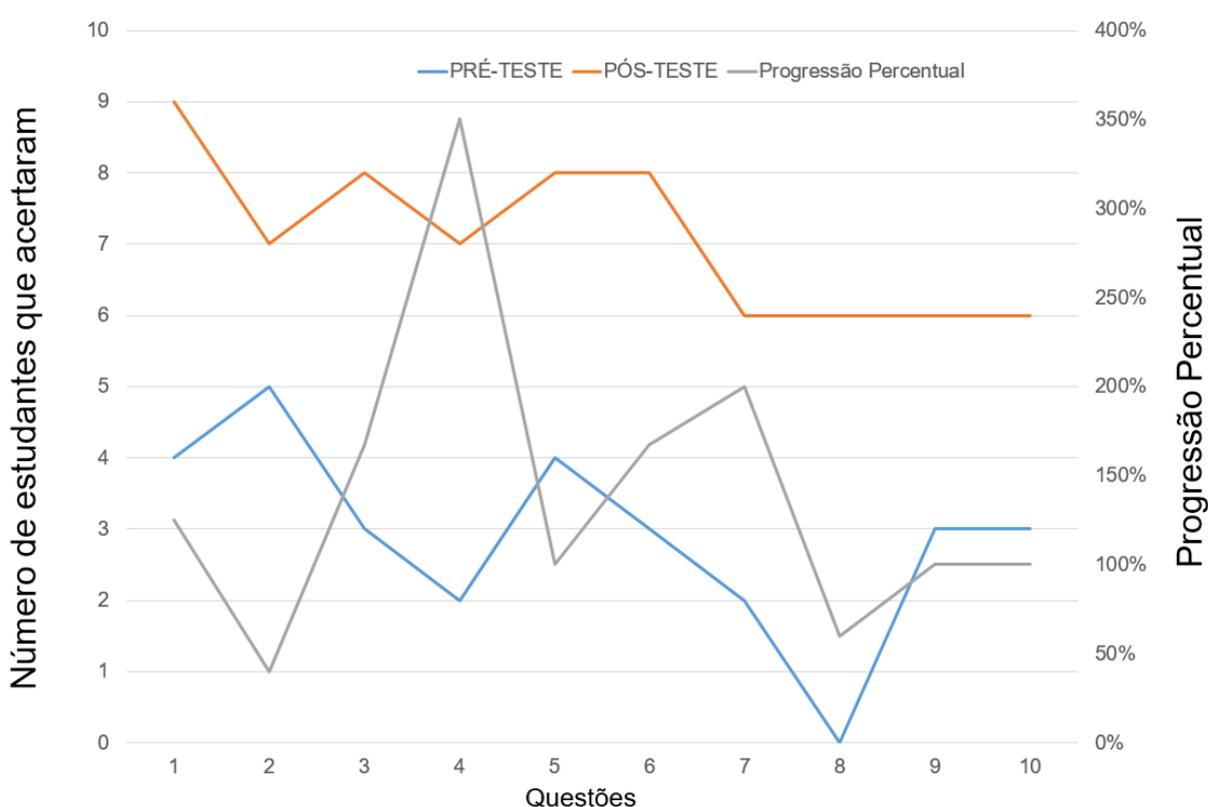
4.3.1 Análise da avaliação diagnóstica do pré e pós-Teste

- O pré-teste examina os conhecimentos prévios dos alunos quanto aos conceitos de eletromagnetismo e mecânica propostos no módulo D no Elevador Robodidático. O mesmo foi aplicado a cada aluno participante da pesquisa na escola Aarão Lins de Andrade e teve duração de trinta minutos. Nessa avaliação continha dez questões, sendo uma discursiva e nove de múltipla escolha.
- O pós-teste, foi realizado logo após os alunos concluírem as atividades teórica e experimental propostas nos seis encontros desta pesquisa. Sendo esta avaliação

igual à primeira (pré-teste), objetivando estabelecer um índice percentual comparativo entre as duas avaliações.

Como proposta para obter uma melhor análise das aquisições dos dados obtidos após a realização da aplicação das avaliações diagnósticas pré e pós-teste, foi feita uma análise comparativa tomando como referência o desempenho dos alunos em relação ao número de acertos em cada questão, anteriormente e posteriormente às aulas experimentais após a inserção do Elevador Robodidático. Com base nas informações indicadas no gráfico 1, produzidos após o último encontro da pesquisa, discutiremos os resultados das questões propostas nas avaliações diagnósticas.

Gráfico 1 - Análise comparativa entre a avaliação diagnóstica pré e pós-teste.



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Percebe-se que os alunos apresentaram no pré-teste poucos conhecimentos prévios em relação aos componentes curriculares referentes ao eletromagnetismo e mecânica. Enquanto no pós-teste, após vivenciar nas aulas uma sequência didática utilizando o kit pedagógico experimental tendo o Elevador Robodidático para fazer as

aplicações dos conceitos, os resultados da progressão percentual demonstram uma evolução na aprendizagem dos alunos.

Com base no gráfico da **Figura. 63**, construído a partir dos resultados das avaliações diagnósticas pré e pós-teste, obteve-se uma notável progressão percentual satisfatória, quando comparados os diagnósticos. Os resultados de cada progressão percentual foram calculados através de uma variação percentual entre a diferença do número de acerto da questão do pós-teste com a do pré-teste, multiplicado por cem dividido pelo número de acerto da questão do pré-teste obtendo-se o resultado em percentual.

As aulas teóricas sucedidas das experimentais com suas respectivas aplicações, contribuíram de forma significativa na evolução da aprendizagem do aluno quanto a investigação dos fenômenos físicos, compreensão dos conceitos, e aplicações da Física. Sendo assim acredito que o produto educacional elevador Robodidático é um instrumento didático que pode ser bem explorado nas Sequências Investigativas no ensino da física, trabalhando-se vários conteúdos dos componentes curriculares referentes a mecânica e eletromagnetismo e suas tecnologias.

Investigando a tabela 8, o gráfico na **Figura. 63** representado em escala percentual a progressão dos estudantes em função do número de acertos em cada questão. Notou-se através dos segmentos o comportamento gráfico da linha, o decréscimo na diferença percentual nos intervalos das questões: 1-2, 4-5, 7-8, crescimento nas questões 2-3, 3-4, 5-6, 6-7 e constante na questão 9-10, o que representa a efetiva contribuição do elevador robodidático sob uma abordagem investigativa na aprendizagem dos alunos na disciplina de física.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

Como conclusão da análise quantitativa e qualitativa dos resultados obtidos da aplicação do produto educacional, proposto nesta pesquisa, mostramos que o emprego, na sala de aula, do Elevador Robodidático, e de sua metodologia modular, colaborou de forma significativa para o desenvolvimento da aprendizagem dos alunos do 3^o ano do ensino médio da escola estadual Aarão Lins de Andrade, os quais colaboraram ativamente nesta pesquisa, vivenciando através do produto educacional Elevador Robodidático e seus módulos (kit pedagógico) uma estratégia metodológica promissora na construção do conhecimento.

Nos módulos auxiliares experimentais (kit pedagógico) foi possível trabalhar o laboratório aberto de forma dinâmica. Os alunos demonstraram autonomia para resolver ocorrências referentes à investigação dos fenômenos experimentados. Percebeu-se que em cada interferência ocorrida durante a experimentação, os alunos se mostravam motivados em descobrir os “porquês” de forma contagiante.

A teoria ausubeliana³ se encaixou perfeitamente com a metodologia aplicada, uma vez que alguns conceitos já haviam sido vivenciados no 9^o ano do ensino fundamental de forma introdutória, como por exemplo: movimento, força, energia entre outros, que tornou possível observar que as ideias preexistentes acerca deles na estrutura cognitiva do aluno, interagiram com os novos conhecimentos que constituem a estrutura da disciplina. No entanto, após aplicação da avaliação diagnóstica pós-teste, notou-se através dos dados comparativos dos números de acertos por questões, que os alunos já estavam fazendo uma ligação clara entre os conceitos físicos teóricos com suas aplicações na vida cotidiana.

Baseado no índice da diferença percentual das avaliações diagnósticas indicado na **Tabela 8**, entende-se que a utilização dos módulos experimentais (kit pedagógico) em sala de aula faz deste instrumento um importante aliado na aprendizagem de conceitos físicos, pois sua aplicação auxilia o aluno na manipulação e observação dos fenômenos físicos relacionados com o produto educacional elevador didático.

Nas atitudes demonstradas no decorrer da aplicação das atividades experimentais os alunos demonstraram muito entusiasmo e curiosidades durante as aulas, isso os levou a construir suas hipóteses e argumentações pertinentes aos conteúdos abordados. Foi possível averiguar através de depoimentos no questionário qualitativo a motivação dos alunos em aprender a Física com experimentação

investigativa, bem como resolver situações-problemas propostas, configurando assim o laboratório aberto no nível 2.

O Elevador Robodidático está na sua segunda geração, com recursos diferentemente da primeira, onde o seu sistema de automação era com dispositivos analógicos e sua operação semiautomática, que envolviam muitas fiações que resultavam em instabilidade operacional e dificuldades de montagem e manutenção. Na versão atual, essas dificuldades foram reduzidas consideravelmente, sua estrutura agora é controlada por um software de automação, oferecendo maior flexibilidade e estabilidade operacionais. A primeira versão do Elevador Robodidático teve participação na mostra científica da II CONAPESC (Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências) na apresentação de trabalho na modalidade comunicação oral.

Durante a aplicação da proposta desta dissertação, surgiram ideias e possibilidades futuras, dentre as quais podemos destacar:

- Expandir os conceitos e aplicações dos módulos eletrônicos;
- Aperfeiçoar o manual de construção e aplicação do Elevador Robodidático e o manual de atividade experimental do aluno;
- Aplicar novos conceitos físicos no produto educacional;
- Personalizar o labVIEW para novas configurações operacionais;
- Promover oficinas para construção do Elevador Robodidático;
- Criar novas atividades experimentais, explorando outros ramos da Física;
- Inserir a obtenção de dados quantitativos (cálculo de cargas, corrente mínima, etc.);
- Cursar doutorado em Física;
- Desenvolver produtos educacionais para empreendimentos e aplicações em sala de aula.

REFERÊNCIAS

- 1 UNDIME. Expectativas de Aprendizagem de Física no Ensino Médio. In: _____. **Parâmetros Para a Educação Básica do Estado de Pernambuco**. 1. ed. Pernambuco, 2013. cap. 3, p. 32-37. Disponível em: <http://www.educacao.pe.gov.br/portal/upload/galeria/4171/fisica_parametros_em.pdf>. Acesso em: 31 dez. 2018.
- 2 BRASIL. **PCN+ ensino médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002, p. 1-3. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em: 25 dez. 2018.
- 3 MOREIRA, Marco Antônio. O que é afinal aprendizagem significativa. In: _____. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e textos complementares, 1 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2011, p. 13-14.
- 4 SANTOS, Eduardo Silva. **Análise da condutância quântica em nanocondutores metálicos**: um experimento simples para o ensino de física. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Física) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2019.
- 5 CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Introdução. In: _____. **Calor e temperatura: um ensino por investigação**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014, p.1-8.
- 6 _____. Laboratório Aberto. In: _____. **Calor e temperatura: um ensino por investigação**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014, p. 72.
- 7 _____. Laboratório Aberto. In: _____. **Calor e temperatura: um ensino por investigação**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014, p. 30-31.
- 8 UC. **PhET interactive simulations**. University of Colorado. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations>. Acesso em: 18 jan. 2019.
- 9 _____. O uso de Vídeos, Filmes e Simulações no Ensino por Investigação. In: _____. **Calor e temperatura: um ensino por investigação**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014, p. 113.
- 10 SOARES, R. Alexandre. **Balões e Eletricidade Estática**. University of Colorado, 2019. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balloons>. Acesso em: 18 jan. 2019.
- 11 _____. **Campo Elétrico dos Sonhos**. University of Colorado, 2019. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/efield>. Acesso em: 31 dez. 2018.

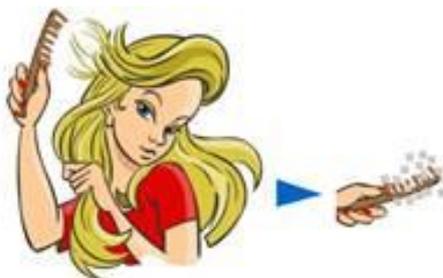
- 12 _____. **Hóquei no Campo Elétrico**. University of Colorado, 2019. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/electric-hockey>. Acesso em: 31 dez. 2018.
- 13 _____. **Kit de Construção de Circuito (AC+DC)**. University of Colorado, 2019. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac>. Acesso em: 31 dez. 2018.
- 14 _____. **Ímãs e Eletroímãs**. University of Colorado, 2019. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets>. Acesso em: 31 dez. 2018.
- 15 MURGI, Regiane Nunes Dronov. **Proposta De Sequência Didática Para O Ensino De Ondas: Uma Abordagem Teórico-Experimental**. Orientador: José Ezequiel de Souza. 2016. 212f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Pernambuco, Dourados, 2016.
- 16 HALLIDAY, D. et al. Cargas Elétricas. In: ____ **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v.3. p. 2-13.
- 17 _____. Campos Elétricos. In: ____ **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v.3. p. 2-13.
- 18 REZENDE, Sérgio M. Dispositivos Semicondutores: Diodos. In: ____ **Materiais e Dispositivos Eletrônicos**. 4. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015. p. 165.
- 19 USINAINFO. **Regulador de Tensão Ajustável LM2596 DC Step Down (Para Menos) com Display - Saída 1,25V a 37V**. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/reguladores-de-tensao/regulador-de-tensao-ajustavel-lm2596-dc-step-down-para-menos-com-display-saida-125v-a-37v-2553.html>>. Acesso em: 05 de março 2019.
- 20 USINAINFO. **Ímã de Neodímio N50 Super Forte 5mm X 2mm**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/diversos/ima-de-neodimio-n50-super-forte-5mmx2mm-kit-com-10-unidades-5011.html?search_query=ima+de+neodimio+&results=5>. Acesso em: 31 dez. 2018.
- 21 YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN; Roger A. Campo Magnético e Forças Magnéticas. In: ____ **Física III – Eletromagnetismo**. 14. ed. São Paulo. Pearson, 2016, p. 218-247.
- 22 NERY, Roberta Tamara da Costa. **Introdução ao Labview**. Universidade Federal do Pará, 2013. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/p/valerio.almeida/images/Introducao_Labview_2015.pdf>. Acesso em: 31 dez. 2018.
- 23 USINAINFO. **Driver Ponte H ou Motor de Passo - L298N**. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/drivers-para-motores/driver-ponte-h-ou-motor-de-passo-l298n-2302.html>>. Acesso em: 05 de março 2019.

- 24 USINAINFO. **Módulo Sensor de Efeito Hall.** Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/sensor-efeito-hall-arduino/modulo-sensor-de-efeito-hall-para-arduino-2633.html>>. Acesso em: 05 de março 2019.
- 25 REZENDE, Sérgio M. Materiais Semicondutores. In: _____. **Materiais e Dispositivos Eletrônicos.** 4. ed. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015. p. 132-133.
- 26 ROBOCORE. **Motor com Caixa de Redução 6V 320RPM.** Disponível em:<<https://www.robocore.net/loja/motores/motor-com-reducao-25ga370-6v320rpm>>. Acesso em: 31 dez. 2018.
- 27 YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN; Roger A. **Física III – Eletromagnetismo.** 14. ed. São Paulo. Pearson, 2016, p. 245-246.
- 28 HALLIDAY, D. et al. Movimento retilíneo. In: _____. **Fundamentos de Física.** 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v.1, p. 15-16.
- 29 HALLIDAY, D. et al. Força e Movimento - I. In: _____. **Fundamentos de Física.** 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v.1, p. 96-99.
- 30 GUIMARAES, Valdir. **Grandezas Físicas, Medidas, Algarismos Significativos e Incertezas,** 2019. Disponível em:<https://www.google.com.br/search?q=quilograma+padrao&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjw8jq8NvhAhWNHrkGHRFyBWUQ_AUIDigB&biw=1920&bih=963#imgc=YMDEj5ewNegHFM>. Acesso em: 19 de abr. 2019.
- 31 HALLIDAY, D. et al. Rotação. In: _____. **Fundamentos de Física.** 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v.1, p. 261-262.
- 32 HEWITT, P. G. Glossário. In: _____. **Física conceitual.** 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011, p. 716
- 33 HALLIDAY, D. et al. Energia Cinética e Trabalho. In: _____. **Fundamentos de Física.** 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v.1, p. 153-179.
- 34 HALLIDAY, D. et al. Energia Potencial e Conservação da Energia. In: _____. **Fundamentos de Física.** 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v.1, p. 181-187.

APÊNDICE A – AVALIAÇÕES DIAGNÓSTICAS PRÉ E PÓS-TESTES

 <p> SBF MNPEF SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA Mestrado Nacional em Ensino de Física - Pólo UFPE - CAA </p> <p>  UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO VIRTUS IMPAVIDA </p>	<h1>A</h1> <h2>tividade Diagnóstica</h2> <h3>Pré-teste</h3> <p>Data: _____/_____/_____</p> <p>Nº de Acertos: _____</p>
<p>ESCOLA AARÃO LINS DE ANDRADE</p> <p>Aluno: _____ Série: _____</p>	

01. (UNIUBE-MG) Uma aluna de cabelos compridos, num dia bastante seco, percebe que depois de penteá-los o pente utilizado atrai pedaços de papel. Isto ocorre porque



- (a) o pente se eletrizou por atrito.
- (b) os pedaços de papel estavam eletrizados.
- (c) o papel é um bom condutor elétrico.
- (d) há atração gravitacional entre o pente e os pedaços de papel.
- (e) o pente é um bom condutor elétrico.

02. De acordo com Coulomb, um par de partículas carregadas, posicionadas duas vezes mais próximas uma da outra, experimentarão uma força

- (a) duas vezes mais intensa.
- (b) quatro vezes mais intensa.
- (c) duas vezes menos intensa.
- (d) quatro vezes menos intensa.

03. (FUVEST-SP) Em um ponto do espaço:



- I. Uma carga elétrica não sofre ação da força elétrica se o campo nesse local for nulo.
- II. Pode existir campo elétrico sem que aí exista força elétrica.
- III. Sempre que houver uma carga elétrica, esta sofrerá ação da força elétrica.

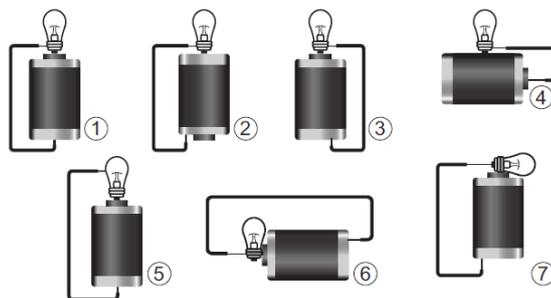
Use: C (certo) ou E (errado).

- (a) CCC (b) CEE (c) ECE (d) CCE (e) EEE

04. A diferença entre corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA) em circuitos elétricos é que na CC a carga flui

- (a) constantemente em um mesmo sentido.
- (b) em um sentido.
- (c) para frente e para trás.
- (d) todas as anteriores

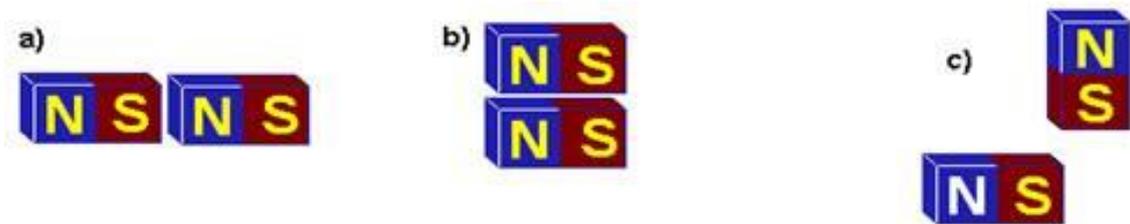
05. (ENEM – 2011) Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

- a) (1), (3), (6)
- b) (3), (4), (5)
- c) (1), (3), (5)
- d) (1), (3), (7)
- e) (1), (2), (5)

06. UFB) Pares de ímãs em forma de barra são dispostos conforme indicam as figuras a seguir:



A letra N indica o polo Norte e o S o polo Sul de cada uma das barras. Entre os ímãs de cada um dos pares anteriores (a), (b) e (c) ocorrerão, respectivamente, forças de:

- (a) atração, repulsão, repulsão;
- (b) atração, atração, repulsão;
- (c) atração, repulsão, atração;
- (d) repulsão, repulsão, atração;
- (e) repulsão, atração, atração.

07. (Física conceitual) Um elétron pode ser acelerado por

- (a) um campo elétrico.
- (b) um campo magnético.
- (c) ambas as anteriores.
- (d) nenhuma das anteriores.

08. (Física conceitual) Em nível atômico, o que significa dizer que algo está eletricamente carregado?

09. (CEFET-MG)

A bússola é um dispositivo composto por uma agulha imantada que pode girar livremente em torno de um eixo perpendicular a ela.



Sobre seu funcionamento, afirma-se:

- I- O polo sul magnético aponta para o norte geográfico terrestre.
- II- O polo norte magnético aponta para o sul de um ímã colocado próximo à bússola.
- III- A agulha sofre uma deflexão quando está próxima e paralela a um fio que conduz corrente elétrica.
- IV- A agulha, na ausência de campos magnéticos externos, orienta-se na direção leste-oeste terrestre.

São corretas apenas as afirmativas

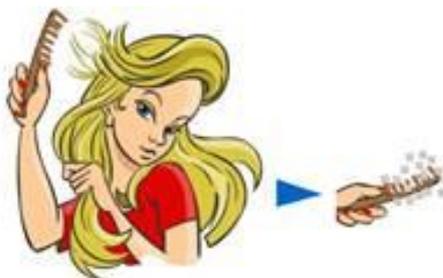
- (a) I e II (b) II e III (c) II e IV (d) III e IV

10. (Física conceitual) Uma força magnética pode ser exercida sobre um elétron mesmo quando ele

- (a) estiver em repouso.
- (b) se move paralelamente às linhas de campo magnético.
- (c) ambas as anteriores.
- (d) nenhuma das anteriores.

  UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	<h1>A</h1> tividade Diagnóstica <h2>Pós-teste</h2> Data: _____/_____/_____ Nº de Acertos: _____
ESCOLA AARÃO LINS DE ANDRADE Aluno: _____ Série: _____	

01. (UNIUBE-MG) Uma aluna de cabelos compridos, num dia bastante seco, percebe que depois de penteá-los o pente utilizado atrai pedaços de papel. Isto ocorre porque



- (a) o pente se eletrizou por atrito.
- (b) os pedaços de papel estavam eletrizados.
- (c) o papel é um bom condutor elétrico.
- (d) há atração gravitacional entre o pente e os pedaços de papel.
- (e) o pente é um bom condutor elétrico.

02. De acordo com Coulomb, um par de partículas carregadas, posicionadas duas vezes mais próximas uma da outra, experimentarão uma força

- (a) duas vezes mais intensa.
- (b) quatro vezes mais intensa.
- (c) duas vezes menos intensa.
- (d) quatro vezes menos intensa.

03. (FUVEST-SP) Em um ponto do espaço:



- I. Uma carga elétrica não sofre ação da força elétrica se o campo nesse local for nulo.
- II. Pode existir campo elétrico sem que aí exista força elétrica.
- III. Sempre que houver uma carga elétrica, esta sofrerá ação da força elétrica.

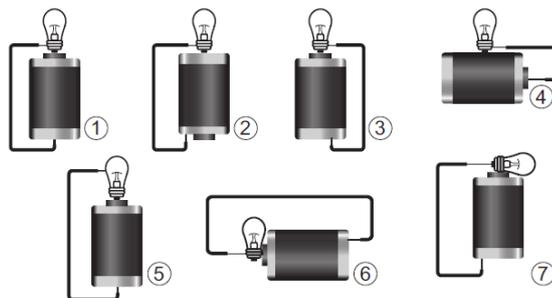
Use: C (certo) ou E (errado).

- (a) CCC (b) CEE (c) ECE (d) CCE (e) EEE

04. A diferença entre corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA) em circuitos elétricos é que na CC a carga flui

- (a) constantemente em um mesmo sentido.
 (b) em um sentido.
 (c) para frente e para trás.
 (d) todas as anteriores

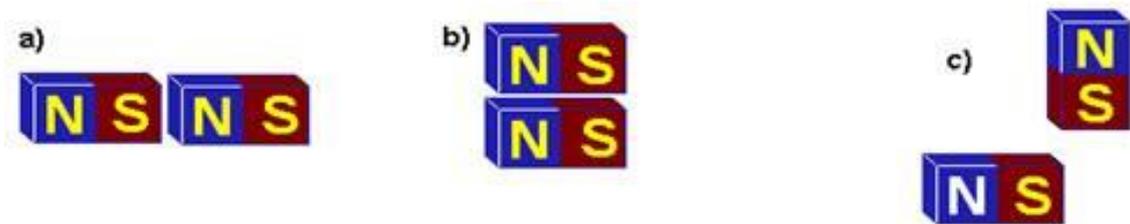
05. (ENEM – 2011) Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

- a) (1), (3), (6)
- b) (3), (4), (5)
- c) (1), (3), (5)
- d) (1), (3), (7)
- e) (1), (2), (5)

06. UFB) Pares de ímãs em forma de barra são dispostos conforme indicam as figuras a seguir:



A letra N indica o polo Norte e o S o polo Sul de cada uma das barras. Entre os ímãs de cada um dos pares anteriores (a), (b) e (c) ocorrerão, respectivamente, forças de:

- (a) atração, repulsão, repulsão;
- (b) atração, atração, repulsão;
- (c) atração, repulsão, atração;
- (d) repulsão, repulsão, atração;
- (e) repulsão, atração, atração.

07. (Física conceitual) Um elétron pode ser acelerado por

- (a) um campo elétrico.
- (b) um campo magnético.
- (c) ambas as anteriores.
- (d) nenhuma das anteriores.

08. (Física conceitual) Em nível atômico, o que significa dizer que algo está eletricamente carregado?

09. (CEFET-MG)

A bússola é um dispositivo composto por uma agulha imantada que pode girar livremente em torno de um eixo perpendicular a ela.



Sobre seu funcionamento, afirma-se:

- I- O polo sul magnético aponta para o norte geográfico terrestre.
- II- O polo norte magnético aponta para o sul de um ímã colocado próximo à bússola.
- III- A agulha sofre uma deflexão quando está próxima e paralela a um fio que conduz corrente elétrica.
- IV- A agulha, na ausência de campos magnéticos externos, orienta-se na direção leste-oeste terrestre.

São corretas apenas as afirmativas

- (a) I e II (b) II e III (c) II e IV (d) III e IV

10. (Física conceitual) Uma força magnética pode ser exercida sobre um elétron mesmo quando ele

- (a) estiver em repouso.
- (b) se move paralelamente às linhas de campo magnético.
- (c) ambas as anteriores.
- (d) nenhuma das anteriores.

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

AUTORIZAÇÃO PARA DIVULGAÇÃO DE IMAGEM PARA OS PAIS E RESPONSÁVEIS DOS ALUNOS DA ESCOLA AARÃO LINS DE ANDRADE

Eu, _____,
portador da carteira de identidade de n.º _____, autorizo ao professor Marcos Alves de Albuquerque professor da Escola Aarão Lins de Andrade, mestrando do programa: Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pólo Caruaru – PE., a utilizar _____ imagens _____ de _____ meu _____ filho (a) _____, do 3.º ano _____ da Escola Aarão Lins de Andrade.

Declaro estar ciente de que se trata de uma pesquisa sobre aplicações de aulas teórica e experimental de Física no Ensino Médio, que será realizada na Escola Aarão Lins de Andrade e que o material citado será divulgado apenas com fins científicos, na área de Física e ensino, não havendo identificação, nem exposição de conteúdos particulares que ofereçam riscos ou prejuízos ao (à) aluno (a).

Sendo informado(a) de que, a qualquer momento, poderei desistir da minha participação ou do meu filho (a) neste trabalho. O pesquisador em questão poderá ser encontrado na escola no turno matutino e vespertino, nos seguintes dias: segunda, quarta e sexta-feira para quaisquer esclarecimentos. Desde já, agradeço a sua colaboração.

Atenciosamente,

Marcos Alves de Albuquerque (orientando).

Prof. Dr. Luis H. Vilela Leão (orientador).

Gravatá – PE. _____ de novembro de 2018.

Declaro que li e entendi este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, tendo todas as minhas dúvidas esclarecidas, sendo assim, aceito tomar parte desta pesquisa.

Assinatura do pai e/ou responsável

Assinatura do Mestrando

APÊNDICE C - MANUAL DE CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DO ELEVADOR ROBOTIZADO

MANUAL DE CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DO ELEVADOR ROBOTIZADO



1 INTRODUÇÃO

É notório que os fenômenos eletromagnéticos estão inseridos no dia a dia das pessoas, por exemplo, através das telecomunicações (em uma chamada telefônica, em uma pesquisa na internet, no uso de um rádio, etc.), em exames de saúde (na ressonância magnéticas, nas ultrassonografias, etc.) na utilização de eletrodomésticos (no acionamento do motor de um liquidificador ou de uma batedeira, no carregamento de um celular, etc.). Entretanto, apesar da utilização prática dos fenômenos eletromagnéticos no dia a dia, os conceitos Físicos relacionados a estes fenômenos passam despercebidos a maioria dos alunos do ensino médio, ou seja, no ponto de vista de aprendizagem do aluno, há uma clara desconexão entre os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula com as suas aplicações. A disciplina responsável em apresentar os conceitos e ao mesmo tempo criar esta conexão é a Física. Isto é possível quando, a mesma, trabalha o conceito em parceria com a experimentação e aplicação. Partindo deste pressuposto, a construção de novas metodologias que possam atingir uma maior participação dos alunos no ensino da física torna-se relevante para aprendizagem.

Neste sentido, com o propósito de colaborar para compreensão dos conteúdos do eletromagnetismo no ensino da Física e em áreas afins, como por exemplo a robótica, foi desenvolvido o produto educacional “**Elevador Robodidático**”. O Elevador Robodidático é constituído de quatro módulos experimentais, os **módulos A, B e C** que são os módulos auxiliares e o **módulo D** que é o próprio **Elevador Robodidático**. O módulo auxiliar A está dividido em dois estágios: o estágio 1 que corresponde ao pêndulo eletrostático, neste estágio será aplicado atividades experimentais envolvendo a eletrostática (carga elétrica e mecanismos de eletrização), campo e força elétrica. Esses conceitos são identificados neste estágio através da observação das manifestações do efeito das cargas elétricas que interagem com o pêndulo. No estágio 2, temos um circuito elétrico constituído de fios condutores, bateria, terminais de conexões e lâmpada interligados na configuração série. Neste estágio é possível diagnosticar a causa e o efeito da corrente elétrica no circuito, como também mensurar a intensidade da corrente elétrica no circuito utilizando o amperímetro. No módulo auxiliar B, temos uma fonte de tensão ajustável através de um dispositivo (Trimpot) instalado no módulo regulador, com uma chave

de fenda de precisão este dispositivo deverá ser ajustar o regulador de tensão em 6,0 V e aplicar na alimentação do driver ponte H, enquanto que e na atividade proposta no módulo B do manual de atividade experimental do aluno (APÊNDICE D), esta fonte terá novos ajustes. O módulo auxiliar C constitui-se de dois estágios experimentais, o primeiro é um pêndulo eletromagnético, cuja finalidade é investigar experimentalmente, utilizando a regra da mão esquerda o sentido da força magnética em relação ao campo que atua no pêndulo (espira) percorrido por uma corrente elétrica, e discutir esta relação com o princípio de funcionamento de um motor elétrico. No segundo estágio, temos um motor elétrico, de forma que seus elementos integrantes (estator e rotor) possam ser identificados e manipulados. Neste estágio o professor, poderá criar simulações na estrutura mecânica do motor, removendo o estator, por exemplo, o motor funciona? O que acontece se variarmos a tensão elétrica, varia a velocidade do motor, de que forma? E com isto instigar os alunos a argumentação destas e outras ocorrências relacionadas ao funcionamento do motor. Está ideia fundamenta-se na tentativa de criar novas alternativas metodológicas para o professor em regência, de forma mais atraente e dinâmica. Neste texto, encontra-se o manual de instalação e construção dos aparatos experimentais, incluindo o Elevador Robodidático.

A aplicação do Elevador Robodidático tem como fundamento a teoria da aprendizagem por investigação, e aprendizagem significativa de David Ausubel, aplicando a experimentação e aplicação, como estratégias de ensino-aprendizagem na relação da teoria com a prática, motivando a curiosidade dos alunos. Neste texto programou-se um roteiro de montagem dos aparatos experimentais agregando conteúdos ao Elevador Robodidático.

A aplicação do Elevador Robodidático permite explorar conteúdo da eletricidade, eletromagnetismo e robótica e mecânica, tais como, corrente elétrica, tensão elétrica, campo elétrico, força elétrica, campo magnético, força magnética, elementos semicondutores, velocidade, deslocamento, trabalho e energia, módulos eletrônicos e mecânicos e software.

Dessa forma, espera-se contribuir com este manual, junto aos professores, como uma prática pedagógica que associe uma melhor compreensão teórica das leis e fenômenos físicos a suas aplicações.

2 PLANO DE APLICAÇÃO 1 - MÓDULO A – ESTÁGIO 1

2.1 Título da aula de Atividade Experimental 1

Percebendo campo e força elétrica através de um pêndulo eletrostático.

2.2 Objetivo Geral

Compreender fenômenos elétricos a partir da experimentação e discussão de procedimentos e questões propostas em atividades.

2.2.1 Objetivos Específicos

- ✓ Experimentar e discutir processos de eletrização;
- ✓ Estimular a percepção do aluno através da experimentação, identificando a existência de um campo elétrico e uma força elétrica;
- ✓ Diferenciar conceitos de campo e força elétrica.

2.3 Conteúdo a Serem Abordados

Carga elétrica, mecanismos de eletrização, Lei de Coulomb, campo e força elétrica sobre um corpo carregado.

2.4 Procedimentos Metodológicos

Os conteúdos relacionados a eletricidade e eletromagnetismo devem ser trabalhados por meios expositivos e experimentais, integrando teoria à prática. Com o foco no Elevador Robodidático, os objetivos dos aparatos A, B e C são investigados por experimentação de conceitos e teorias físicas relacionados ao funcionamento do elevador, viabilizando uma proposta a aprendizagem significativa por meio da transposição didática de situações teóricas abstratas para concretas. Este módulo sugere, quatro momentos metodológicos:

O primeiro momento, o professor aplica a avaliação diagnóstica (pré-teste) aos alunos, e na sequência: faz a apresentação do produto educacional **Elevador Robodidático**, e inicia as aulas expositivas utilizando o manual de atividade experimental (módulo A – ESTÁGIO 1) e o simulador virtual PhET como dispositivos didáticos.

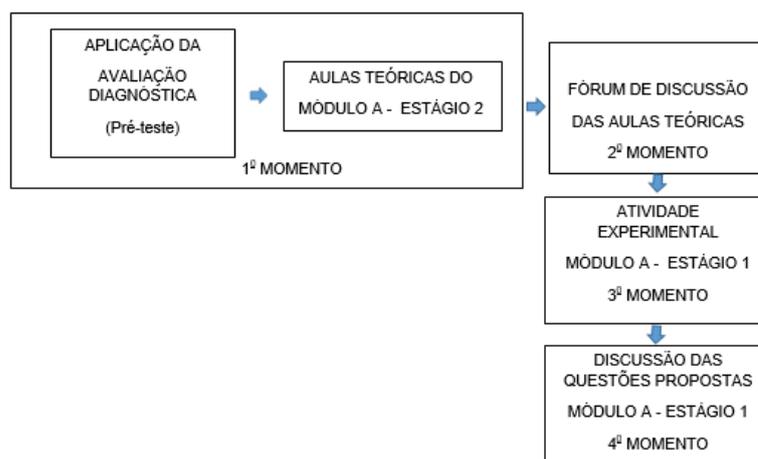
No segundo momento, será aberto um fórum de discussões relativo ao conteúdo da aula expositiva. Onde será socializado no grande grupo: questionamentos, levantamentos de hipóteses e argumentações.

O terceiro momento, consiste na investigação experimental dos conceitos abordados e discutidos nos dois primeiros momentos. Nesta proposta espera-se construir um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e produtivo familiarizando o aluno a articular conceitos e experimentações.

O quarto momento propõe aos alunos a discutir, refletir e argumentar os resultados das questões propostas para as experimentações no módulo. Desta forma, pretende-se conduzir o aluno a ser protagonista da sua aprendizagem. Vale salientar que, este momento é relevante para a aprendizagem significativa dos alunos, quando fará aplicações das teorias abordadas neste módulo no produto educacional elevador robodidático.

O Fluxograma abaixo sugere um plano de aplicação deste produto na sala de aula:

Figura 1 – Plano de aplicação do módulo A – ESTÁGIO 1 na sala de aula.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A metodologia da coleta de dados será baseada na discussão de resultados dos procedimentos e a integração dos alunos no processo de levantamento de hipóteses e propostas para a solução.

2.5 Recursos Utilizados

Datashow, simulador virtual PhET, aparato experimental (módulo A – Estágio 1), manual de atividade experimental.

2.6 Cronograma de Aplicação

Tabela 1 - Cronograma de aplicação de horas aula.

ENCONTRO – Módulo auxiliar (A – ESTÁGIO 1)			
MOMENTO	ATIVIDADE	DURAÇÃO	TOTAL DE HORAS
1	Aplicação da avaliação diagnóstica (PRÉ-TESTE) Apresentação do produto educacional “elevador robodidático”. Aula expositiva com manual de atividade experimental e simulador interativo PhET.	1 h 15 min	4 horas
2	Fórum de discussão dos conteúdos abordados na aula expositiva	30 min	
3	Experimentação e utilização do módulo auxiliar.	1 h 15 min	
4	Discussão dos resultados das questões propostas.	1 h	

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.7 Descrição e Montagem do Módulo A – Estágio 1

2.7.1 Componentes do Módulo A – Estágio 1

Lista de Verificação de Itens

Antes de começar a montagem do estágio, verifique se os itens da **tabela 2**, abaixo estão a sua disposição.

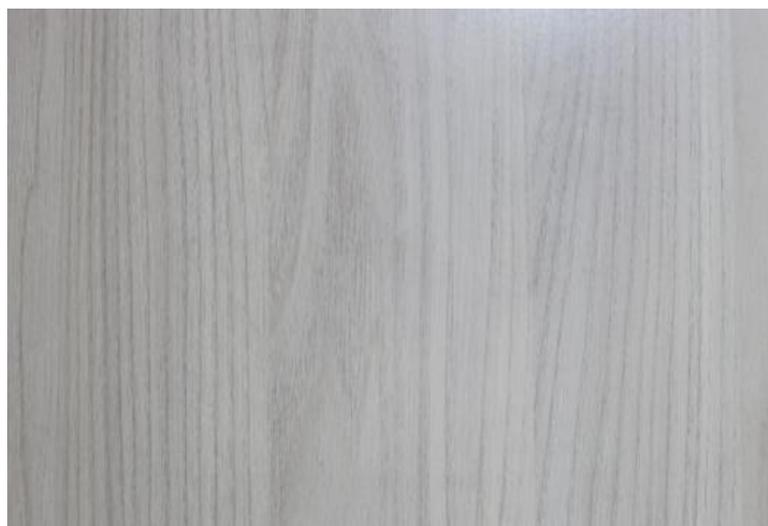
Tabela 2 – Lista de itens do módulo A – Estágio 1.

Quantidade	Itens
01	1. Base de suporte horizontal
01	2. Gabarito
01	3. Haste de sustentação vertical
05	4. Porca sextavada
02	5. Arruela
01	6. Porca borboleta
01	7. Fio de seda
01	8. Disco de papel alumínio
04	9. Guardanapo de papel
04	10. Canudinho de plástico

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.7.2 Descrição dos Componentes – Módulo A – ESTÁGIO 1

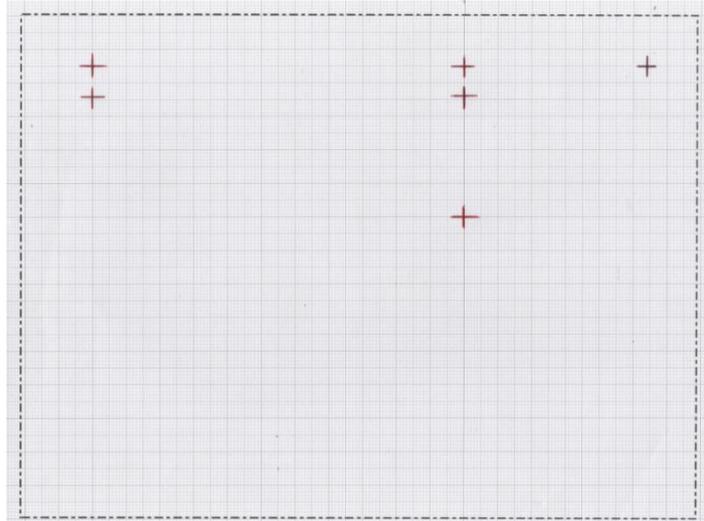
- Base de suporte horizontal em madeira MDF 15x30 cm. Sua finalidade é ancorar os componentes dos estágios 1 e 2.

Figura 2 - Base de suporte horizontal.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Gabarito: disponível em papel milimetrado A4 para impressão. Sua finalidade é demarcar o lugar que será perfurado na base de suporte horizontal, para a instalação de componentes.

Figura 3 – Gabarito para perfuração na base de suporte horizontal.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Haste de sustentação vertical de alumínio, material utilizado para fixação de telhas, em formato cilíndrico e suas dimensões $\frac{1}{4}$ x 300 mm com rosca em uma extremidade, sua finalidade é dar suporte ao pêndulo eletrostático.

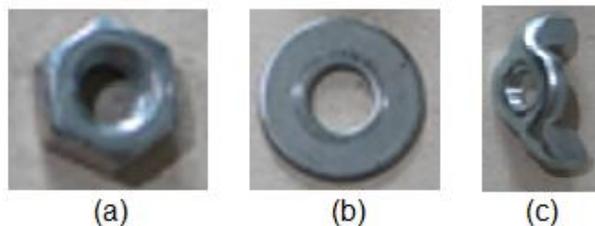
Figura 4 – Haste de alumínio.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Porca sextavada (**Figura 5a**) de $\frac{1}{4}$ " para fixação da haste de sustentação vertical.
- Arruela (**Figura 5b**) metálica de $\frac{1}{4}$ " utilizada para suporte da porca sextavada.
- Porca borboleta (**Figura 5c**) de $\frac{1}{4}$ " para fixação da haste de sustentação vertical e facilitar a montagem/desmontagem.

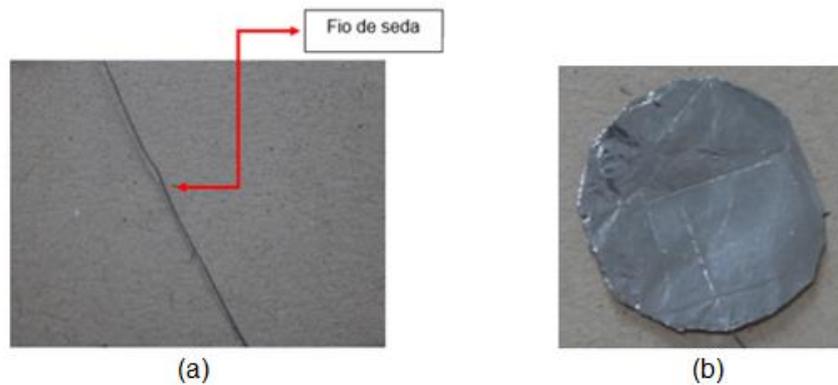
Figura 5 – (a) Porca sextavada. (b) arruela. (c) porca borboleta.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Fio de seda (**Figura 6a**) de comprimento de 10 cm, adquirido em malha de tecido, servindo de isolante eletrostático entre o disco de alumínio e a haste de sustentação vertical.
- Disco de papel alumínio (**Figura 6b**): esse item foi recortado de uma folha de protetor para fogão no formato de círculo com diâmetro de 2,5 cm. Sua função é ser eletrizado pelo canudinho de plástico.

Figura 6 – (a) Fio de seda. (b) Disco de papel alumínio.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Guardanapo de papel (**Figura 7a**) de 15x16,5 cm, podendo ser com outras dimensões de uso comercial. Sua funcionalidade é trocar cargas elétricas com o canudinho de plástico.
- Canudinho de plástico (**Figura 7b**) de uso comercial, dê preferência ao de maior volume, pois permite obter melhores resultados. Sua finalidade é trocar cargas elétricas com o guardanapo de papel.

Figura 7 – (a) Guardanapo de papel. (b) Canudinho de plástico.



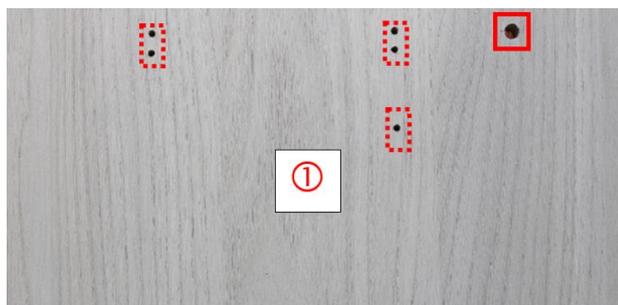
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.8 Montagem do Módulo A - Estágio 1

Em função da disponibilidade da lista de itens da **tabela 2** na seção 2.7.1 descrevemos os procedimentos de montagem do aparato do módulo A em dois estágios como mostrado na **Figura 23** de acordo as instruções numéricas indicadas.

① Na base de suporte horizontal as linhas pontilhadas demarcam orifícios com diâmetro de 3mm e a linha cheia demarca o orifício com diâmetro de 7mm. Como mostra na **Figura 8**.

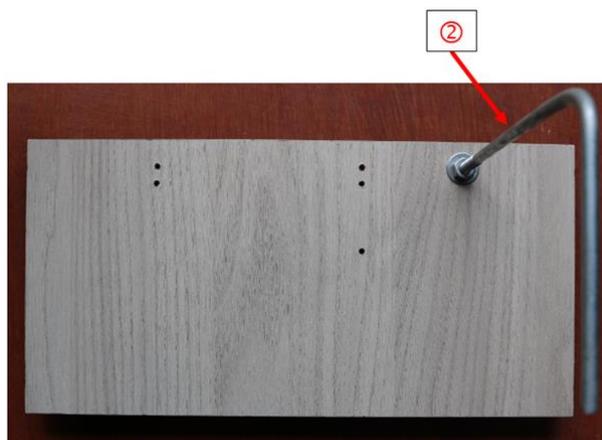
Figura 8 – Base de suporte horizontal.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

② Instalando a haste de sustentação do pêndulo eletrostático (**Figura 8**): introduzimos na rosca da haste de sustentação do pêndulo eletrostático a porca sextavada e a arruela, e instalamos pelo orifício de 7mm na base do suporte horizontal, no verso da base encaixamos a porca borboleta na rosca da haste e giramos até encostar na base e dar um leve aperto.

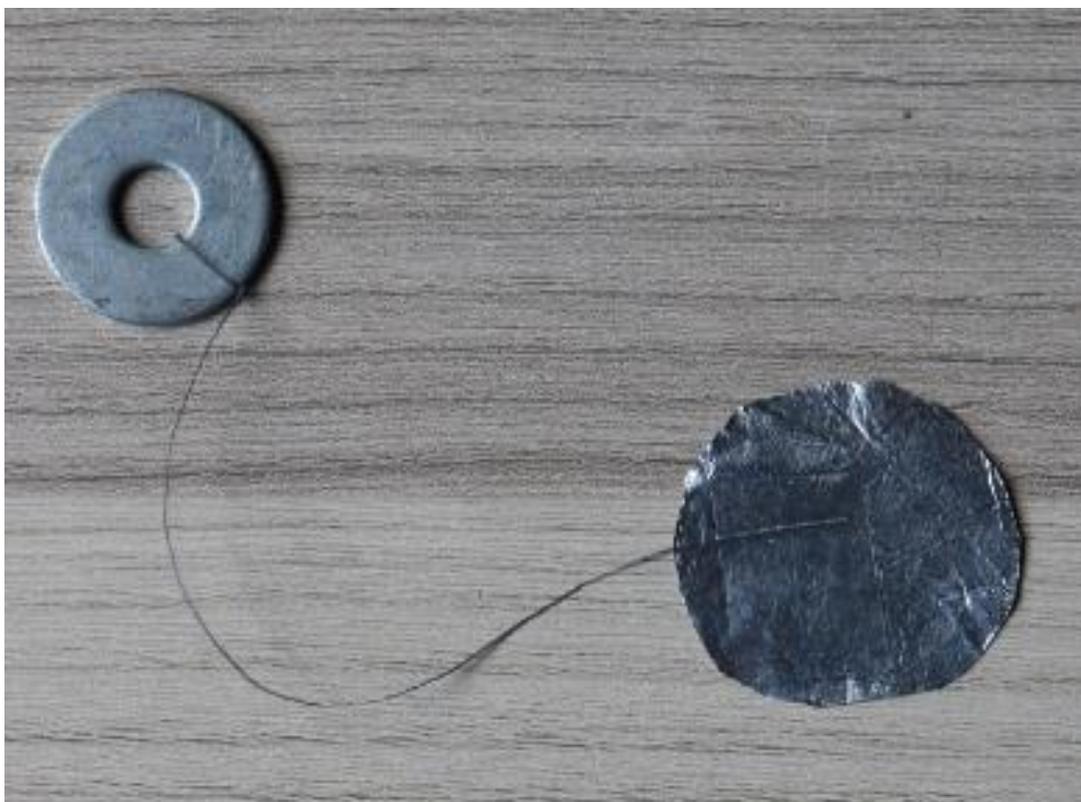
Figura 9 – Instalação da haste de sustentação do pêndulo eletrostático.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Construindo o pêndulo eletrostático: recorte o papel alumínio em formato de círculo utilizando, por exemplo, uma moeda de um real e com um pedaço de 0,5 cm de fita adesiva cole a extremidade do fio de seda e com a outra extremidade amarre na arruela conforme ilustrado na figura.

Figura 10 - Pêndulo eletrostático.

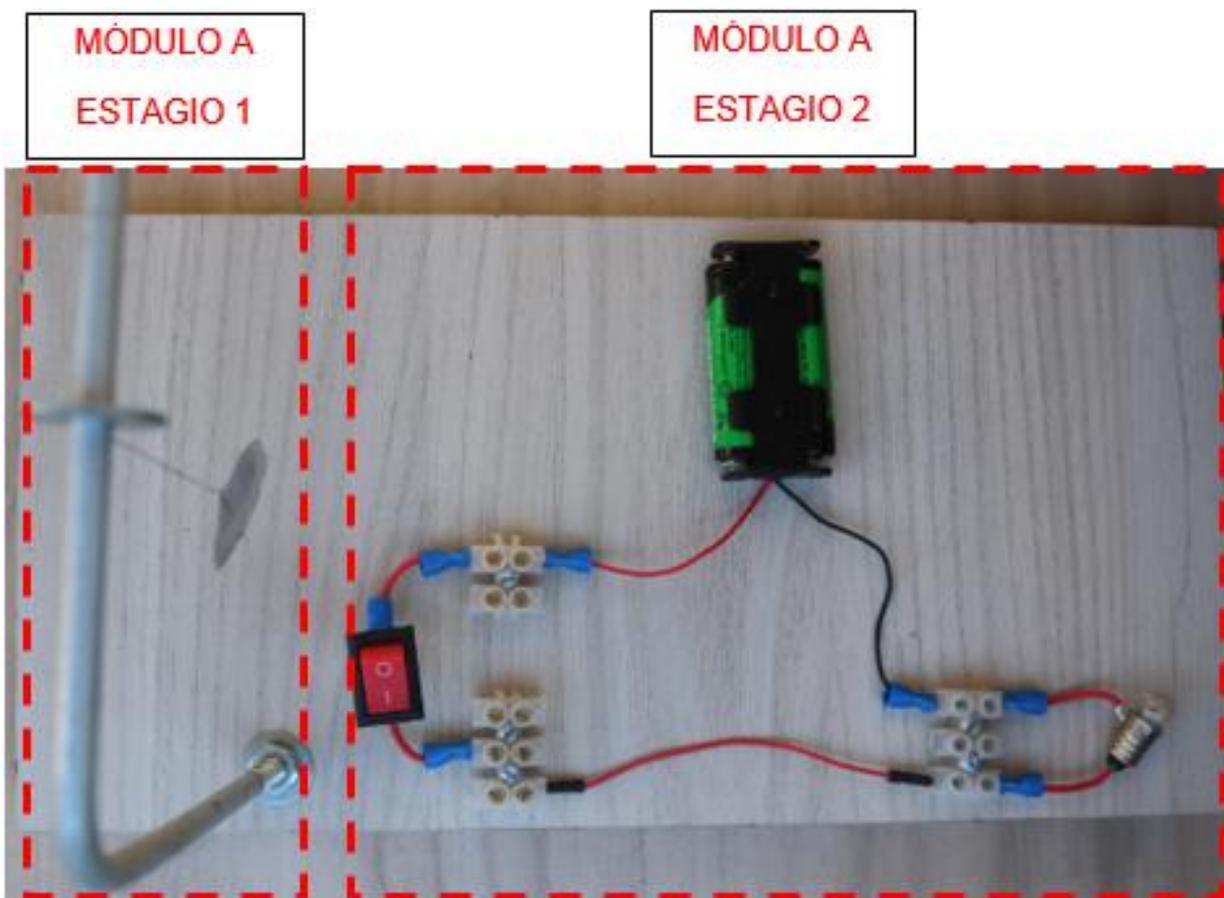


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.9 Demonstração do Fenômeno Físico

Após a conclusão da montagem do estágio 1 do aparato, inicia-se a observação e explicação do fenômeno envolvido. Para a demonstração utilizaremos o pêndulo eletrostático, como indica a **Figura 9**, o guardanapo e o canudinho. Os alunos efetuam a eletrização por atrito dos corpos (guardanapo e o canudinho) e logo em seguida aproxima o canudinho do disco supostamente neutro e observam o efeito ocorrido, a partir da observação instigue os alunos suas argumentações acerca dos fenômenos discutidos no módulo A parte 1. Neste contexto, os alunos podem evidenciar os conceitos e aplicações dos princípios da eletricidade no Elevador Robodidático.

Figura 11 – Módulo auxiliar A (estágio 1 e 2).



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2.10 Sugestão de Links

SOARES, R. Alexandre. **Balões e Eletricidade Estática**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balloons>. Acesso em: 18 jan. 2019.

SOARES, R. Alexandre. **Balões e Eletricidade Estática**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_pt_BR.html>. Acesso em: 18 jan. 2019.

SOARES, R. Alexandre. **Kit de Construção de Circuito (AC+DC)**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac>. Acesso em: 31 dez. 2018.

2.11 Sugestão de Questões do Módulo A - Estágio 1

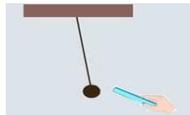
QUESTÃO 1. Quando você escova seu cabelo e arranca elétrons dele, a carga adquirida pelo cabelo é

(a) positiva. (b) negativa. (c) ambas as anteriores. (d) nenhuma das anteriores.

QUESTÃO 2. A matéria, em seu estado normal, não manifesta propriedades elétricas. No atual estágio de conhecimentos da estrutura atômica, isso nos permite concluir que a matéria:

- a) é constituída somente de nêutrons.
- b) possui maior número de nêutrons que de prótons.
- c) possui quantidades iguais de prótons e elétrons.
- d) é constituída somente de prótons.

QUESTÃO 3. Uma pequena esfera condutora está suspensa por um fio isolante. Um bastão de vidro é aproximado da esfera e verifica-se que ela é atraída.



São feitas as seguintes afirmações:

- I. O bastão e a esfera estão eletrizados com cargas de sinais opostos.
- II. O bastão está eletrizado, mas a esfera está neutra.
- III. O bastão está neutro, mas a esfera está eletrizada.

Pode estar correto o que se afirma em:

- a) I, somente. b) I e II, somente. c) I e III, somente. d) II e III, somente. e) I, II e III.

QUESTÃO 4. O que a lei do quadrado da distância lhe diz a respeito da relação entre a força e a distância?

3 PLANO DE APLICAÇÃO 2 – MÓDULO A – ESTÁGIO 2

3.1 Título da Aula de Atividade Experimental 2

Investigando causa, efeito e intensidade da corrente elétrica no circuito.

3.2 Objetivo Geral

Identificar causa, efeito e aplicação da corrente elétrica em circuitos

3.2.1 Objetivos específicos

- ✓ Compreender como se forma a corrente elétrica;
- ✓ Construir um circuito elétrico;
- ✓ Discutir diferentes configurações de um circuito elétrico simulado no módulo experimental;
- ✓ Medir corrente elétrica no circuito;
- ✓ Responder e socializar questões propostas na apostila.

3.3 Conteúdo a Serem Abordados:

Corrente elétrica, circuito elétrico, tensão elétrica e lâmpada.

3.4 Procedimentos Metodológicos

O primeiro momento, inicia as aulas expositivas utilizando o manual de atividade experimental (módulo A – ESTÁGIO 2) e o simulador virtual PhET como dispositivos didáticos.

No segundo momento, será aberto um fórum de discussões relativo ao conteúdo da aula expositiva. Onde será socializado no grande grupo: questionamentos, levantamentos de hipóteses e argumentações.

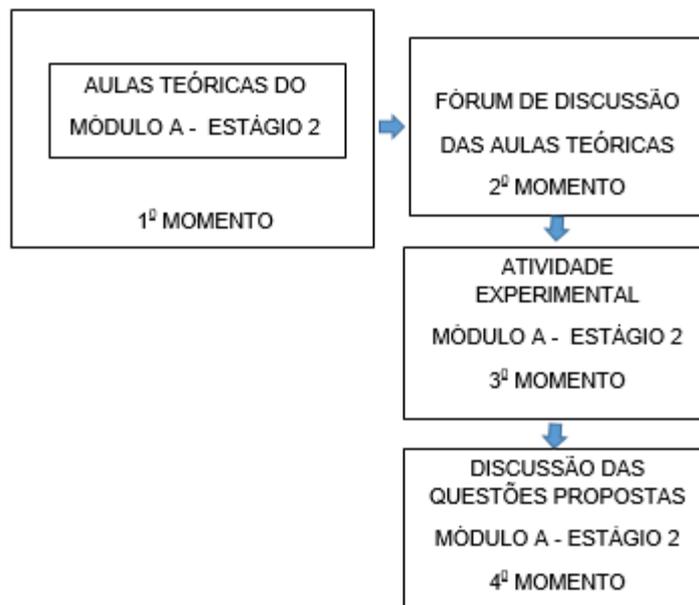
O terceiro momento, consiste na investigação experimental dos conceitos abordados e discutidos nos dois primeiros momentos. Nesta proposta espera-se

construir um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e produtivo familiarizando o aluno a articular conceitos e experimentações.

O quarto momento propõe aos alunos a discutir, refletir e argumentar os resultados das questões propostas para as experimentações no módulo. Desta forma, pretende-se conduzir o aluno a ser protagonista da sua aprendizagem. Vale salientar que, este momento é relevante para a aprendizagem significativa dos alunos, quando fará aplicações das teorias abordadas neste módulo no produto educacional elevador robobodidático.

O Fluxograma abaixo sugere um plano de aplicação deste produto na sala de aula:

Figura 12 – Plano de aplicação do módulo A – ESTÁGIO 2 na sala de aula



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

3.5 Recursos Utilizados

Datashow, simulador virtual PhET, aparato experimental, apostila do módulo A – estágio 2.

3.6 Cronograma de Aplicação

Tabela 3 - Cronograma de aplicação de horas aula.

2º ENCONTRO			
MOMENTO	ATIVIDADE	DURAÇÃO	TOTAL DE HORAS
1	Aula expositiva com manual de atividade experimental e simulador interativo PhET.	1 h 15 min	4 horas
2	Fórum de discussão dos conteúdos abordados na aula expositiva	30 min	
3	Experimentação e utilização do módulo auxiliar.	1 h 15 min	
4	Discussão dos resultados das questões propostas.	1 h	

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

3.7 Descrição e Montagem do Módulo A – Estágio 2

3.7.1 Componentes do Módulo A - Estágio 2

Lista de Verificação de Itens

Antes de começar a montagem do estágio, verifique se os itens da **tabela 4** abaixo estão a sua disposição.

Tabela 4 - Lista de itens do módulo A – Estágio 2.

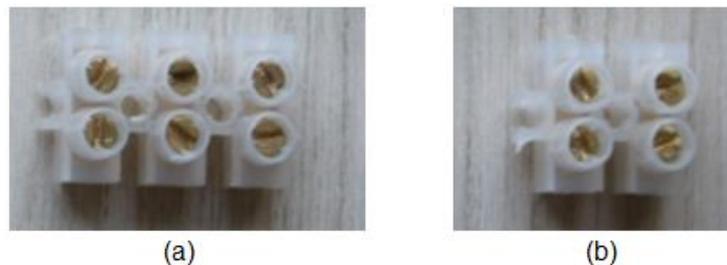
Quantidade	Itens
03	01. Barramento de conectores
05	02. Parafusos de cabeça redonda
05	03. Porca sextavada
01	04. Suporte com pilha
02	05. Terminal pré-isolado tipo pino
01	06. Fita dupla face
01	07. Interruptor liga/desliga tipo gangorra
02	08. Terminal de encaixe universal fêmea
01	09. Jumpers para protoboard
01	10. Lâmpada de filamento
04	11. Tampa de garrafa pet
02	12. Etiquetas

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

3.7.2 Descrição dos componentes - MÓDULO A - ESTÁGIO 2

- Barramento de conectores de 6mm², este dispositivo serve para emendas de fio. Utilizamos dois tipos, o primeiro **Figura 13a** com três bornes e o outro com dois **Figura 13b**, cada borne corresponde a um terminal de emenda em cobre possuindo dois parafusos para fixação dos fios condutores, a opção por 6mm²adequa-se ao parafuso.

Figura 13 – Barramento de conectores.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Parafuso de cabeça redonda de 1/8"x3cm. Utilizado na fixação dos barramentos dos conectores de 6mm.

Figura 14 - Parafuso de cabeça redonda.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Porca sextavada de 1/8"para o encaixe no parafuso.

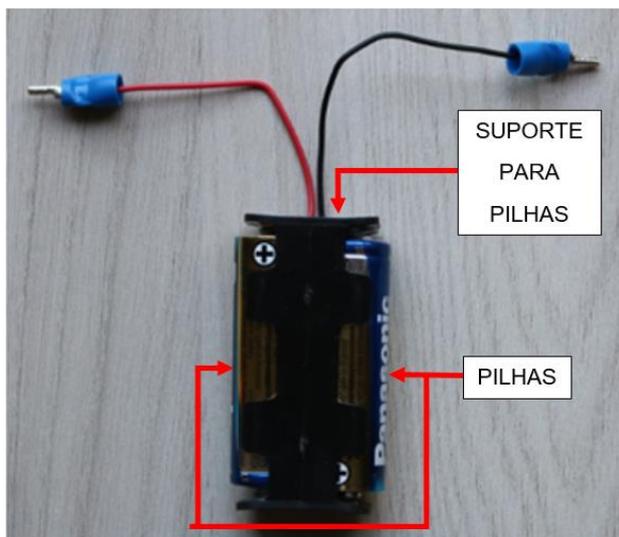
Figura 15 - Porca sextavada.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Suporte com pilha AA - 1,5V, sua finalidade é fornecer tensão elétrica ao circuito.

Figura 16 - Suporte com pilhas.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Terminal pré-isolado tipo pino: esse item faz os terminais condutores de cobre (fio), garantindo melhor condutividade elétrica e resistência. A especificação técnica do terminal permite a aplicação em fio de 1,5 a 2,5mm².

Figura 17 - Terminal pré-isolado tipo pino.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Fita dupla face

Figura 18 – Fita dupla face.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Interruptor liga/desliga tipo gangorra 6A/250V com terminal de encaixe universal fêmea e pré-isolado tipo pino pino, controla fluxo de corrente elétrica no circuito.

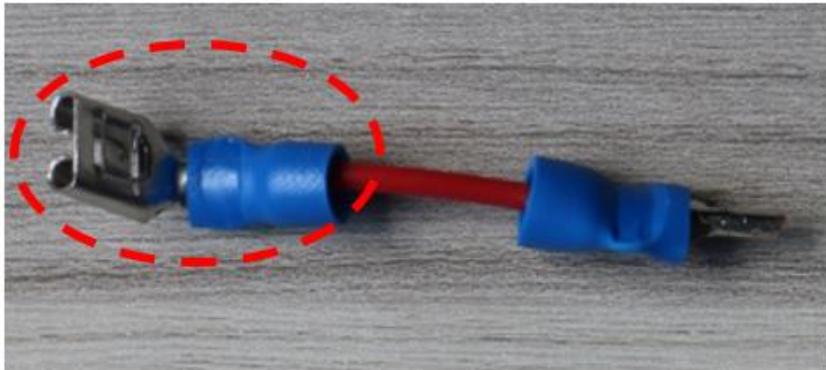
Figura 19 - Interruptor liga/desliga tipo gangorra.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Terminal de encaixe universal fêmea

Figura 20 - Terminal de encaixe universal fêmea.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Jumper para protoboard com terminal tipo macho-macho, com 10 cm de comprimento, fio metálico isolado por um material não condutivo, sua função é desviar, ligar ou desligar o fluxo de corrente elétrica.

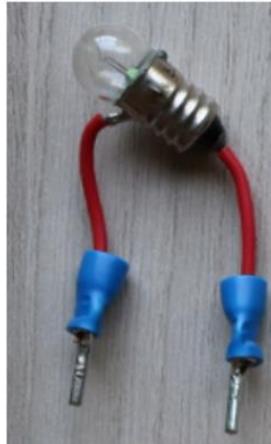
Figura 21 - Jumper para protoboard com terminal tipo macho-macho.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Lâmpada de filamento de 3,8 V x 0,3 A, sua finalidade é monitorar a passagem da corrente elétrica no circuito.

Figura 22 - Lâmpada de filamento.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Tampa de garrafa pet de uso comercial, sua finalidade é fornecer os pés da base do suporte horizontal.

Figura 23 - Tampa de garrafa pet.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Etiquetas complementar da identificação dos estágios da base do suporte horizontal.

Figura 24 – Etiquetas de identificação.

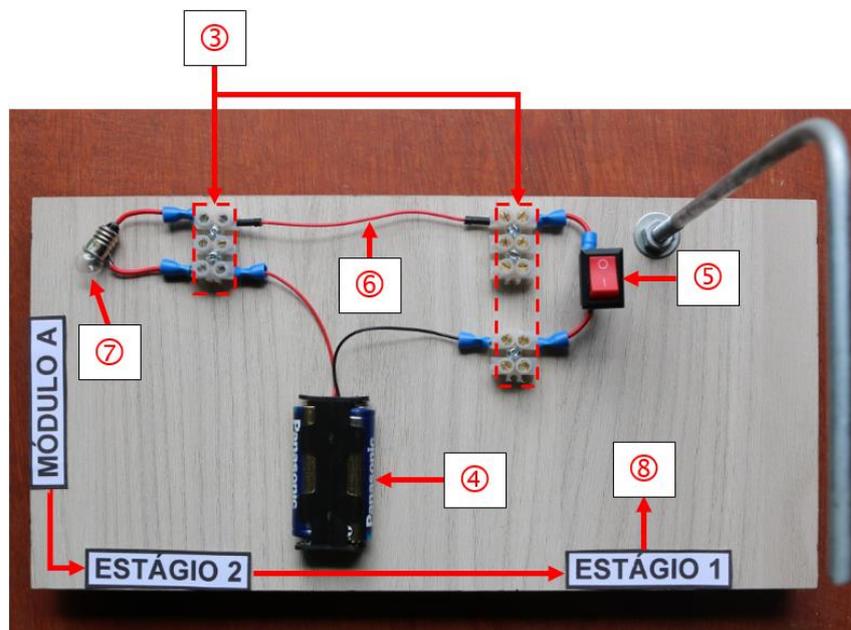


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

3.8 Montagem do Módulo A - Estágio 2

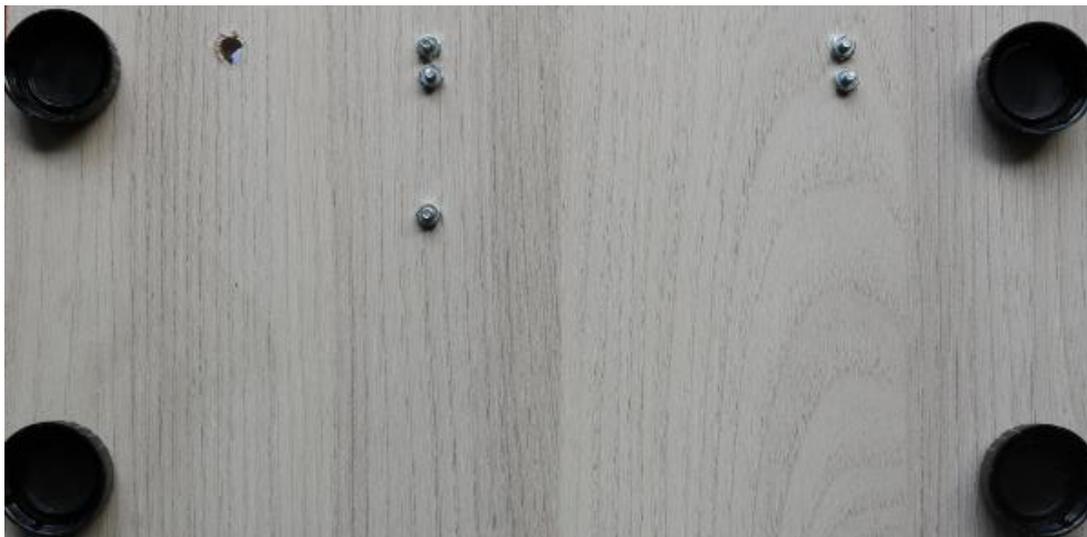
- ③ Nos barramentos de conectores, antes de parafusá-los reabra com uma chave de fenda de 1/8" o orifício onde os parafusos de cabeça redonda irão passar, no verso da base do suporte horizontal utilize as porcas sextavadas para prender os parafusos.
- ④ Corte um pedaço de fita dupla face e cole na superfície do suporte de pilha, verifique se os fios do suporte alcançam os bornes dos conectores conforme indicado na **Figura 25**, após a verificação cole o suporte de pilha na base do suporte horizontal.
- ⑤ Com a chave de fenda folgue os parafusos dos bornes nos conectores e introduza os terminais pré-isolado tipo pino da chave liga/desliga indicada na **Figura 25**, e em seguida aperte os parafusos dos bornes até imobilizar os terminais.
- ⑥ Instale o jumper para protoboard nos bornes do barramento, conforme mostra a **Figura 25** mantendo os pinos das extremidades imobilizados.
- ⑦ Folgue os parafusos dos bornes dos conectores e insira os terminais pré-isolados da lâmpada nos bornes, aperte o parafuso em seguida até os terminais ficarem imobilizados.
- ⑧ Imprima as etiquetas, e cole na base do suporte horizontal.
- ⑨ Agora, confira o verso desta montagem, conforme ilustra a **Figura 26**. E finalmente concluímos esta montagem.

Figura 25 – montagem do módulo A – Estágio 1 e 2.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 26 – Verso da montagem do módulo A.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Etiquetas complementar da identificação dos estágios da base do suporte horizontal.

Figura 27 – Etiquetas de identificação.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

3.9 Demonstração do Fenômeno Físico

Após a conclusão da montagem do estágio 2 do aparato, inicia-se a observação e explicação do fenômeno envolvido. Para a demonstração utilizaremos o circuito elétrico composto de lâmpada, fios, chave liga/desliga, fonte de energia e conectores. Os alunos são desafiados a identificar estes elementos, reproduzir a montagem e identificar possíveis erros no circuito, em função da causa e efeito da corrente elétrica sobre a lâmpada. A partir da experimentação e aplicação dos conceitos abordados, instigue os alunos a analisar e interpretar o funcionamento fundamentados nos conhecimentos adquirido anteriormente. Neste contexto, os alunos podem evidenciar os conceitos e aplicações dos princípios da formação da corrente elétrica, sendo pré-requisitos a compreensão do funcionamento no Elevador Robodidático.

3.10 Sugestão de Links

SOARES, R. Alexandre. **Ímãs e Eletroímãs**. Disponível em:<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/battery-resistor-circuit>. Acesso em: 21 jan. 2018.

SOARES, R. Alexandre. **Ímãs e Eletroímãs**. Disponível em:<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/battery-resistor-circuit>. Acesso em: 21 jan. 2018.

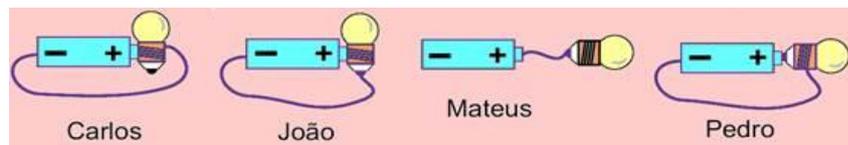
SOARES, R. Alexandre. **Ímãs e Eletroímãs**. Disponível em:<https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_pt_BR.html>. Acesso em: 21 jan. 2019.

3.11 Sugestão de Questões do Módulo A - Estágio 2

QUESTÃO 01. Quando você compra um cano hidráulico em uma loja de ferragem, a água não está incluída. Quando você compra um fio de cobre, os elétrons

- (a) devem ser providenciados por você.
- (b) estão incluídos com o fio.
- (c) podem escapar; daí se usar o isolamento.
- (d) nenhuma das alternativas anteriores.

QUESTÃO 2. Um professor pediu a seus alunos que ligassem uma lâmpada a uma pilha com um pedaço de fio de cobre. Nestas figuras, estão representadas as montagens feitas por quatro estudantes:

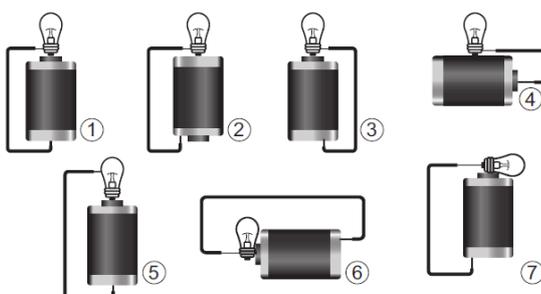


Considerando-se essas quatro ligações, é CORRETO afirmar que a lâmpada vai acender apenas

- a) na montagem de Mateus.
- b) na montagem de Pedro.
- c) nas montagens de João e Pedro.
- d) nas montagens de Carlos, João e Pedro.

QUESTÃO 3. O que acontece ao brilho da luz emitida pelo filamento de uma lâmpada se aumentar a corrente que flui por ele?

QUESTÃO 4. (ENEM – 2011) Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



GONÇALVES FILHO, A.; BAROLLI, E. Instalação Elétrica: investigando e aprendendo.
São Paulo: Scipione, 1997 (adaptado).

Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

- a) (1), (3), (6) b) (3), (4), (5) c) (1), (3), (5) d) (1), (3), (7) e) (1), (2), (5)

4 PLANO DE APLICAÇÃO 3 – MÓDULO B

4.1 Título da Aula de Atividade Experimental 3

Fonte de tensão contínua ajustável.

4.2 Objetivo Geral

Interpretar os estágios da construção da fonte de tensão contínua ajustável.

4.2.1 Objetivos Específicos

- ✓ Diferenciar tensão elétrica alternada (CA) da contínua (CC)
- ✓ Reconhecer estágios de uma fonte de tensão contínua
- ✓ Ajustar fonte de tensão contínua regulável

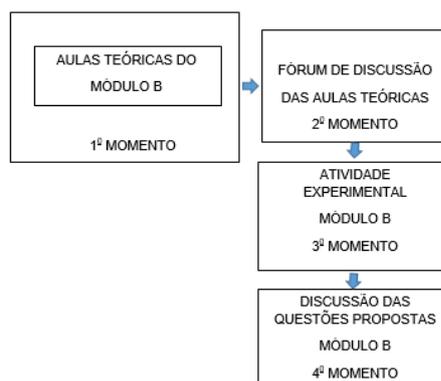
4.3 Conteúdo a Serem Abordados:

Formas de onda de corrente alternada e contínua, leitura e interpretação em diagrama de blocos de um circuito eletrônico, transformador, ponte de diodo, capacitor, módulo de tensão ajustável.

4.4 Procedimentos Metodológicos

A prática metodológica proposta neste módulo, consiste nos mesmo descritos na seção 3.4.

Figura 28 – Plano de aplicação do módulo B na sala de aula.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

4.5 Recursos Utilizados

Datashow, simulador virtual PhET, aparato experimental, apostila do módulo B.

4.6 Cronograma de Aplicação

Tabela 5 - Cronograma de aplicação de horas aula.

3º ENCONTRO			
MOMENTO	ATIVIDADE	DURAÇÃO	TOTAL DE HORAS
1	Aula expositiva com manual de atividade experimental e simulador interativo PhET.	1 h 15 min	4 horas
2	Fórum de discussão dos conteúdos abordados na aula expositiva	30 min	
3	Experimentação e utilização do módulo auxiliar.	1 h 15 min	
4	Discussão dos resultados das questões propostas.	1 h	

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

4.7 Descrição e Montagem do Módulo B

4.7.1 Componentes do Módulo B

Lista de Verificação de Itens

Antes de começar a montagem do módulo, verifique se os itens da tabela 5 abaixo estão a sua disposição.

Tabela 6 - Lista de itens do módulo B.

Quantidade	Itens
01	01. Base de suporte horizontal
02	02. Barramento de conectores
04	03. Porca sextavada
01	04. Transformador
04	05. Parafusos de cabeça redonda
02	06. Porca borboleta
01	07. Protoboard
04	08. Ponte de diodo
01	09. Capacitor

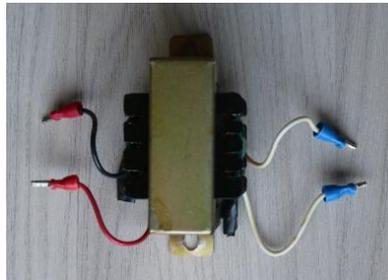
06	10. Jumper para protoboard conector macho-macho
01	11. Pulsador pushbutton
01	12. Regulador de tensão ajustável
04	13. Tampas de garrafa pet
01	14. Etiqueta
01	15. Extensão elétrica
02	16. Resistores

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

4.7.2 Descrição dos componentes do módulo B

- Base de suporte horizontal em madeira MDF 15x30 cm.
- Barramento de conectores: 6mm² de três bornes.
- Porca borboleta (**Figura 30b**) de 3/16" para encaixar o parafuso da base transformador na base do suporte horizontal
- Transformador abaixador de tensão de 220 V_{ca} (primário) para 18 V_{ca} x 1 A (secundário).

Figura 29 – Transformador abaixador de tensão elétrica.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Parafusos de cabeça redonda 3/16" x 7/16 (**Figura 30a**). Sua finalidade é fixar a base do transformador na base do suporte horizontal.
- Porca borboleta sextavada (**Figura 30b**) de 3/16" para fixar a haste metálica na base do suporte horizontal.

Figura 30 - parafuso – porca borboleta.



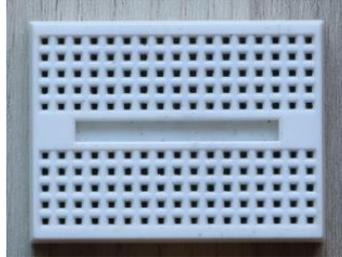
(a)

(b)

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Protoboard 170 pontos é uma placa com furos e conexões condutoras para montagem de circuitos elétricos, uma vez que não necessitam de soldagem nos contatos.

Figura 31 – Protoboard.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Ponte retificadora W08M 1,5 A x 800 V, são quatro diodos retificadores em uma única cápsula que converte a tensão elétrica alternada do secundário do transformador em tensão contínua oscilante.

Figura 32 - Ponte retificadora de diodo.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Capacitor eletrolítico de 2200 μ F x 50V, controla o nível de oscilação da tensão contínua.

Figura 33 - Capacitor eletrolítico.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Jumper para protoboard conector pino-pino de comprimento de 10 cm.

- Pulsador pushbutton é um botão/pulsador utilizado para acionar ao ser pressionado um pulso de corrente nas hastes metálicas do módulo C estágio 1.

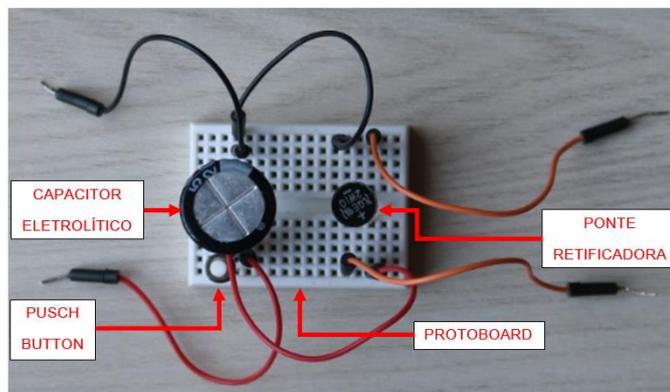
Figura 34 – Pushbutton.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Módulo de circuito elétrico com ponte retificadora de diodos e capacitor com saída de tensão contínua de 26 V e 1 A, esse item é parte integrante do módulo. Sua finalidade é converter corrente alternada (CA) em contínua (CC)

Figura 35 – Módulo de circuito elétrico com ponte retificadora de diodos e capacitor.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Regulador de tensão ajustável LM2598 DC Step Down (para menos) com display. Especificações: tensão de entrada 4 V a 40 V, tensão de saída ajustável 1,25 V a 37 V, corrente nominal 2 A com trimpot para ajuste da tensão de saída.

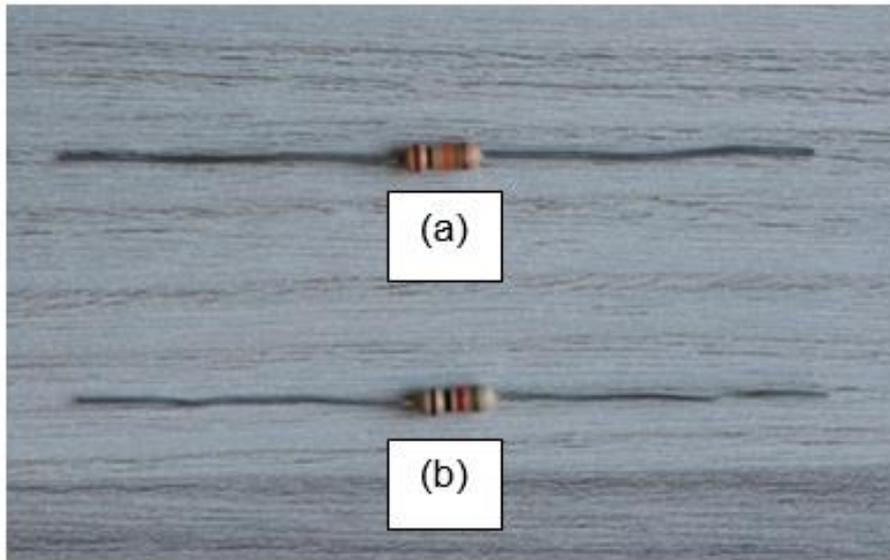
Figura 36 - Regulador de tensão ajustável LM2598 DC Step Down.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Extensão elétrica de 60 cm de cabo flexível de 1,5 mm² nas cores azul e vermelho com um plugue macho 2P+T e dois terminais pré-isolados tipo pino como indicado na **Figura 40**.
- Resistores de carbono de 10K Ω x 1/8 W e 1K Ω x 1/8 W. Estes itens serão utilizados para investigação da questão 3 da sugestão de atividades.

Figura 37 – (a) Resistor de 10 K Ω . (b) resistor de 1K Ω .



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Etiquetas

Figura 38 – Etiquetas de identificação.

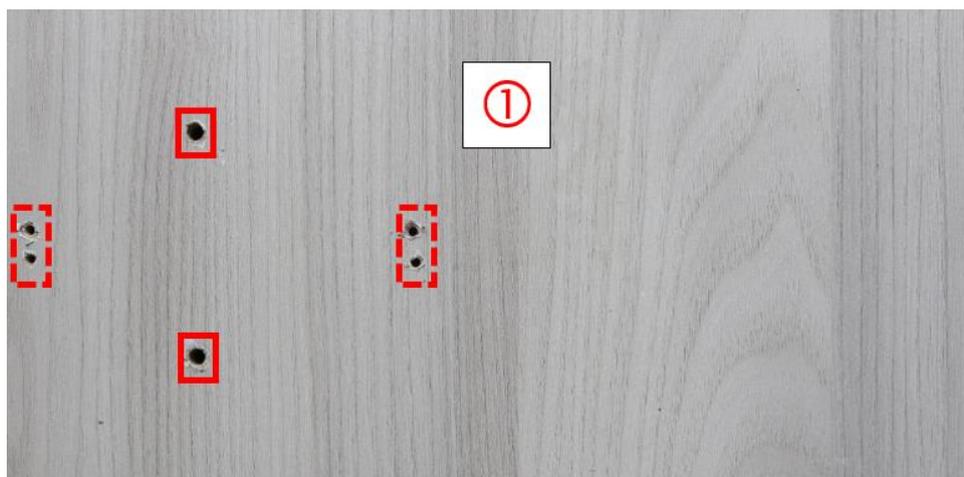


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

4.8 Montagem do Módulo B

- ① Na base do suporte horizontal as linhas pontilhadas demarcam orifícios com diâmetro de 3mm e a linha cheia demarca o orifício com diâmetro de 5 mm. Como indica a **Figura 39**

Figura 39 – Base de suporte horizontal.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- ② Nos barramentos de conectores, antes de parafusá-los reabra com uma chave de fenda de 1/8" o orifício onde os parafusos de cabeça redonda irão passar, no verso da base do suporte horizontal utilize as porcas sextavadas para prender os parafusos.
- ③ Parafuse a base do transformador, e encaixe a porca sextavada no parafuso no verso da base do suporte horizontal. **ATENÇÃO!** No transformador identifique o primário e o secundário, geralmente existem etiquetas informando, lembrando que o primário é conectado no barramento ligado ao cabo da rede elétrica (220 V_{CA}), caso você inverta, esta configuração o transformado será danificado.
- ④ Esse item é um circuito eletrônico instalado sobre a protoboard fixado com fita dupla face na base do suporte horizontal, sendo composto de uma ponte retificadora onde identificamos duas entradas alternadas (~,~) conectadas através de jumper(fios)ao secundário do transformador e duas saídas (+, -) conectadas por jumper aos terminais (+, -) do capacitor eletrolítico, **CUIDADO** para não invertê-los!. No terminal positivo (+) do capacitor eletrolítico conectamos um jumper para a entrada (IN+) do módulo regulador de tensão ajustável, e do terminal negativo (-) outro jumper para a entrada (IN-) do regulador indicado na **Figura 40**, novamente devemos ter outro **CUIDADO** para não inverter as polaridades ou entradas e saídas do módulo regulador de tensão, observe as identificações de polaridades ou entradas e saídas impressa no corpo do dispositivo. Temos ainda um PUSH BUTTON com um terminal conectado ao terminal (+) do capacitor, enquanto o outro é disponível para pulsar quando pressionado e conectado via jumper com garras tipo "jacaré", uma corrente elétrica nas hastes metálicas do módulo, este recurso só será utilizado no módulo C.

⑤ Neste estágio, temos o módulo regulador de tensão ajustável fixado por fita dupla face na base do suporte horizontal, as saídas (OUT+) e (OUT-) fornece via jumper (convencionando) a tensão elétrica (+) vermelho e (-) preto. Este aparato será ajustado e aplicado ao driver do motor elétrico do Elevador Robodidático como mostra a **Figura 40**, e futuras instalações.

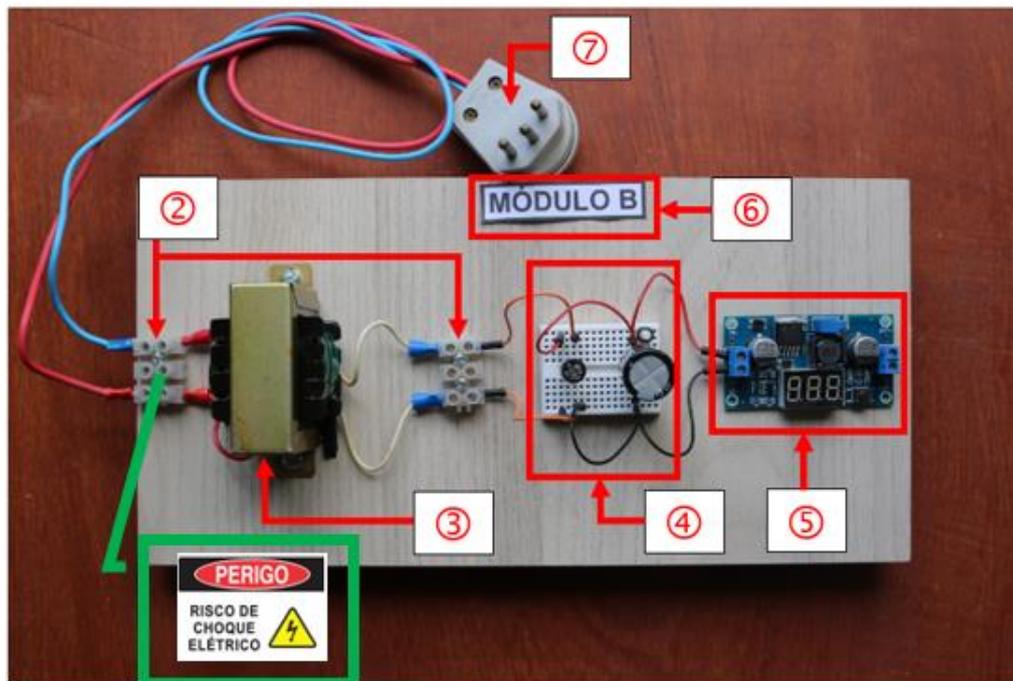
⑥ Impressão, recorte e colagem das etiquetas de identificação na base do suporte horizontal.

⑦ Corte dois pedaços de 60 cm de cabo flexível de 1,5 mm², identifique e convencie o azul (NEUTRO) o vermelho (FASE), utilize terminal pré-isolado tipo pino nas cores correspondentes aos cabos, na outra extremidade instale a o plugue macho 2p + T, conforme ilustra a **Figura 40**.



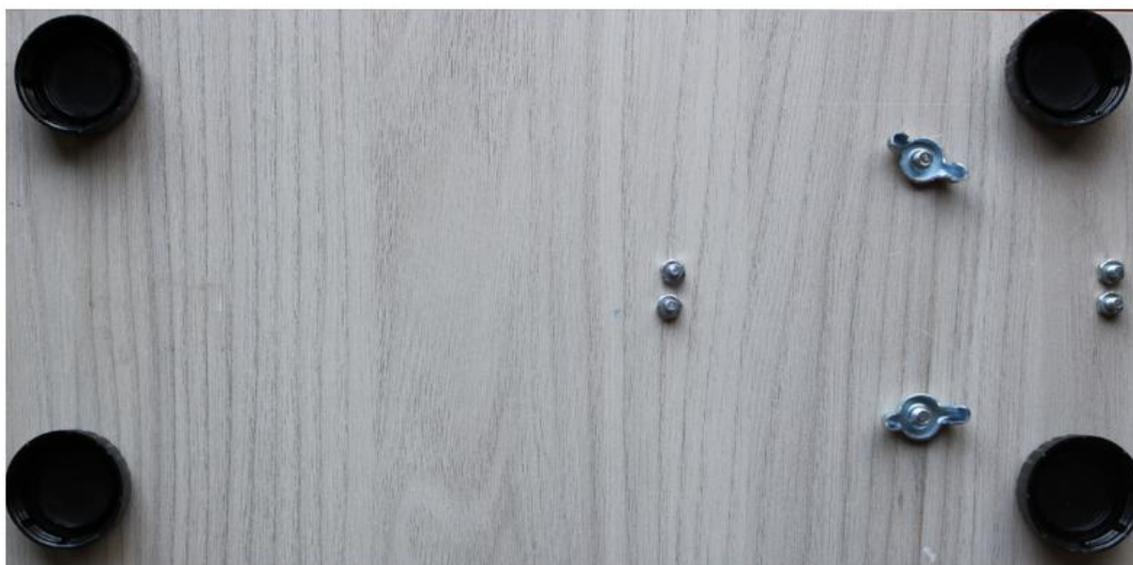
CUIDADO! Ao instalar os terminais do transformador neste conector, certifique se estes terminais correspondem ao primário do transformador. Faça esta instalação com o plugue desligado da rede elétrica (tomada) isto também é valido quando for parafusar os terminais (pinos) da tomada. Este conector será energizado com 220 V_{AC} da rede elétrica.

Figura 40 – Módulo B: fonte de tensão contínua ajustável.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 41 – Verso do suporte de base horizontal.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

4.9 Demonstração do Fenômeno Físico

Após a conclusão da montagem do aparato, inicia-se a observação e explicação do fenômeno envolvido. Para a demonstração utilizaremos a fonte de tensão ajustável e uma lâmpada incandescente. Solicite aos alunos ligar a fonte de tensão fazendo um ajuste de 1,2 V. **ATENÇÃO!** Caso esqueça de fazer este ajuste, você estará sujeito a danificar a fonte/lâmpada. Desligar a fonte e instalar a lâmpada da **Figura 40** nos bornes (OUT+) e (OUT-) do regulador, religar a fonte e ajustar gradualmente na faixa de 1,2 a 3,0 V (valor máximo), agora discuta com os alunos a relação entre o brilho da lâmpada e os ajustes de tensão em função da causa e efeito da corrente elétrica sobre a lâmpada. A partir da experimentação e aplicação dos conceitos abordados, instigue os alunos a argumentar suas observações experimentais.

4.10 Sugestão de Links

SOARES, R. Alexandre. **Ímãs e Eletroímãs**. Disponível em:<
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab>. Acesso em: 18 jan. 2019.

4.11 Sugestão de Questões do Módulo B

QUESTÃO 1. Você esperaria encontrar corrente contínua (CC) ou corrente alternada (CA) no filamento de uma lâmpada de sua casa? E no filamento da lâmpada do farol de seu automóvel?

QUESTÃO 2. O que será menos perigoso – ligar um aparelho de 110 V a uma tomada de 220 V ou ligar um aparelho de 220 V a uma tomada de 110 V? Explique.

QUESTÃO 3. Entre a corrente e a voltagem, qual delas é igual para um resistor de $1\text{K}\Omega$ e outro de $10\text{K}\Omega$ em um circuito em série. Faça seus comentários e investigue no aparato do módulo A, utilizando dos recursos disponíveis na lista de itens.

5 PLANO DE APLICAÇÃO 4 – MÓDULO C – ESTÁGIO 1

5.1 Títulos da Aula de Atividade Experimental 4

Ímã, Campo e força magnética

5.2 Objetivo Geral

Investigar conceitos e aplicações experimentais de ímã, campo e forças magnéticas.

5.2.1 Objetivos Específicos

- ✓ Comentar um breve histórico sobre o magnetismo
- ✓ Experimentar as propriedades do ímã
- ✓ Identificar experimentalmente campo magnético do ímã
- ✓ Investigar experimentalmente a ação de um campo magnético sobre um fio metálico percorrido por uma corrente elétrica.

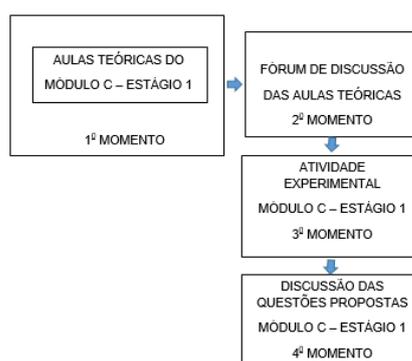
5.3 Conteúdo a Serem Abordados:

Breve histórico sobre magnetismo, propriedades dos ímãs, campo magnético, representação das linhas de campo magnético, força magnética.

5.4 Procedimentos Metodológicos

A prática metodológica proposta, consiste nos mesmos descritos na seção 3.4.

Figura 42 – Plano de aplicação do módulo C – ESTÁGIO 1 na sala de aula.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

5.5 Recursos Utilizados

Datashow, simulador virtual PhET, aparato experimental, apostila do módulo C – estágio 1.

5.6 Cronograma de Aplicação

Tabela 7 - Cronograma de aplicação de horas aula.

4º ENCONTRO			
MOMENTO	ATIVIDADE	DURAÇÃO	TOTAL DE HORAS
1	Aula expositiva com manual de atividade experimental e simulador interativo PhET.	1 h 15 min	4 horas
2	Fórum de discussão dos conteúdos abordados na aula expositiva	30 min	
3	Experimentação e utilização do módulo auxiliar.	1 h 15 min	
4	Discussão dos resultados das questões propostas.	1 h	

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

5.7 Descrição e Montagem do Módulo C – Estágio 1

5.7.1 Componentes do Módulo C – ESTÁGIO 1

Tabela 8 – Lista de itens do módulo C – Estagio 1.

Quantidade	Itens
01	01. Base de suporte horizontal
02	02. Haste de ferro
02	03. Gancho de varal
01	04. Abraçadeira para cabo de aço
02	05. Porca sextavada
02	06. Arruelas
02	07. Porca borboleta ¼"
01	08. Fio rígido
02	09. Jumper conector pino-jacaré
02	10. Ímã
01	11. Abraçadeira de PVC
02	12. Abraçadeira de nylon
01	13. Bússola
01	14. Etiqueta

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

5.7.2 Descrição dos Componentes - Módulo C – Estágio 1

- Base de suporte horizontal em madeira MDF 15x30 cm.

Figura 43 - Base de suporte horizontal.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Haste de ferro $\frac{1}{4}$ " x 300mm, serve de sustentação do pêndulo eletromagnético

Figura 44 – Haste de ferro.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Gancho para varal (**Figura 45a**) em aço, sua função é sustentar o pêndulo.
- Abraçadeira para cabo de aço (**Figura 45b**) 4mm em aço inoxidável.

Figura 45 – Gancho para varal – abraçadeira para cabo de aço.



(a)

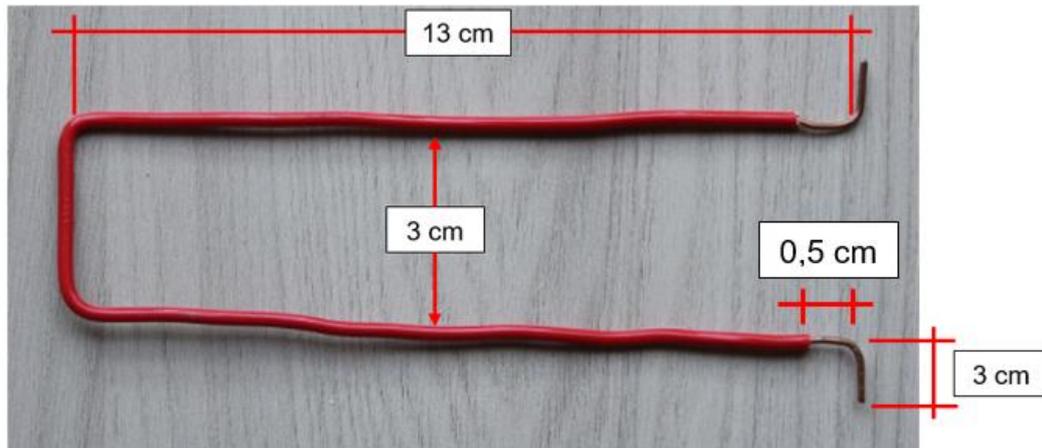


(b)

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Porca sextavada de $\frac{1}{4}$ " para as hastes de ferro
- Arruelas de $\frac{1}{4}$ " para as hastes de ferro
- Porca borboleta de $\frac{1}{4}$ " para as hastes de ferro, e $\frac{3}{16}$ para as abraçadeiras de PVC
- Pêndulo eletromagnético: fio rígido de comprimento de 34 cm em formato de U

Figura 46 – Pêndulo eletromagnético.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Jumper conector pino-jacaré

Figura 47 – jumper conector pino-jacaré.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Ímã extraído do interior da carcaça de motor elétrico de 6 V_{DC}.

Figura 48 – Ímã.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Abraçadeira de PVC de $\frac{3}{4}$ ".

Figura 49 – Abraçadeira de PVC.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Abraçadeira de nylon de 2,5x150 mm

Figura 50 – Abraçadeira de nylon.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Bússola de uso comercial

Figura 51 – Bússola.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Etiquetas para identificação da base de suporte horizontal

Figura 52 – Etiquetas.

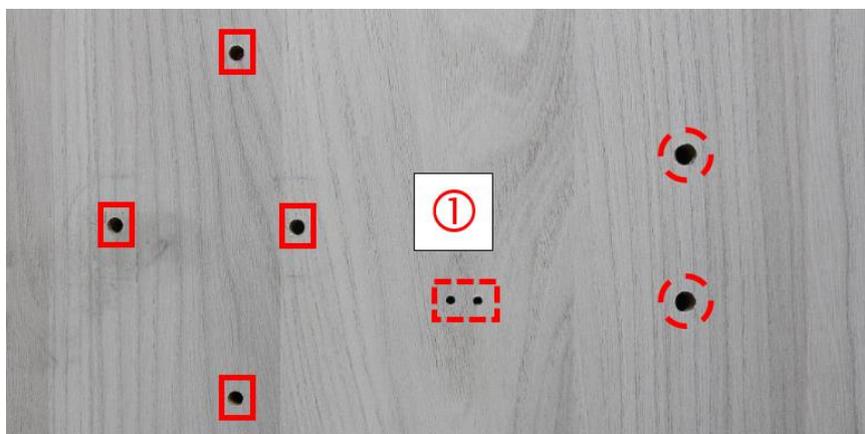


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

5.8 Montagem do Módulo C – Estágio 1

① Na base de suporte horizontal as linhas pontilhadas demarcam orifícios com diâmetro de 3 mm, a linha cheia demarca o orifício com diâmetro de 5 mm e as linhas circulares tracejadas 7mm.

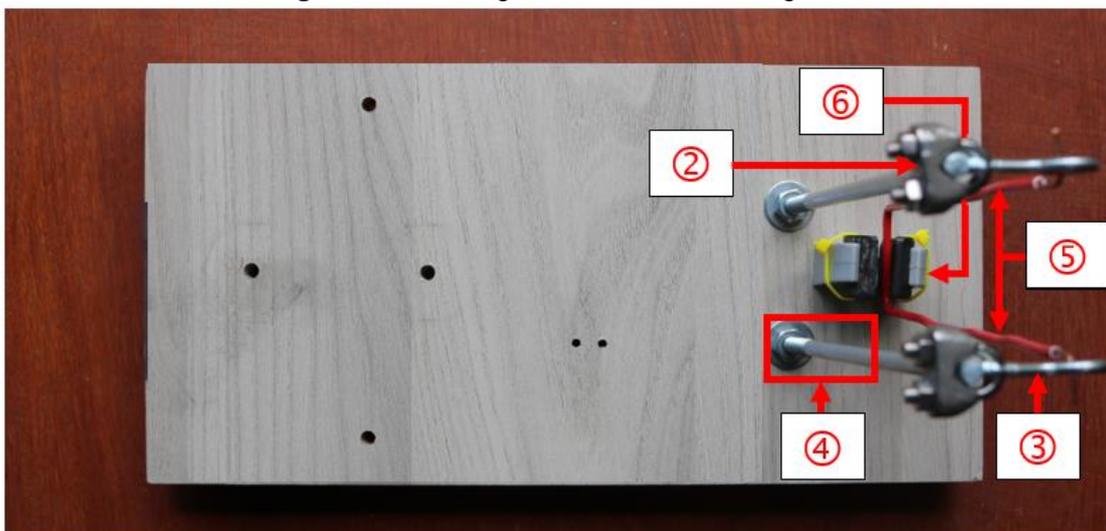
Figura 53 – base de suporte horizontal perfurada.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- ② Reabra as porcas sextavadas dos parafusos da abraçadeira para cabo de aço e insira na haste junto com o gancho.
- ③ E logo em seguida insira o gancho dobrado a 90⁰ entre a abraçadeira e a haste, e aperte as porcas sextavadas na posição, conforme se vê na **Figura 54**.
- ④ Enrosque a porca sextavada na haste, depois coloque a arruela e instale a haste no orifício do círculo pontilhado, no verso da base enrosque a porca borboleta na haste.
- ⑤ Pendure o pêndulo nos ganchos quando para realizar o experimento.
- ⑥ O par de ímã é livre, portanto utilize no momento experimental. Finalmente, concluímos o primeiro estágio.

Figura 54 – Montagem do módulo C - estágio 1.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

5.9 Demonstração do Fenômeno Físico

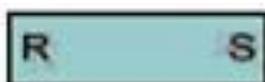
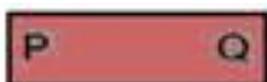
Após a conclusão da montagem do estágio do aparato, inicia-se a observação e explicação do fenômeno envolvido. Para as demonstrações utilizaremos: ímã, bússola e pêndulo. Os alunos efetuam a interação entre ímãs observando suas propriedades, utiliza a bússola para diagnósticos de campo magnético e identificação de polos, submetem o pêndulo a corrente elétrica mergulhando no campo magnético, com o artifício de regras identificam o efeito da força magnético, desta forma, os alunos podem evidenciar conceitos e aplicações do magnetismo.

5.10 Sugestões de Links

SOARES, R. Alexandre. **Ímãs e Eletroímãs**. Disponível em:< https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnet-and-compass>. Acesso em: 21 jan. 2019.

5.11 Sugestão de Questões do Módulo C – Estágio 1

QUESTÃO 1. (PUC-SP) Três barras, PQ, RS e TU, são aparentemente idênticas.



Verifica-se experimentalmente que P atrai S e repele T; Q repele U e atrai S. Então, é possível concluir que:

- a) PQ e TU são ímãs
- b) PQ e RS são ímãs
- c) RS e TU são ímãs
- d) as três são ímãs
- e) somente PQ é ímã

QUESTÃO 2. (CEFET-MG) A bússola é um dispositivo composto por uma agulha imantada que pode girar livremente em torno de um eixo perpendicular a ela.



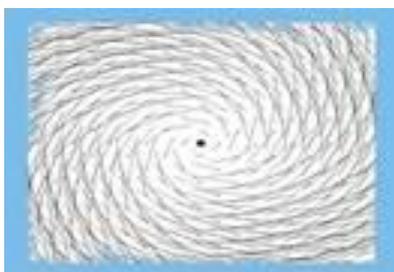
Sobre seu funcionamento, afirma-se:

- I- O polo sul magnético aponta para o norte geográfico terrestre.
- II- O polo norte magnético aponta para o sul de um ímã colocado próximo à bússola.
- III- A agulha sofre uma deflexão quando está próxima e paralela a um fio que conduz corrente elétrica.
- IV- A agulha, na ausência de campos magnéticos externos, orienta-se na direção leste-oeste terrestre.

São corretas apenas as afirmativas

- a) I e II
- b) II e III
- c) II e IV
- d) III e IV

QUESTÃO 3. (FUVEST-SP) Em um ponto do espaço:



- I. Uma carga elétrica não sofre ação da força elétrica se o campo nesse local for nulo.

II. Pode existir campo elétrico sem que aí exista força elétrica.

III. Sempre que houver uma carga elétrica, esta sofrerá ação da força elétrica.

Use: C (certo) ou E (errado).

a) CCC

b) CEE

c) ECE

d) CCE

e) EEE

QUESTÃO 4. (PUC-PR). Uma carga positiva q se movimenta em um campo magnético uniforme \vec{E} com velocidade \vec{V} . Levando em conta a convenção a seguir, foram representadas três hipóteses com respeito à orientação da força atuante sobre a carga q , devido à sua interação com o campo magnético.



Está correta ou estão corretas:

a) somente I e III.

b) somente I e II.

c) somente II.

d) I, II e III.

e) somente II e III.

6 PLANO DE APLICAÇÃO 5 – MÓDULO C – ESTÁGIO 2

6.1 Título da Aula de Atividade Experimental 5

Motor elétrico.

6.2 Objetivo Geral

Entender o princípio de funcionamento de um motor elétrico.

6.2.1 Objetivos Específicos

- ✓ Identificar elementos estruturais de um motor elétrico de corrente contínua.
- ✓ Discutir elementos estruturais de um motor elétrico
- ✓ Aplicar conceitos físicos na construção e função de um motor elétrico.

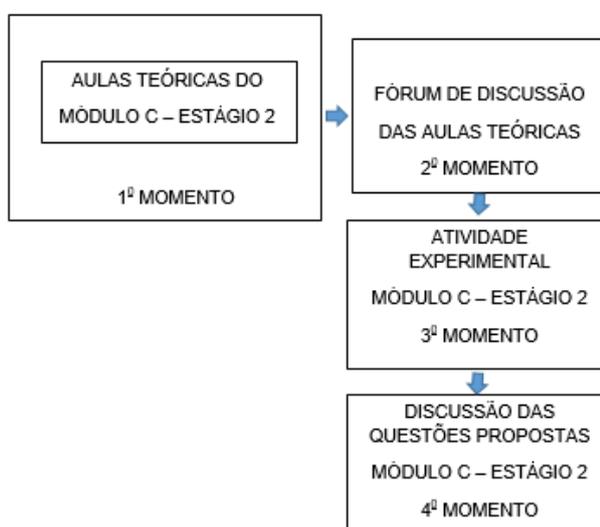
6.3 Conteúdo a Serem Abordados:

Campo magnético e força magnética.

6.4 Procedimentos Metodológicos

A prática metodológica proposta, consiste nos mesmos descritos na seção 3.4.

Figura 55 – Plano de aplicação do módulo C – ESTÁGIO 2 na sala de aula.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

6.5 Recursos Utilizados

Datashow, simulador virtual PhET, aparato experimental (módulo C - estágio 2) manual de atividade experimental.

6.6 Cronograma de Aplicação

Tabela 9 - Cronograma de aplicação de horas aula.

5º ENCONTRO			
MOMENTO	ATIVIDADE	DURAÇÃO	TOTAL DE HORAS
1	Aula expositiva com manual de atividade experimental e simulador interativo PhET.	1 h 15 min	4 horas
2	Fórum de discussão dos conteúdos abordados na aula expositiva	30 min	
3	Experimentação e utilização do módulo auxiliar.	1 h 15 min	
4	Discussão dos resultados das questões propostas.	1 h	

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

6.7 Descrição e Montagem do Módulo C – Estágio 2

6.7.1 Componentes do Módulo C – Estágio 2

Lista de Verificação de Itens

Antes de começar a montagem do módulo, verifique se os itens da tabela 8 abaixo estão a sua disposição.

Tabela 10 - Lista de itens do módulo C – Estágio 2.

Quantidade	Itens
05	01 Abraçadeira de PVC
02	02 ímã
06	03 Parafusos de cabeça redonda
02	04 Abraçadeira de nylon
02	05 Escovas de carvão

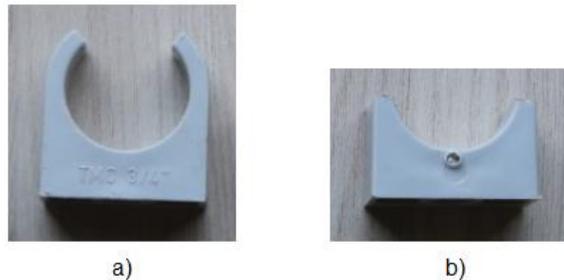
01	06 Carcaça de motor
01	07 Rotor
04	09 Porca sextavada
04	10 Porca borboleta
01	11 Cantoneira
02	12 Estator
02	13 Jumpers para protoboard macho-macho
01	14 Motor elétrico
02	15 Cantoneira
02	16 Arruelas
01	17 Barramento de conectores
01	18 Etiqueta

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

6.7.2 Descrição dos Componentes - Módulo C – Estágio 2

- Abraçadeira de PVC de $\frac{3}{4}$ " (**Figura 56a**). Sendo utilizada duas, a primeira para dar suporte a carcaça extraída do motor, e a outra para apoiar as escovas de carvão (fig. 48).
- Abraçadeira de PVC de $\frac{3}{4}$ " (**Figura 56b**) cortada na transversal para fixar o ímã.

Figura 56 – abraçadeira de PVC.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Ímã

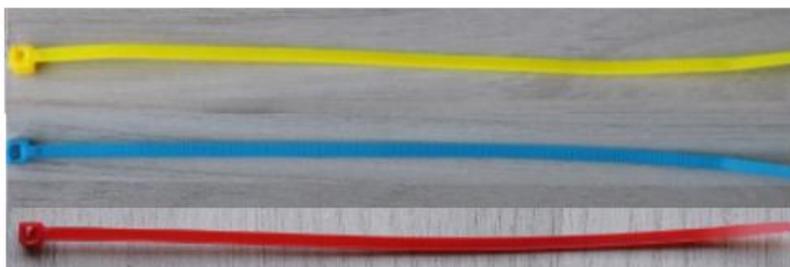
Figura 57 – Ímã.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Parafuso de cabeça redonda de 3/16"x1.1/2". Este parafuso deve ser cortado 1cm, serve para fixar a abraçadeira de PVC na base de suporte horizontal e de 3/16"x7/8" para fixar a cantoneira em L.
- Abraçadeira de nylon 2,5x150 mm

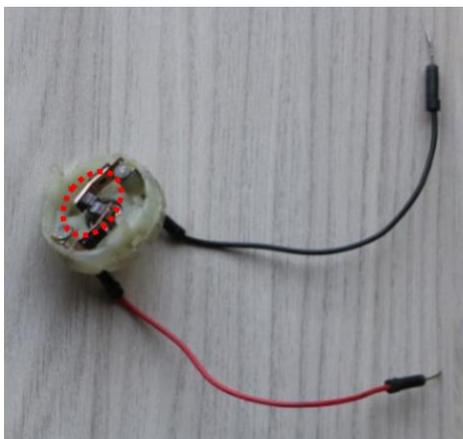
Figura 58 – Abraçadeira de nylon.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Escovas de carvão retirado do motor DC 6V.

Figura 59 - Escovas de carvão.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Carcaça retirada de motor DC 6V

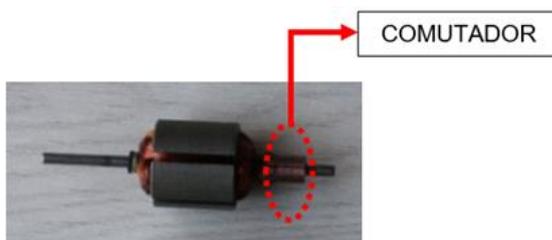
Figura 60 – Carcaça de motor DC.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Rotor retirado do motor DC 6V

Figura 61 – rotor de motor DC.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Porca sextavada de 3/16"
- Porca borboleta de 3/16"
- Cantoneira: em formato de L, 4 x 6 cm

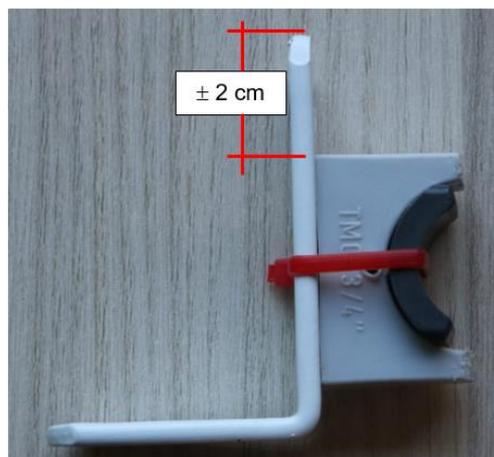
Figura 62 – Cantoneira.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Estator: este conjunto foi montado com itens da lista de verificação

Figura 63 – Estator.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Jumper para protoboard com terminal tipo macho-macho, com 10 cm de comprimento.
- Barramento de conectores de 6mm², com três bornes.

6.8 Montagem do Módulo C – Estágio 2

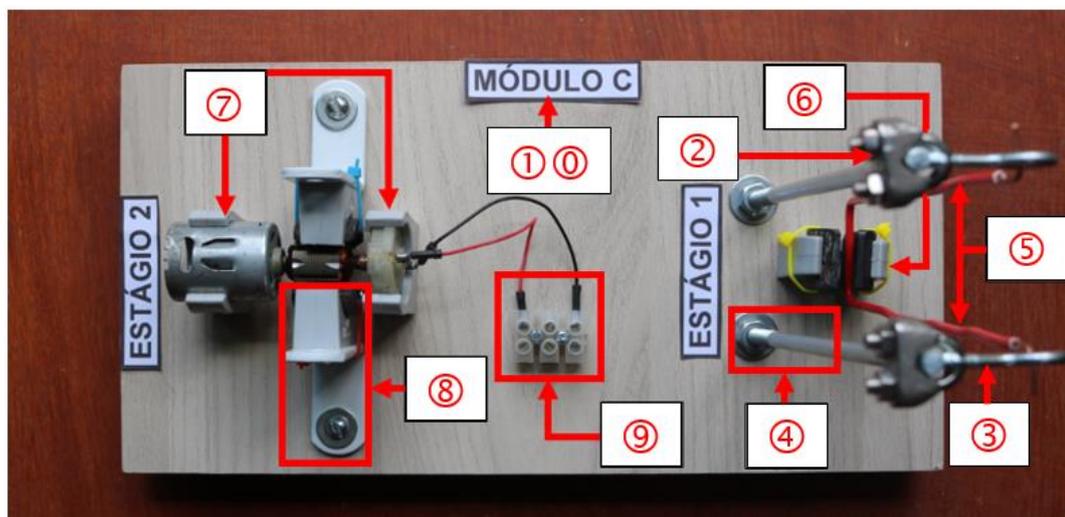
⑦ Antes de instalar a carcaça na abraçadeira de PVC, passe o parafuso pela abraçadeira e a base de suporte horizontal na posição indicada na **Figura 64**, e sob pressão encaixe a carcaça na abraçadeira, remova o conjunto (abraçadeira e carcaça) e repita este procedimento com a escova de carvão e abraçadeira, não esquecendo de passar o parafuso primeiro pela abraçadeira. Agora encaixe primeiro o comutador do rotor nas escovas de carvão e a outra extremidade do eixo no orifício externo da carcaça.

⑧ Denominamos esse item de estator, antes de instalar vamos montar sua estrutura: com uma abraçadeira de nylon prendemos o ímã na abraçadeira de PVC com a base apoiado na cantoneira, a altura do ímã ± 2 cm **Figura 63** deve ser ajustada de forma a permitir o rotor girar livremente o mesmo vale para o outro estator.

⑨ Instale o barramento de conectores, utilizando parafuso e porca sextavada de 1/8”.

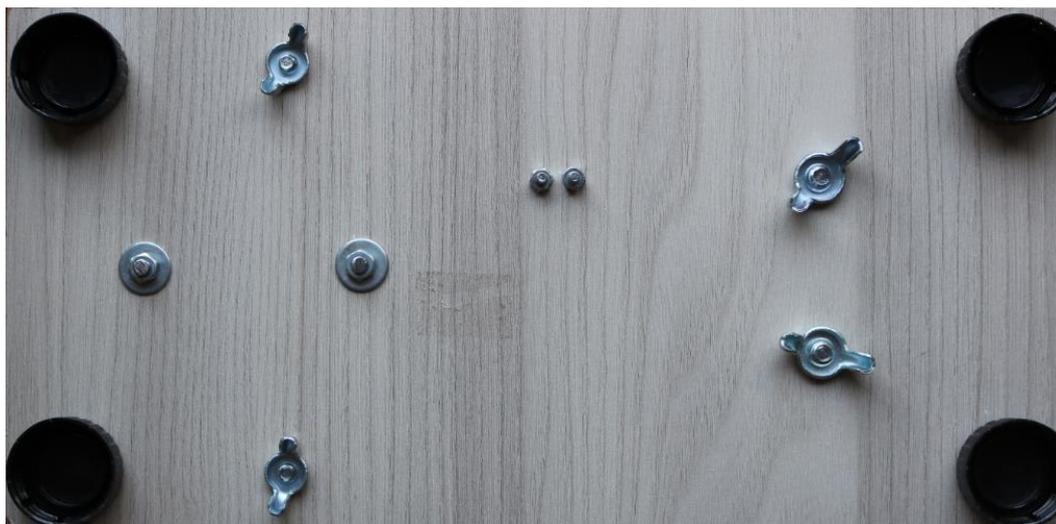
①⑩ Cole as etiquetas na base de suporte horizontal, de acordo com a **Figura 64**. Finalmente chegamos a montagem do aparato do módulo A. Confira o verso da base de suporte horizontal como mostra a **Figura 65**.

Figura 64 - Montagem do aparato do módulo C – estágio 1 e 2.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 65 – Verso do aparato após a montagem.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Etiquetas para identificação dos estágios

Figura 66 – etiquetas do módulo C estágio 2.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

6.9 Demonstração do Fenômeno Físico

Neste módulo, serão demonstrados por investigação experimental aplicações conceituais de eletromagnetismo, mais especificamente: campo e força elétrica, campo e força magnética no princípio de funcionamento do motor elétrico. Neste módulo o professor deverá simular experimentalmente com os alunos, diferentes configurações de montagem, vamos sugerir três montagens, por exemplo:

Montagem 1: o motor apenas com um estator.

Montagem 2: O motor sem os dois estatores.

Montagem 3: o motor com um estator variando o fluxo magnético

O que ocorreria com o funcionamento do motor, nestas configurações de montagem. Os resultados destas configurações, o professor deve instigar os alunos

quanto a relevância dos fenômenos eletromagnéticos envolvidos no funcionamento do motor elétrico, argumentando suas aplicações.

6.10 Sugestões de Links

SOARES, R. Alexandre. **Ímãs e Eletroímãs**. Disponível em:<https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday >. Acesso em: 21 jan. 2019.

6.11 Sugestão de Questões do Módulo C - Estágio 2

QUESTÃO 1. De forma simplificada, descreva o funcionamento e os elementos constituintes de um motor elétrico com escovas de corrente contínua.

QUESTÃO 2. Haverá alguma diferença no desempenho do motor se for removido um estator? E removendo os dois? Responda antes de verificar este experimento.

QUESTÃO 3. Se a corrente elétrica que percorre o rotor do motor for invertida, haverá danos ao motor? O que ocorrerá? Argumente suas respostas.

7 PLANO DE APLICAÇÃO 6 - MÓDULO D

7.1 Título da Aula

Aplicar teorias do princípio do eletromagnetismo, na investigação do funcionamento do motor elétrico no Elevador Robodidático.

7.2 Objetivo Geral

Interpretar conceitos físicos na aplicação do motor elétrico no Elevador Robodidático.

7.2.1 Objetivos Específicos

- ✓ Aplicar conceitos investigados nos módulos A, B e C no Elevador Robodidático.
- ✓ Discutir que parâmetros físicos influenciam na relação de potência elétrica e carga transportada
- ✓ Montar e instalar o módulo D na estrutura mecânica do Elevador Robodidático
- ✓ Compreender os princípios básicos operacionais de um elevador.
- ✓ Construir tabelas e gráficos através da aquisição de parâmetros elétricos no motor do Elevador Robodidático

7.3 Conteúdo a Serem Abordados:

Estrutura mecânica do Elevador Robodidático, o que é o LabVIEW e como configurá-lo, campo elétrico e força elétrica, motor elétrico, módulo de sensores de efeito Hall, noções sobre o arduino e dispositivo de controle (ponte H).

7.4 Procedimentos Metodológicos

Após serem discutidos experimentalmente diversos conceitos físicos nos módulos auxiliares A, B e C anteriores, esses conceitos serão integralizados e aplicados na teoria e prática dos fenômenos envolvidos no Elevador Robodidático. Neste sexto encontro seguem as metodologias da seção 3.4 incluindo debates sobre

empreendedorismo e mercado de trabalho. Logo abaixo, temos a descrição detalhada do roteiro metodológico:

O primeiro momento, será ministrado a aula teórica (1), utilizando o manual de atividade experimental - módulo D (APÊNDICE D), abordando aplicações com formulários de equações físicas de mecânica clássica no Elevador Robodidático.

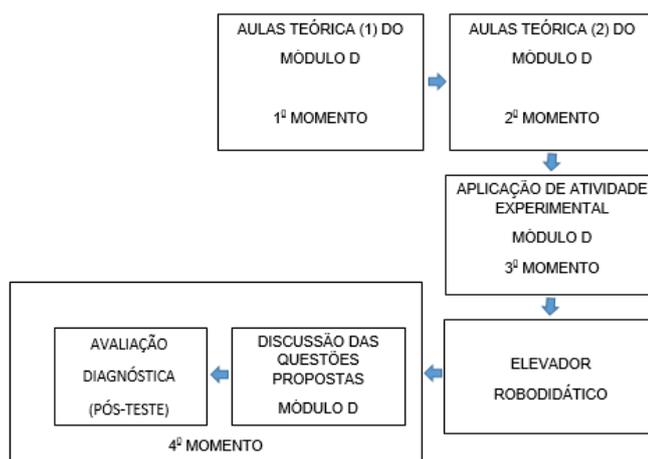
O segundo momento, será aplicada a aula expositiva teórica (2) com apresentação e abordagem dos módulos eletrônicos (arduino, sensores de efeito Hall, controlador de dispositivo – Ponte H e o software de automação LabVIEW). Esses componentes constituem o módulo D do circuito de controle do **Elevador Robodidático**.

No terceiro momento, será realizada a aplicação dos conceitos de eletromagnetismo investigados experimentalmente nos módulos auxiliares no **Elevador Robodidático**.

O quarto momento, os alunos discutem os resultados das questões propostas no manual de atividade experimental dos alunos (módulo D) e defendem suas argumentações a respeito das atividades executadas no Elevador Robodidático.

O professor, poderá propor atividades que envolvam construção de tabelas e gráficos investigando as relações entre grandezas físicas (tensão elétrica, corrente elétrica, potência elétrica, e etc), os alunos apresentam em forma de seminário os resultados comparativos entre valores teóricos e experimentais. Neste último momento deste encontro, será aberto um debate relacionado a física e sua integração na construção tecnológica especificamente na robótica, assim como empreendedorismo no mercado de trabalho, desta forma deseja-se estimular os potenciais dos alunos a desenvolverem suas habilidades e competências. E finalmente, conclui-se este momento com aplicação de avaliação diagnóstica (pós-teste)

Para a pesquisa e aplicação deste produto na sala de aula, seguem as sugestões de acordo com o organograma abaixo:

Figura 67 – Organograma de sugestão da aplicação do produto educacional em sala de aula.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

7.5 Recursos Utilizados

Data show, apostila - módulo D, dispositivo experimental do Elevador Robodidático.

7.6 Cronograma de Aplicação

Tabela 11 – Cronograma da aplicação do módulo D.

ENCONTRO – Módulo D			
MOMENTO	ATIVIDADE	DURAÇÃO	TOTAL DE HORAS
1	Aula expositiva teórica (1) (APÊNDICE D)	1 h	4 horas
2	Aula expositiva teórica (2) (APÊNDICE D)	1 h	
3	Experimentação e utilização do módulo do produto educacional “elevador robodidático”.	1 h	
4	Discussão dos resultados das questões propostas. Aplicação da avaliação diagnóstica (PÓS-TESTE)	1 h	

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

7.7 Descrição e Montagem do Módulo D - Elevador Robodidático

7.7.1 Componentes do módulo D

Lista de Verificação de Itens

Antes de começar a montagem do módulo D, verifique se os itens da **tabela 12** abaixo estão a sua disposição.

Tabela 12 – Lista de itens do módulo D.

Quantidade	Itens
01	01 Arduino UNO R3
04	02 Módulo sensor de efeito Hall para arduíno
01	03 Driver ponte H
01	04 Ímã de neodímio
01	05 Caixa 4x2 sobrepôr
01	06 Placa sega 4x2
02	07 Cabine do elevador e roldana com suporte de alumínio para trilho
01	08 Base de suporte horizontal superior
01	09 Base de suporte horizontal inferior
01	10 Motor elétrico DC
02	11 Rolamentos
02	12 Abraçadeiras de PVC
01	13 Bobina carretilha para máquina de costura
02	14 Barra rosqueada de zinco
01	15 Canaleta sistema x (20 x 12)
01	16 Trilho de alumínio
03	17 Jumper para protoboard – conectores macho-fêmea
04	18 Jumper para protoboard – conectores macho-macho
01	19 Cabo USB para arduíno UNO
01	20 Caixa de redução
04	21 Base magnetizada
04	22 Cantoneiras
01	23 Suporte para motor
	24 Cabo flexível
01	25 Parafuso de rosca sem fim

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

7.7.2 Descrição dos componentes estruturais do Elevador Robodidático

- Arduino UNO R3 é uma plataforma de código aberto, baseada em uma linguagem de programação que possibilita desenvolver projetos de automação robóticos quando conectado a um computador através de cabo USB (universal serial bus), ou seja, “Porta Universal”. Sua finalidade nesse projeto é controlar ações e interações entre usuário (aluno), LabVIEW (linguagem de programação gráfica) e o Elevador

Robodidático, junto com os acessórios: sensores de presença, módulo controlador de motor elétrico, caixa de redução e motor elétrico.

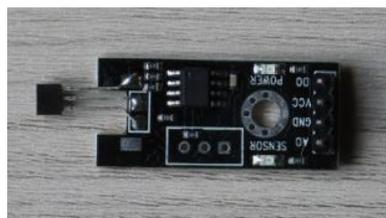
Figura 68 – Arduino UNO R3.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Módulo sensor de efeito Hall para arduino: dispositivo de estado sólido com a finalidade de reconhecer o campo magnético transferido por um ímã preso a cabine do Elevador Robodidático, enviando informação para o arduino. Com dimensões 38x14x10 mm e sensor hall A3144.

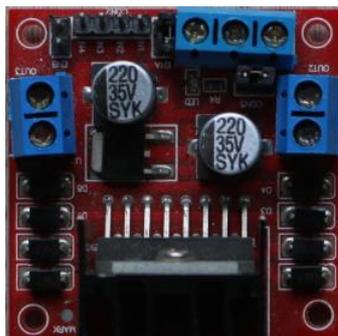
Figura 69 – sensor de efeito Hall.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Driver ponte H: o módulo driver - L298N é um dispositivo para controlar o motor do Elevador Robodidático.

Figura 70 – Driver ponte H.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Ímã de neodímio 5x2 mm é um material formado a partir de combinação de três elementos conhecidos: neodímio, ferro e boro. Ele se destaca principalmente por sua incrível capacidade de atração magnética. Sua finalidade na cabine do elevador é transportar o campo magnético a presença do sensor de efeito Hall.

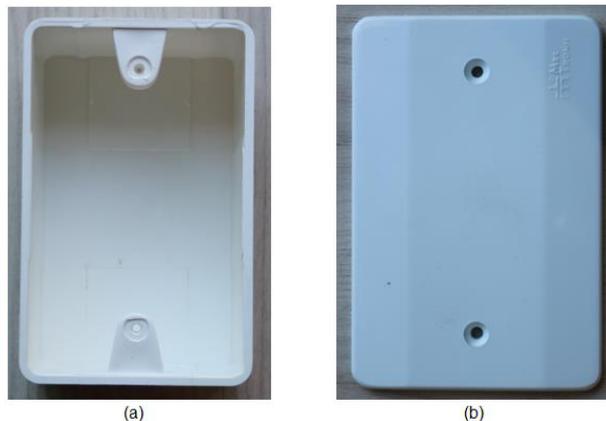
Figura 71 – ímã de neodímio.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Caixa 4x2 sobrepor
- Placa sega 4x2

Figura 72 – (a) caixa 4x2 sobrepor. (b) Placa sega 4x2.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Cabine do elevador e roldana com suporte de alumínio para trilho.

Figura 73 – Cabine do Elevador Robodidático.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Base de suporte horizontal superior em MDF 15x30 cm. Como indicado na **Figura 74a**
- Base de suporte horizontal inferior em MDF 20x45 cm. Como indicado na **Figura 74b**

Figura 74 – (a) base de suporte horizontal superior - (b) base de suporte horizontal inferior.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Motor Elétrico DC. Especificações: diâmetro de eixo 1/8", rotação nominal 8000 rpm, tensão 12 V_{dc}, corrente (sem carga) 0,35 A, corrente (máximo rendimento) 1,79 A, potência (máxima eficiência) 16,6 W.

Figura 75 – Motor elétrico.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Rolamentos
- Abraçadeiras de PVC de $\frac{3}{4}$ "
- Bobina carretilha para máquina de costura
- Barra rosqueada de zinco $\frac{3}{8}$ "x1,0 m.
- Trilho de alumínio de $\frac{1}{2}$ " dois pedaços de 1,0 m
- Jumper para protoboard conectores macho-fêmea: jumper tipo fio, comprimento podendo variar de 10 cm ou superior, as cores recomendadas de acordo com a **Figura 76**.

Figura 76 – Jumper para protoboard – conectores macho-fêmea.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Jumper para protoboard – conectores macho-macho: jumper tipo fio, comprimento podendo variar de 10 cm ou superior, as cores recomendadas de acordo com a **Figura 77**.

Figura 77 – Jumper para protoboard – conectores macho-macho.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Cabo USB (**Figura 78**) compatível com o arduino, extensão do cabo ~54 cm conectado ao computador para ser programado com o LabVIEW.

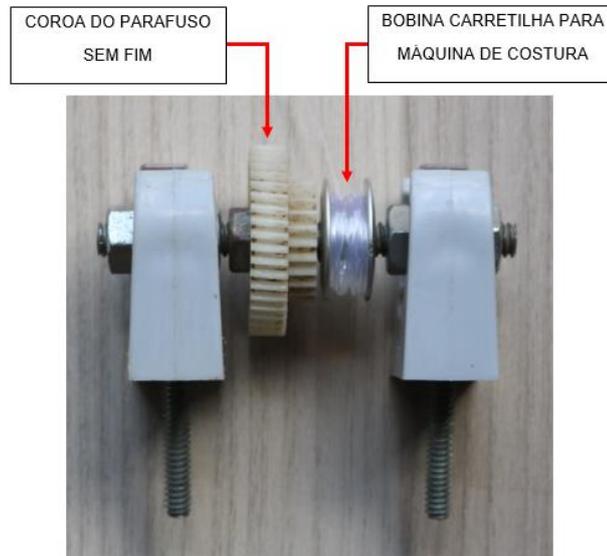
Figura 78 - Cabo USB para arduino.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Caixa de redução (**Figura 79**) utilizado par reduzir velocidade e frenagem da cabine do elevador.

Figura 79 – Caixa de redução.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Base magnetizada (**Figura 80**) 12mm para PCI + parafuso M3x4mm. Utilizado para ancorar o módulo do sensor Hall na cantoneira, permitindo ajuste no posicionamento do sensor (pode ser substituído por porca sextavada e parafuso).

Figura 80 – Base magnetizada.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Cantoneira (**Figura 81**) 4x1 cm. Sua finalidade é dar suporte de sustentação aos sensores de efeito Hall.

Figura 81 – Cantoneira.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Suporte (**Figura 82**) para motor em L para auxiliar na montagem do motor do Elevador Robodidático.

Figura 82 - Suporte de apoio para motor.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Cabo flexível (**Figura 83**) 0,14 mm²

Figura 83 - Cabo flexível.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- Parafuso de rosca sem fim (**Figura 84**). É um tipo de engrenagem da mecânica clássica, encaixado ao eixo no motor do Elevador Robodidático, movimenta uma coroa reduzindo a velocidade do eixo e freando o motor quando desligado.

Figura 84 – Rosca sem fim.

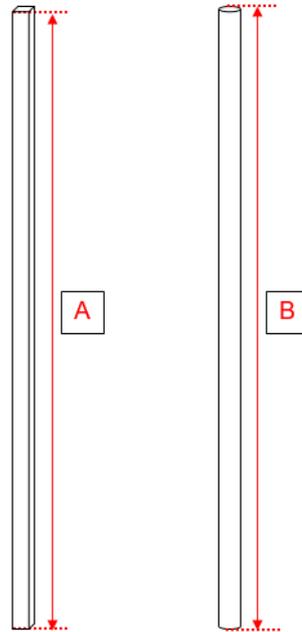


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

7.8 Montagem do Elevador Robodidático

7.8.1 Dimensões dos Trilhos e Barras Rosqueadas

Figura 85 - (a) Trilho de alumínio – (b) barra de aço rosqueada.

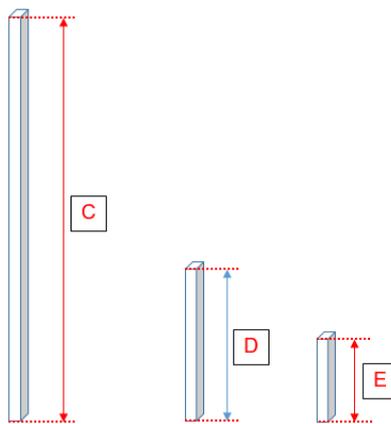


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A → 1,0 m **B** → 1,0 m

7.8.2 Dimensões das Canaletas

Figura 86 – Comprimento das canaletas.

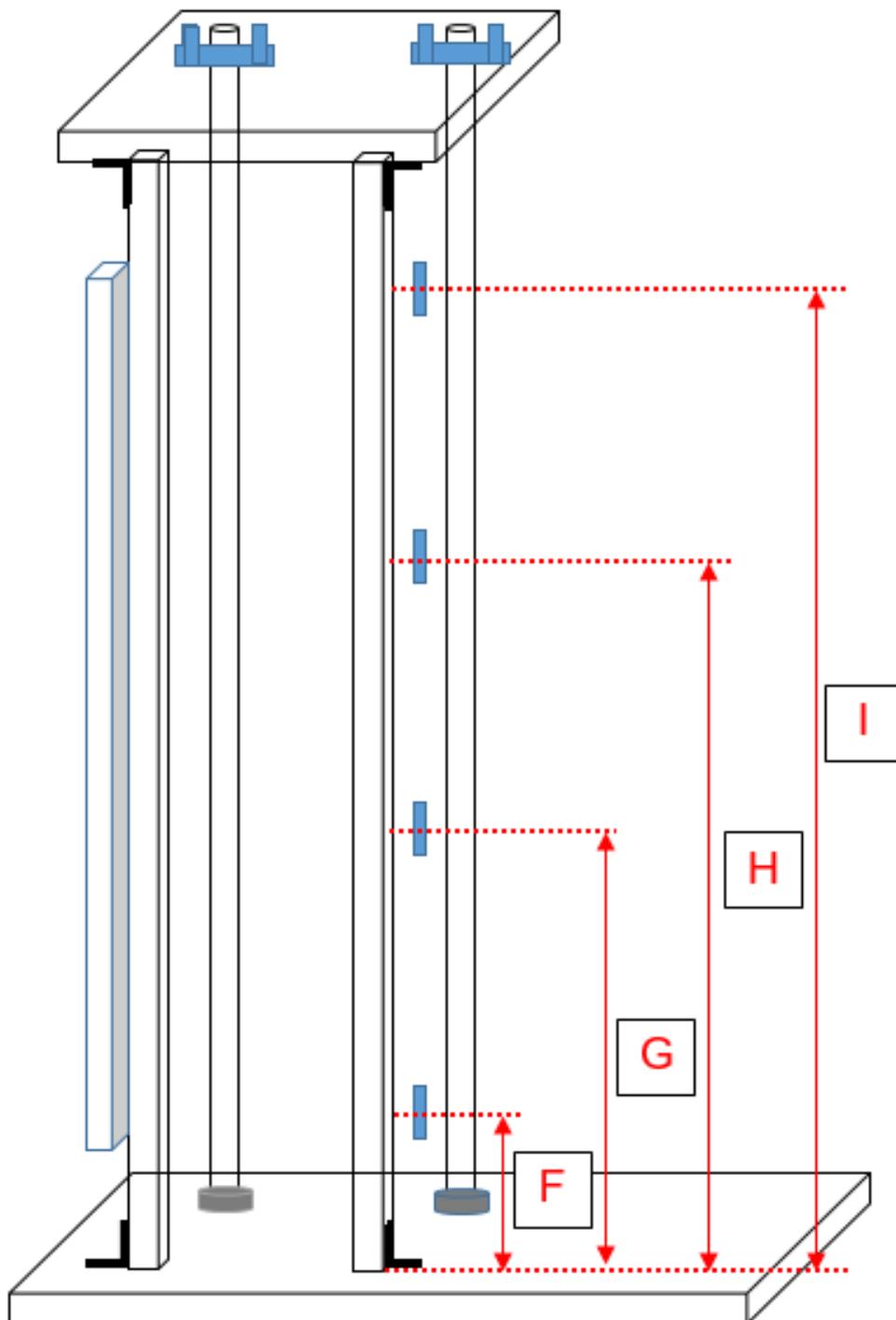


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

C → 0,8 m **D** → 0,22 m **E** → 0,15 m

7.8.3 Pontos de Instalações das Cantoneiras dos Sensores

Figura 87 – Posições dos sensores.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

F → 7,0 cm

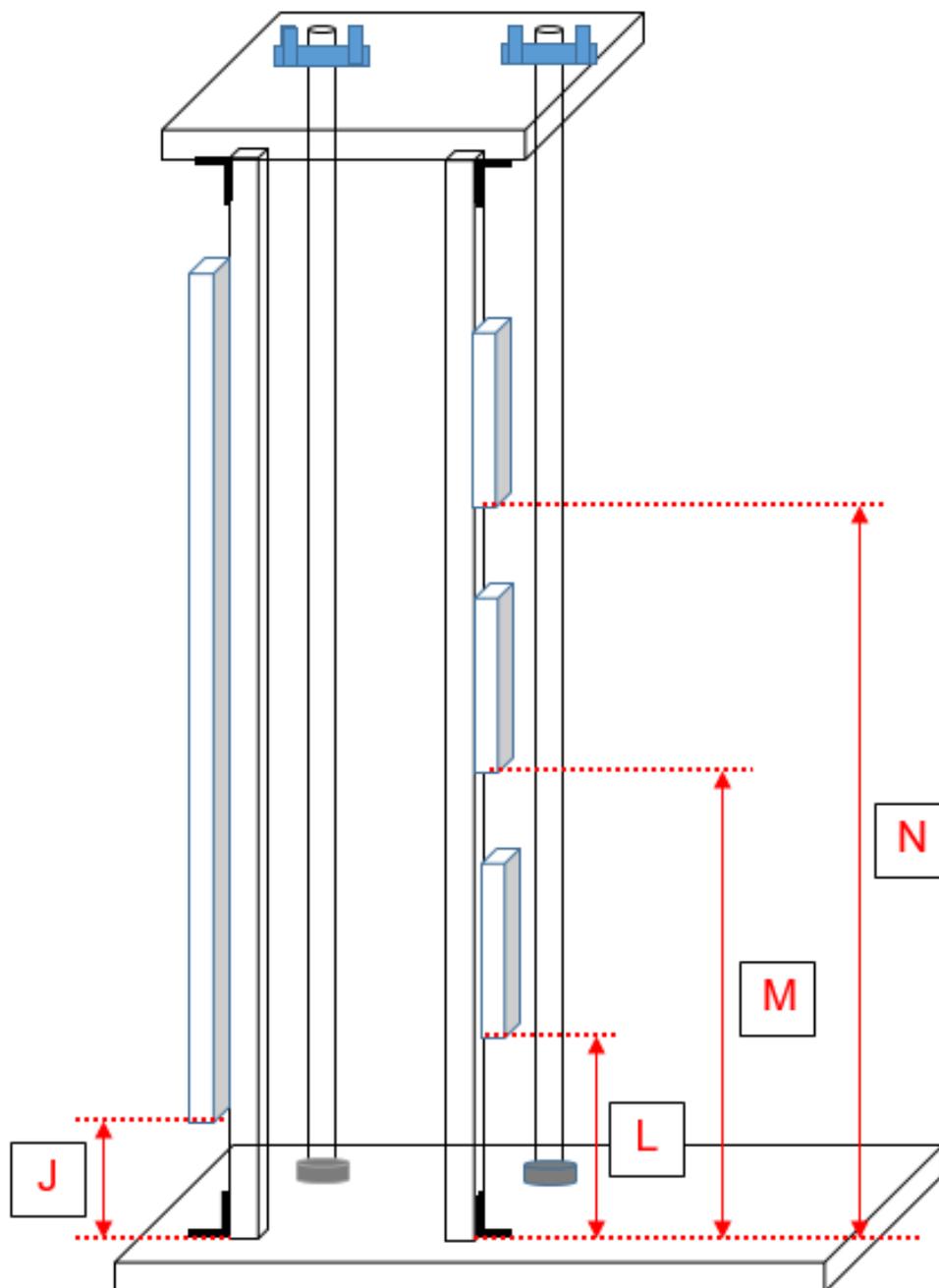
G → 27,0 cm

H → 54,0 cm

I → 81,0 cm

7.8.4 Pontos de Instalações das Canaletas

Figura 88 – Posições das canaletas.



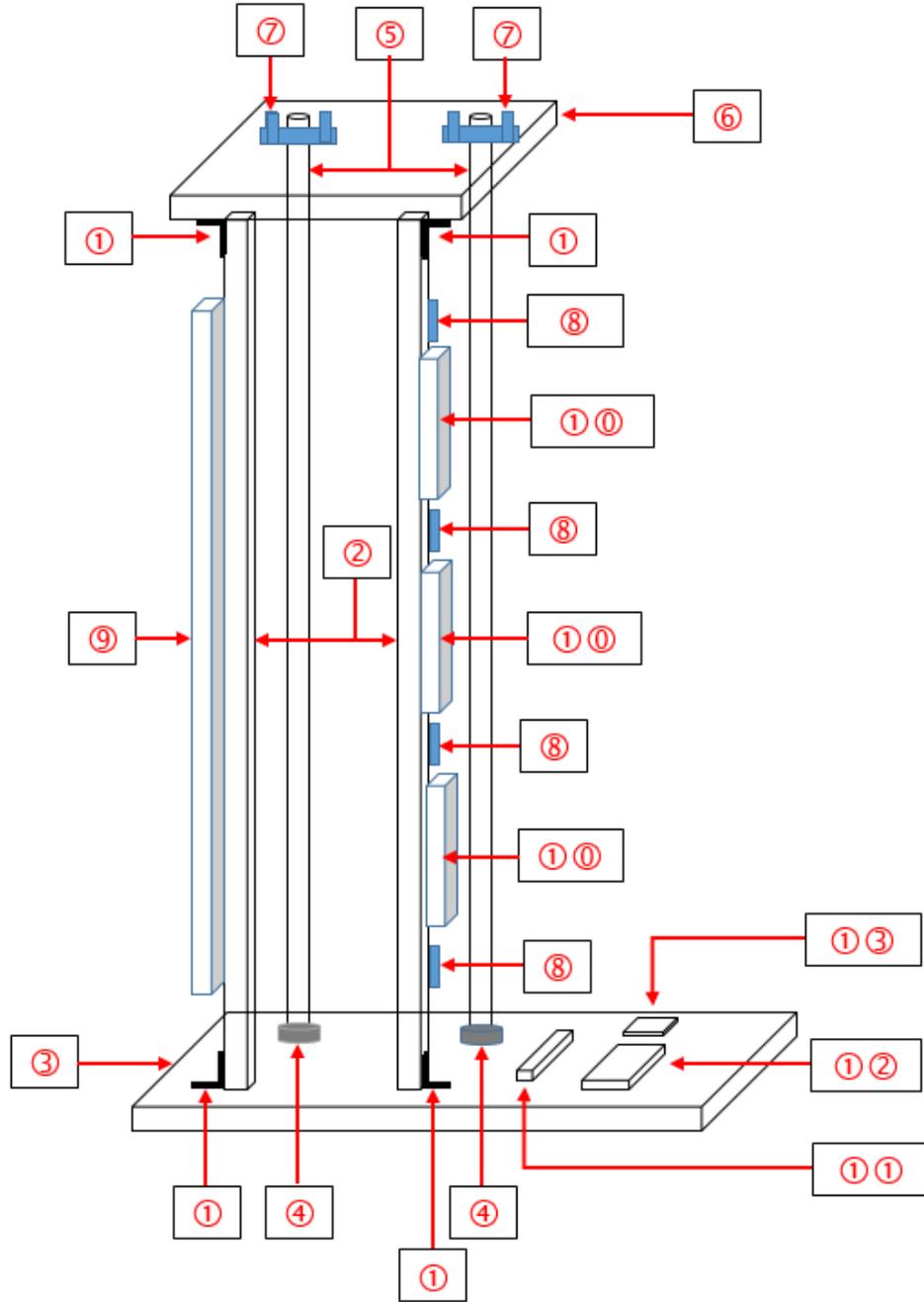
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

J→5,0 cm**L**→9,0 cm**M**→29,0 cm**N**→56,0 cm

7.8.5 Montagem da Estrutura Mecânica

- ① Instale as quatro cantoneiras de suporte nos trilhos
- ② Instale as duas cantoneiras inferiores dos trilhos na base de suporte horizontal inferior, e no verso encaixe a porca borboleta.
- ③ Base de suporte horizontal inferior
- ④ Encaixe as porcas sextavadas e as arruelas nas barras rosqueadas e, em seguida instale os trilhos na base horizontal inferior. No verso da base, encaixe as porcas borboletas nos parafusos das cantoneiras dos trilhos.
- ⑤ Barra rosqueada
- ⑥ Base de suporte horizontal superior. Instale as outras cantoneiras dos trilhos nas barras rosqueadas
- ⑦ Utilize as porcas borboletas para encaixar nas barras rosqueadas no verso superior da base de suporte horizontal
- ⑧ Cantoneiras de suporte para sensores, utilize fita dupla face para imobilizá-las nos trilhos, de acordo com as posições especificadas na **Figura 89**.
- ⑨ Remova a proteção da fita dupla face do verso da canaleta e cole no trilho de alumínio
- ①⑩ Cole os pedaços recortados de canaletas como indica a **Figura 89**.
- ①① Instale utilizando parafusos o barramento de conector na base de suporte horizontal inferior.
- ①② Placa do arduino UNO apoiado na base de suporte inferior, sua disposição é livre.
- ①③ Ponte H apoiado na base de suporte inferior, sua disposição é livre.

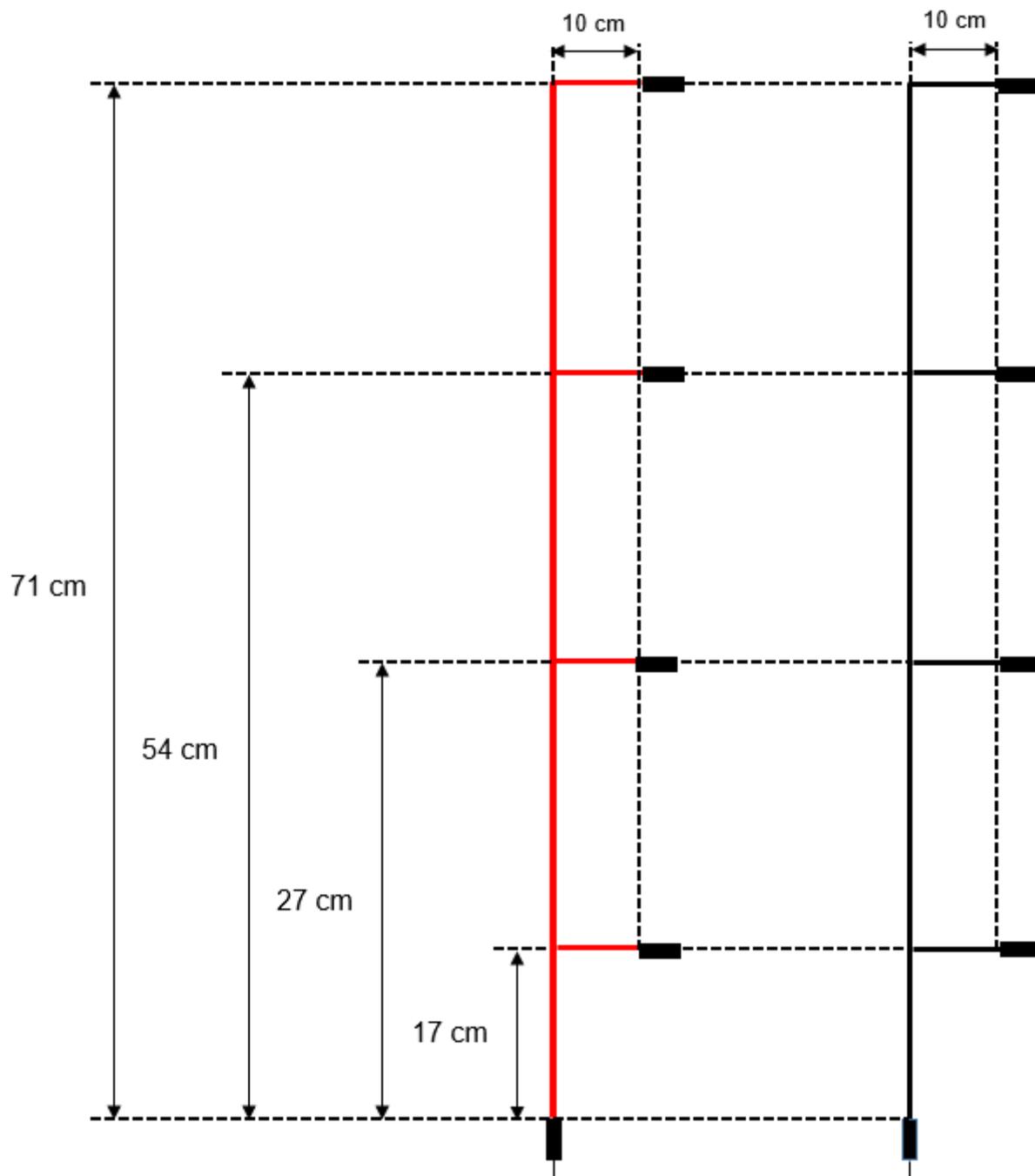
Figura 89 - Montagem estrutural mais o módulo D.



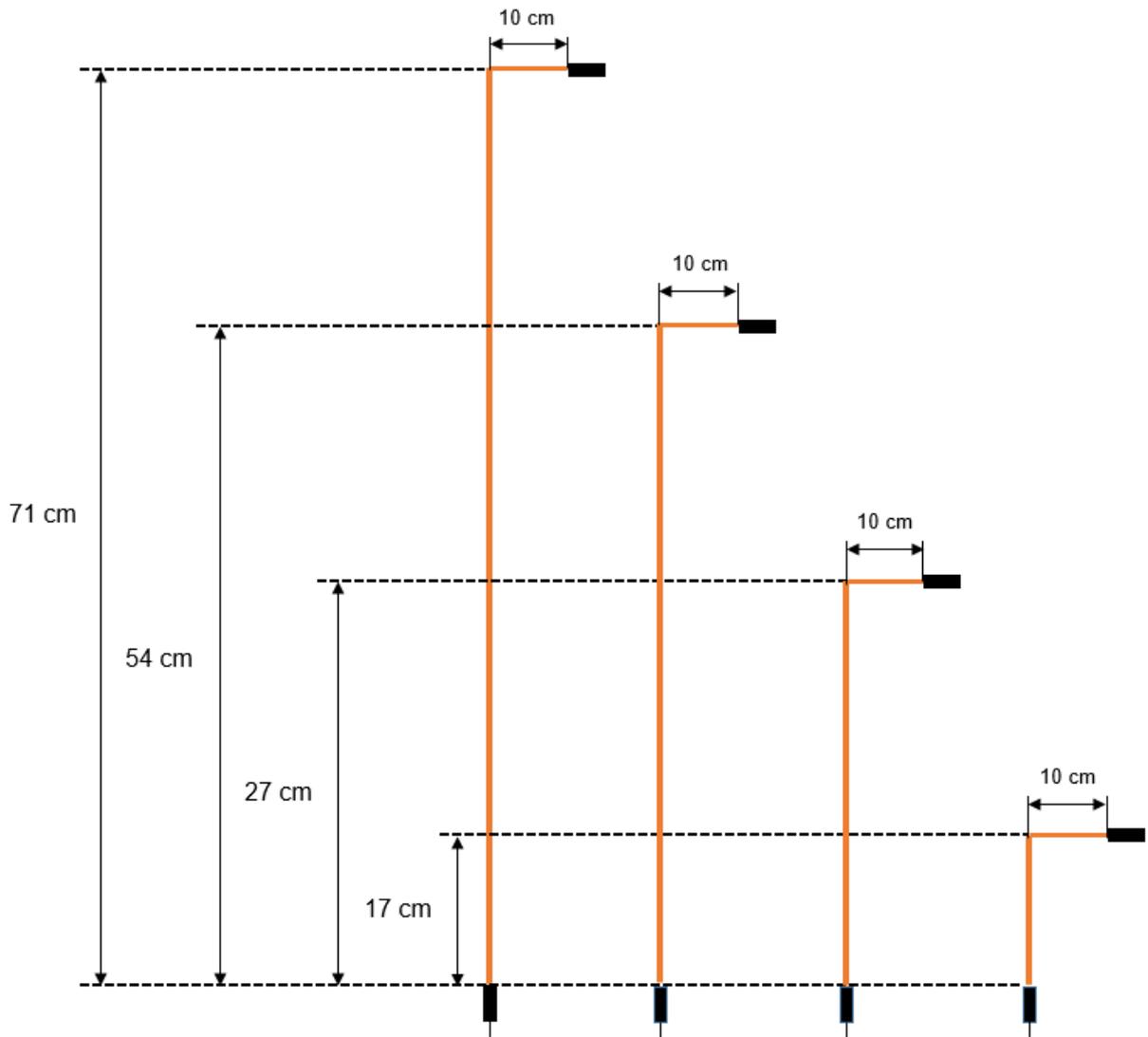
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

7.8.6 Montagem dos Cabos e Conectores dos Módulos dos Sensores

Figura 90 – Esquema elétrico de cabos e conectores.



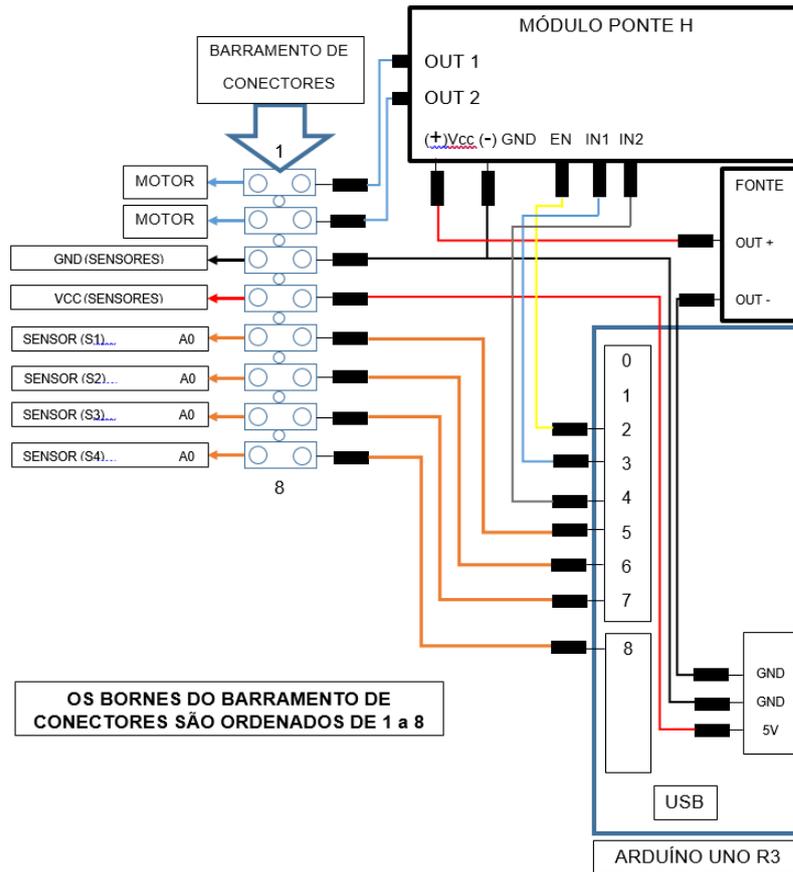
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 91 – Esquema elétrico de cabos e conectores.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

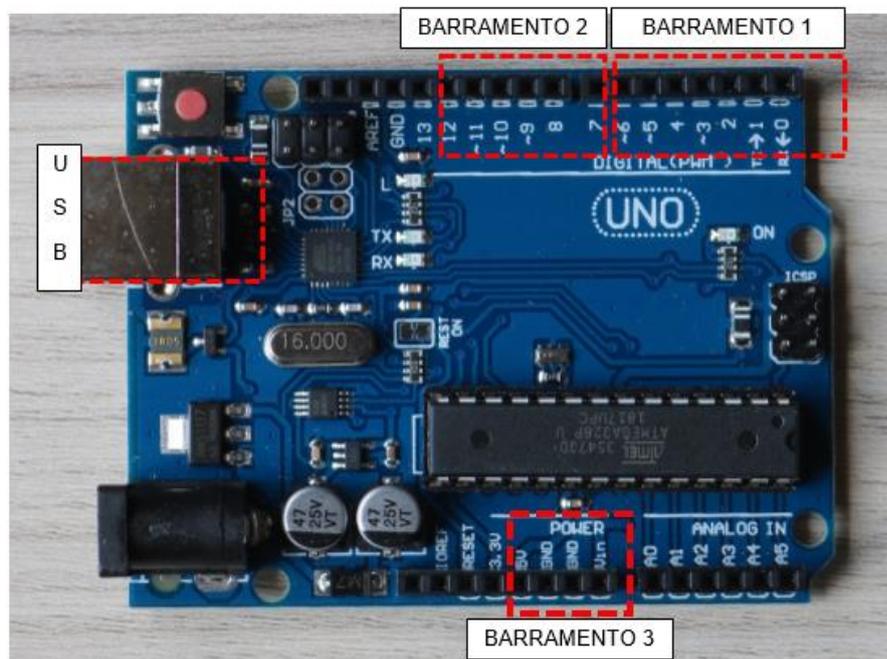
7.8.7 Instalação Elétrica do Módulo D

Figura 92 – Esquema de instalação elétrica.



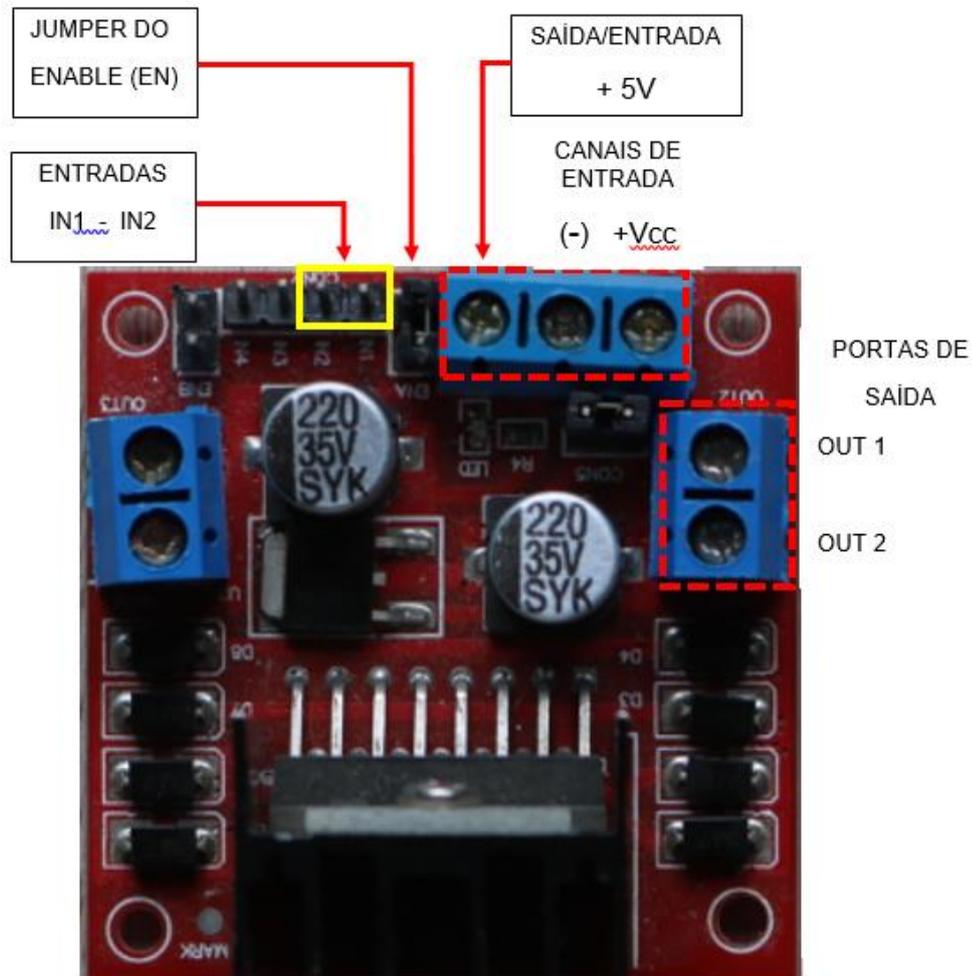
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 93 – Indicando portas digitais no arduino.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 94 – Indicando os canais de entrada/saída do dispositivo de controle (ponte H).



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Procedimentos de instalação.

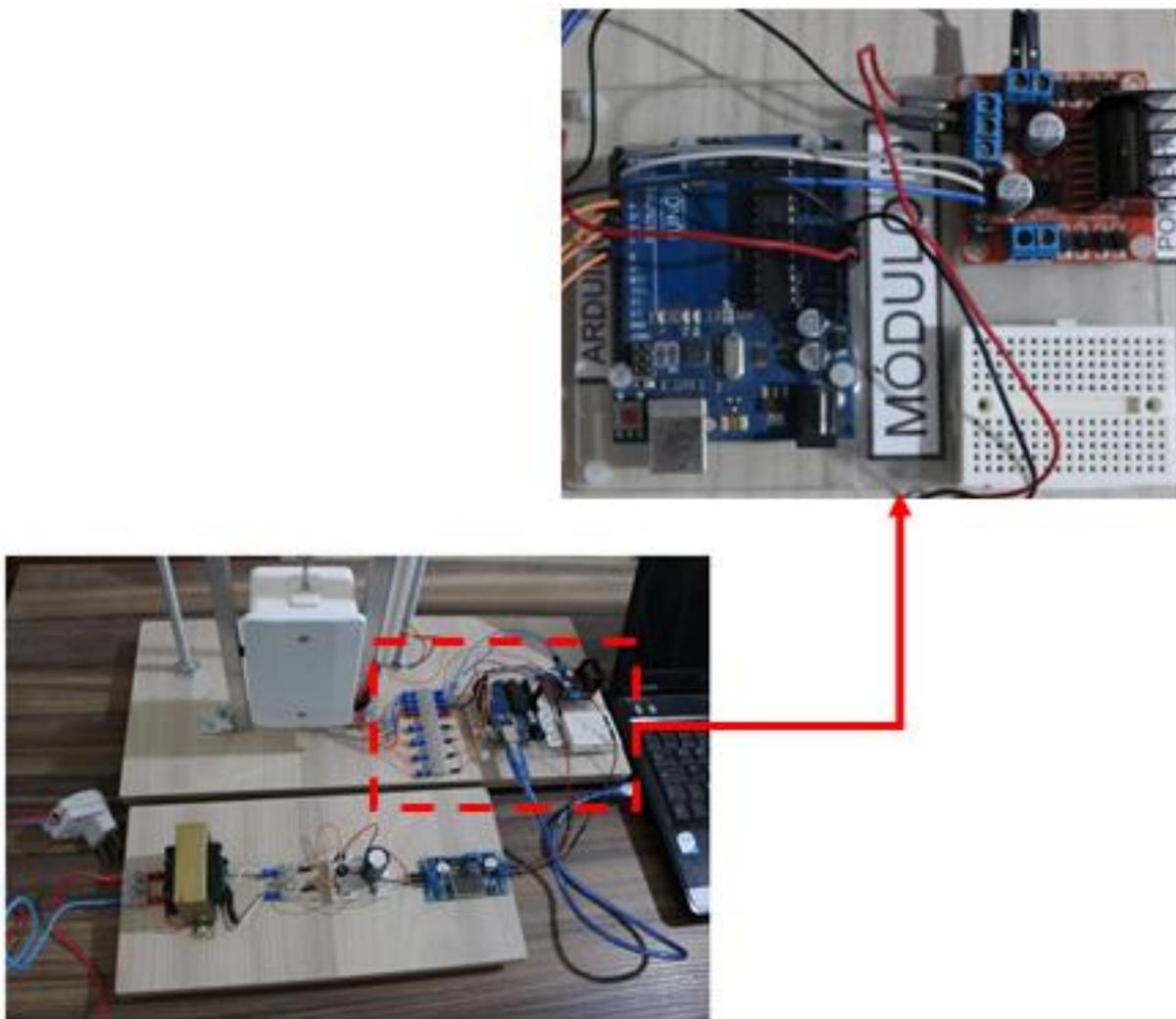
Com os módulos eletrônicos arduino e o driver ponte H posicionado sobre a base de suporte horizontal inferior, conforme a **Figura 74a**.

Instalando o arduíno: utiliza-se seis jumpers tipo pino (macho-macho) saindo dos barramentos do arduino para o barramento de conectores da base de suporte horizontal inferior do elevador, sendo quatro do barramento 1 e 2 e dois do barramento 3, e **Figura 89**, e um terceiro jumper (GND) deste barramento para o GND da fonte de tensão contínua ajustável. Os barramentos 1 e 2 do arduino são portas digitais de entradas/saídas que controlam os módulos dos sensores de efeito Hall. Enquanto o barramento 3 são fontes (POWER) de saídas para alimentação dos sensores. A alimentação do arduíno é fornecida na porta USB ao conectá-la com o computador ligado.

Instalando o driver ponte H: Este dispositivo controlará o motor pelos canais de saída (OUT1 e OUT2), através de dois jumpers de conectores tipo pino (macho-macho) conectando ao barramento de conectores da base de suporte horizontal inferior indicado na **Figura 89**. No canal enable (EN) do módulo ponte H, há um jumper conectando dois pinos, que ativam os canais de saída para o motor se os canais de entrada IN1 e IN2 tiverem níveis lógicos complementares, esta condição fornece tensão elétrica para o motor permitindo que funcione. Portanto, remova o jumper do enable (EN) como mostrado na **Figura 94** e introduza a extremidade de um jumper tipo (macho-fêmea) e a outra introduza no barramento conectores da base horizontal. As entradas IN1 e IN2 como indicado na **Figura 94** são conectadas via jumpers ao barramento de conectores ver **Figura 96**. Essas conexões recebem dados dos sensores quando detectam o campo magnético. Este dispositivo será alimentado com uma fonte externa (módulo B) ajustado com $V_{cc} = 6,0 \text{ V}$ utilizando dois jumpers tipo (macho-macho), o primeiro (vermelho) sai do (out+) da fonte do módulo B para a entrada ($+V_{cc}$) do driver ponte H, o segundo (preto) sai do barramento do conector da base horizontal inferior. **ATENÇÃO!** Não forneça a tensão elétrica da fonte externa (módulo B) a entrada +5V da ponte H como indicado na **Figura 94**.

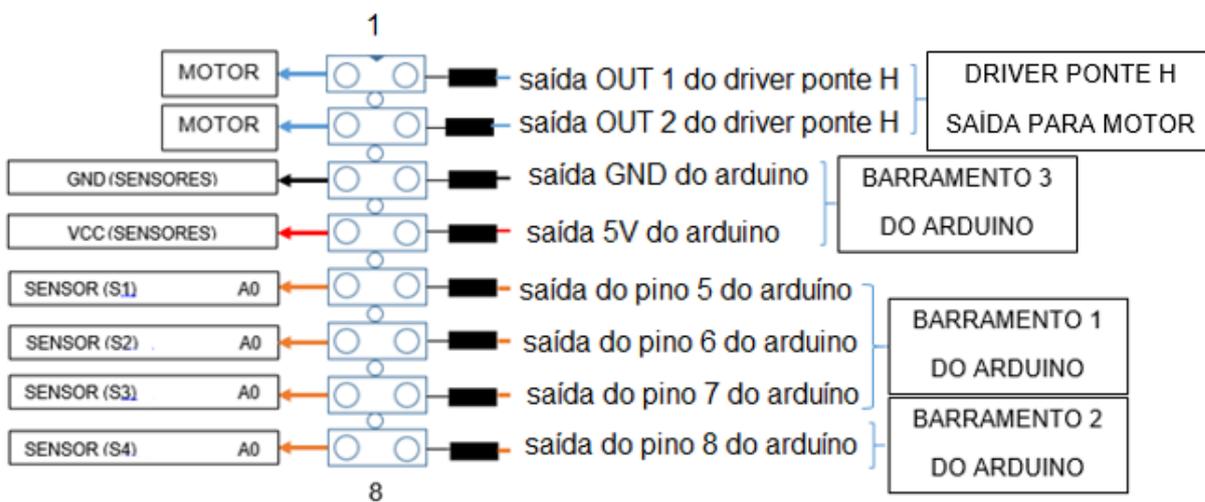
Instalando os sensores de efeito Hall: esses dispositivos são modulares e fixados na cantoneira das colunas de alumínio. Três jumpers tipo pino (macho-Fêmea) conecta este dispositivo ao barramento de conector da base horizontal inferior, o primeiro (vermelho) é alimentação +5V, o segundo (preto) é o terra (GND) e o terceiro (laranja) saída digital como mostra na **Figura 62**.

Figura 95 – Módulo D (Elevador Robodático).



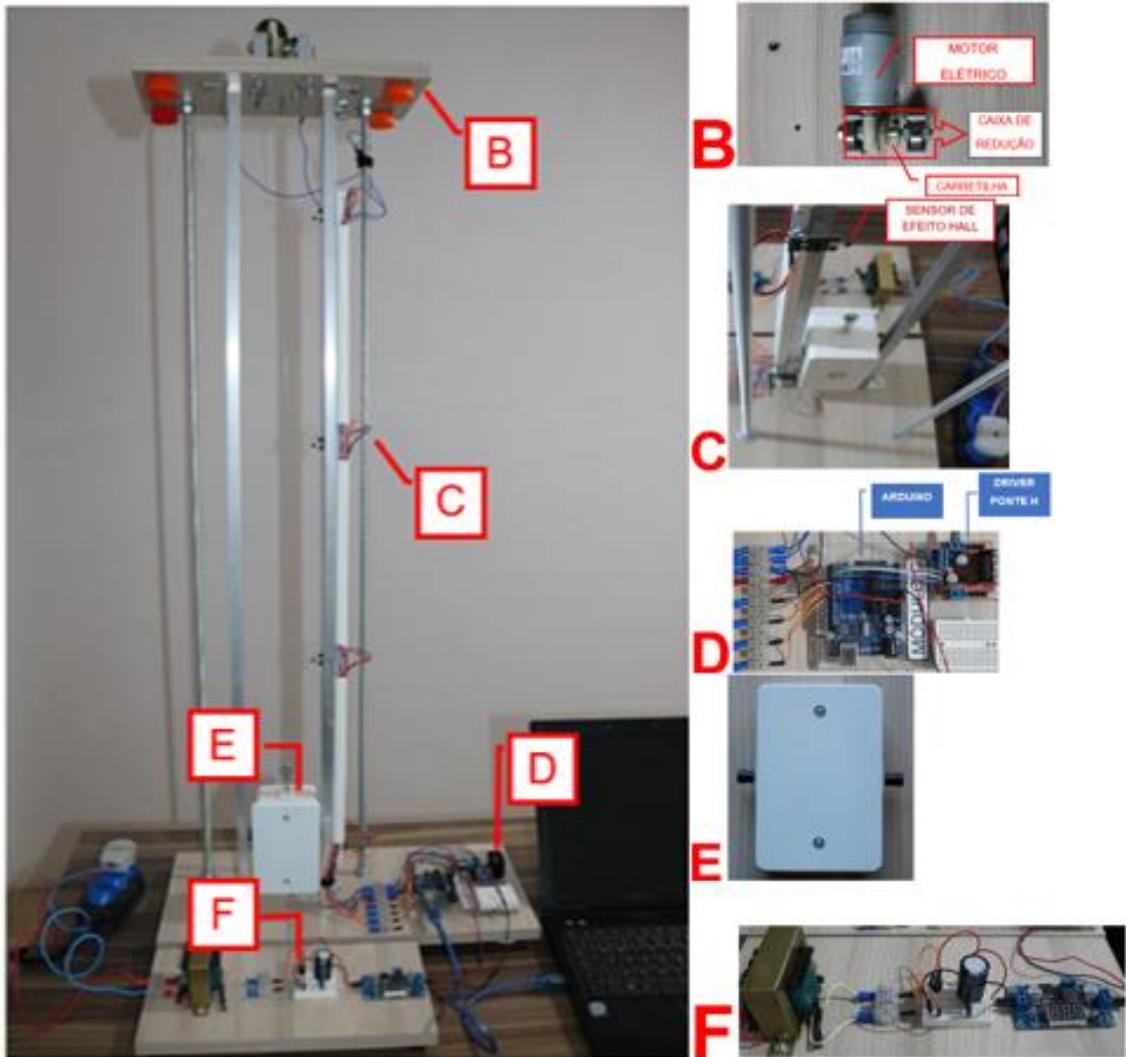
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 96 – Instalação elétrica do módulo D.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 97 – Elevador Robodidático.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

7.9 Demonstração do Fenômeno Físico

Neste módulo, os alunos poderão discutir os fenômenos eletromagnéticos envolvidos no funcionamento do elevador, o professor nesta ocasião deve articular as teorias abordadas com as aplicações envolvidas, patrocinando um ambiente interativo conduzindo os alunos a manipular dados operacionais na composição do elevador, seja por exemplo, o que ocorre no motor se um dos sensores não atuar? Existem um limite de carga, que possa ser transportada? Que fatores determinam este limite? E assim o professor pode explorar diversas situações que for conveniente.

7.10 Sugestões de Links

<https://www.robocore.net/>

<https://www.usinainfo.com.br/>

7.11 Sugestão de Questões do Módulo D

QUESTÃO 1. O professor pode simular uma falha na montagem do sistema do elevador, e solicitar que os alunos identifiquem o erro e justifiquem os efeitos produzidos por esta falha.

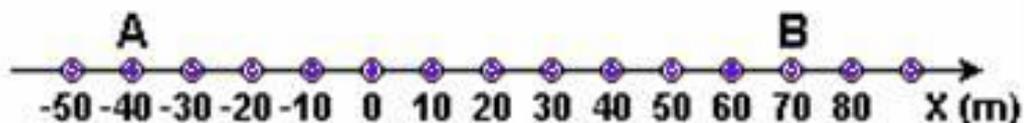
QUESTÃO 2. Utilizando o multímetro em escalas apropriadas, estimule os alunos a mensurar grandezas elétricas (corrente, tensão e potência elétrica) em diversos potenciais do elevador.

QUESTÃO 3. Depois de dirigir uma van em uma estrada retilínea por 8,4 Km a 70 Km/h, você para por falta de gasolina. Nos 30 min seguintes você caminha por mais 2,0 Km ao longo da estrada até chegar ao posto de gasolina. Qual é o deslocamento total, desde o início da viagem até chegar ao posto de gasolina?

02. A tabela refere-se ao movimento de um caminhão em uma rodovia. Determine o deslocamento escalar percorrida do caminhão entre $t_1 = 12$ h e $t_2 = 15$ h. Suponha que em cada intervalo de 1 h ele se desloca sempre no mesmo sentido.

t (h)	12	13	14	15	16	17	18
s (Km)	120	170	200	170	150	100	0

QUESTÃO 4. (UFC) Uma partícula desloca-se sobre uma reta na direção x. No instante $t_A = 1,0$ s, a partícula encontra-se na posição A e no instante $t_B = 6,0$ s encontra-se na posição B, como indicadas na figura a seguir.



Determine a velocidade média da partícula no intervalo de tempo entre os instantes t_A e t_B .

QUESTÃO 5. (CEFET) Num Shopping há uma escada rolante de 6 m de altura e 8 m de base que transporta uma pessoa entre dois andares consecutivos num intervalo de tempo de 20 s. A velocidade média desta pessoa, em m/s, é:

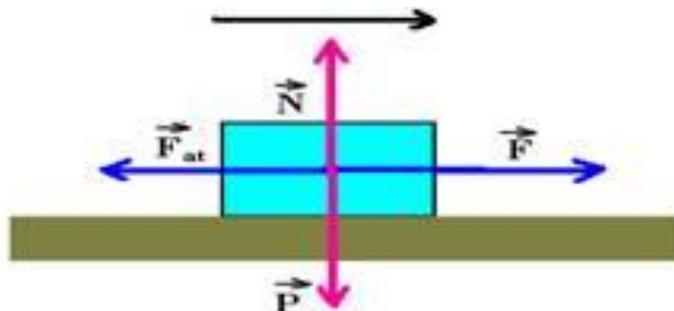
- a) 0,2 b) 0,5 c) 0,9 d) 0,8 e) 1,5

05. QUESTÃO 6. (UFLA-MG) Dois corpos 1 e 2 estão em movimento uniforme. Considerando que a massa M_1 do corpo 1 é metade da massa M_2 do corpo 2, e que a velocidade v_1 do corpo 1 é quatro vezes maior do que a velocidade v_2 do corpo 2, é CORRETO afirmar que a energia cinética do corpo 1 é:

- a) quatro vezes maior do que a energia cinética do corpo 2.
 b) metade da energia cinética do corpo 2.
 c) oito vezes maior do que a energia cinética do corpo 2.
 d) o dobro da energia cinética do corpo 2.

QUESTÃO 7. (UNESP-SP) Um projétil de 20 gramas, com velocidade de 240m/s, atinge o tronco de uma árvore e nele penetra uma certa distância até parar. Determine a energia cinética E , do projétil, antes de colidir com o tronco.

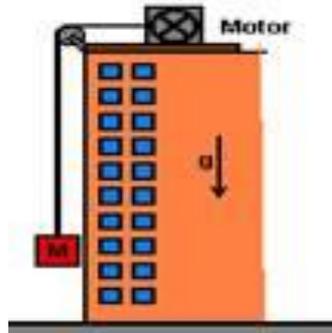
QUESTÃO 8. (UFMG-MG) Um bloco movimenta-se sobre uma superfície horizontal, da esquerda para a direita, sob ação das forças mostradas na figura.



Pode-se afirmar que:

- a) apenas as forças e realizam trabalho.
 b) apenas a força realiza trabalho.
 c) apenas a força realiza trabalho
 d) apenas as forças e realizam trabalho
 e) todas as forças realizam trabalho

QUESTÃO 9. (FUVEST-SP). Um elevador de carga, com massa $M = 5\,000\text{ kg}$, é suspenso por um cabo na parte externa de um edifício em construção. Nas condições das questões a seguir, considere que o motor fornece a potência $P = 150\text{ kW}$. ($g=10\text{m/s}^2$)

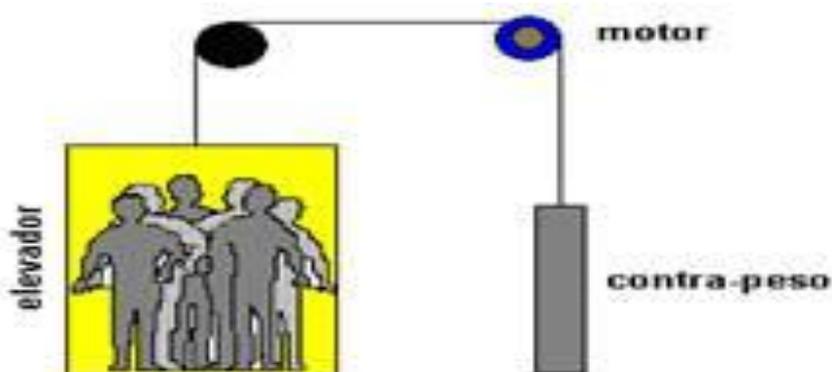


- Determine a força F_1 , em N, que o cabo exerce sobre o elevador, quando ele é puxado com velocidade constante.
- Determine a força F_2 em N, que o cabo exerce sobre o elevador, no instante em que ele está subindo com uma aceleração para cima de módulo $a = 5\text{ m/s}^2$.
- Levando em conta a potência P do motor, determine a velocidade V_2 em m/s, com que o elevador estará subindo, nas condições do item (b) ($a = 5\text{ m/s}^2$).
- Determine a velocidade máxima V_M , em m/s, com que o elevador pode subir quando puxado pelo motor.

NOTE E ADOTE:

A potência P , desenvolvida por uma força F , é igual ao produto da força pela velocidade V do corpo em que atua, quando V tem a direção e o sentido da força.

QUESTÃO 10. (UFPE) Um elevador de massa $m_e = 200\text{ kg}$ tem capacidade máxima para 6 pessoas, cada uma com massa $m_p = 70\text{ kg}$.



Como forma de economizar energia, há um contra-peso de massa $m_{cp} = 220\text{ kg}$. Calcule a potência mínima que o motor deve desenvolver para fazer com que o

elevador possa subir com a carga máxima e velocidade constante $v = 0,5 \text{ m/s}$.
Expresse o resultado em kW. Considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

10. (ITA-SP) Uma escada rolante transporta passageiros do andar térreo A ao andar superior B, com velocidade constante.



A escada tem comprimento total igual a 15m, degraus em número de 75 e inclinação igual a 30° . Dados: $\sin 30^\circ = 0,5$ e $g = 10 \text{ m/s}^2$. Determine:

- o trabalho da força motora necessário para elevar um passageiro de 80kg de A até B.
- a potência correspondente ao item anterior empregada pelo motor que aciona o mecanismo efetuando o transporte em 30s.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, André Koch Torres. **Os Fundamentos Experimentais e Históricos da eletricidade**, Livraria da Física. 2011.
- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11^a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física III - Eletromagnetismo**, 14. ed. São Paulo. Pearson, 2016.
- YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física I – Mecânica**, 14. ed. São Paulo, Pearson, 2016.
- HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v.1.
- HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v.3.
- MONK, Simon. **Programação com arduino – começando com sketches**. 2. ed. Porto Alegre: bookman, 2017.
- GRAF. **Física 1 Mecânica**. 5. ed. São Paulo: Edusp. 2012. v. 1
- GRAF, *Física 3 Eletromagnetismo*. 5. ed. São Paulo: Edusp. 2012. v. 3
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa. **Calor e temperatura: um ensino por investigação**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2014.
- BRAGA, Nilton C. **Como funcionam os sensores de efeito Hall**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/6640-como-funcionam-os-sensores-de-efeito-hall-art1050>>. Acesso em: 01 março 2019
- BRAGA, Nilton C. **Retificação – como funciona**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/15161-retificacao-como-funciona-art3972>>. Acesso em: 05 de março 2019.
- BRAGA, Nilton C. **Retificação – Como funcionam potenciômetros e trimpot**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3379-art472>>. Acesso em 05 de março 2019.
- USINAINFO, **Regulador de Tensão Ajustável LM2596 DC Step Down (Para Menos) com Display - Saída 1,25V a 37V**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/reguladores-de-tensao/regulador-de-tensao-ajustavel-lm2596-dc-step-down-para-menos-comdisplay-saida-125v-a-37v-2553.html?search_query=modulo+regulador+ajustavel&results=9>. Acesso em: 05 de março 2019.
- USINAINFO. **Driver Ponte H ou Motor de Passo - L298N**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/drivers-para-motores/driver-ponte-h-ou-motor-de-passo>

-l298n-2302.html.> Acesso em: 05 de março 2019.

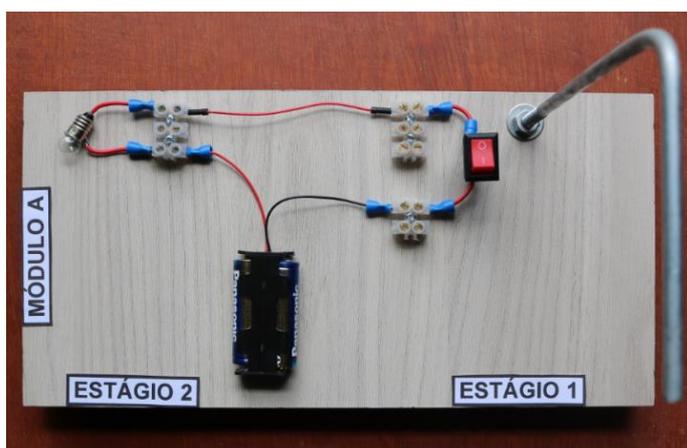
USINAINFO. **Módulo Sensor de Efeito Hall.** Disponível

em:<https://www.usinainfo.com.br/sensor-efeito-hall-arduino/modulo-sensor-de-efeito-hall-para-arduino-2633.html?search_query=modulo+sensor+efeito+hall&results=9>

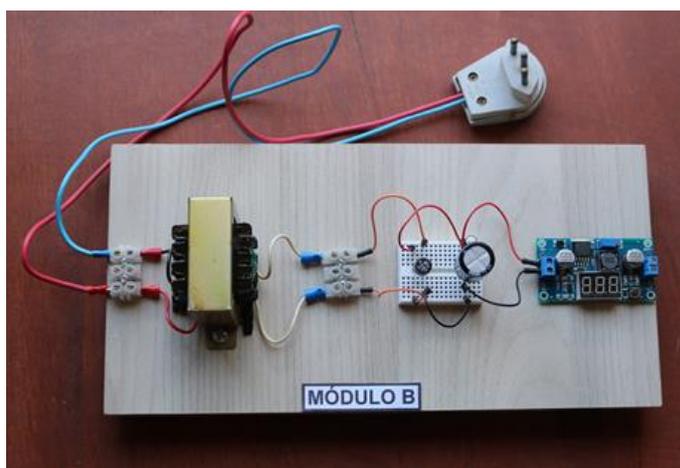
Acesso em: 05 de março 2019.

APÊNDICE D - MANUAL DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL – MÓDULOS AUXILIARES

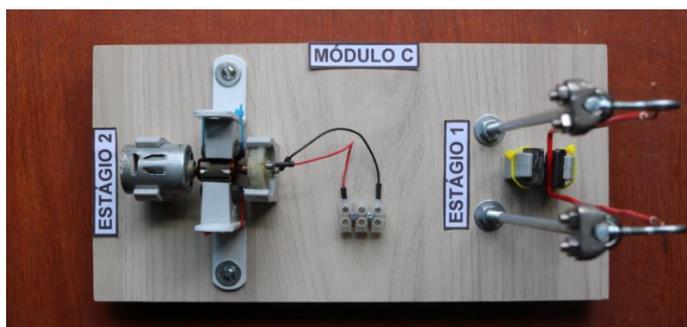
MANUAL DE ATIVIDADE DO ALUNO



A



B



C

 <p>SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA Mestrado Nacional em Ensino de Física - Pólo UFPE - CAA</p>  <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO</p>	<p>FÍSICA EXPERIMENTAL</p> <p>MÓDULO A</p> <p>ELETROMAGNETISMO – ESTÁGIO 1</p> <p>Atividade experimental 1.</p> <p>Percebendo campo e força elétrica através de um pêndulo eletrostático.</p> <p>Aula nº ____ Data: ____ / ____ / ____</p>
<p>ESCOLA AARÃO LINS DE ANDRADE</p> <p>Aluno: _____ Série: _____</p> <p>Aluno: _____ Série: _____</p>	

OBJETIVOS

- Experimentar e discutir processos de eletrização.
- Identificar experimentalmente a existência de um campo elétrico e uma força elétrica.
- Desenvolver conceitos de campo e força elétrica.
- Discutir as resoluções das questões experimentais.

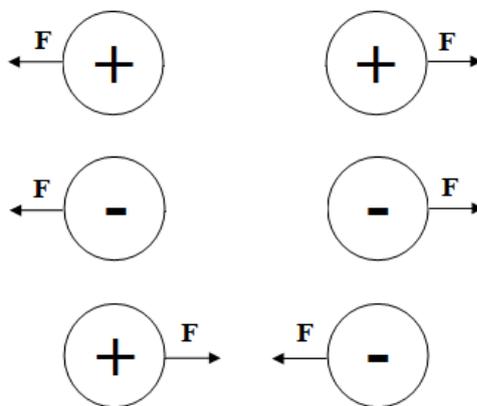
1 CARGAS ELÉTRICAS – UM BREVE HISTÓRICO

A carga elétrica é uma propriedade intrínseca das partículas fundamentais de que é feita a matéria: em outras palavras é uma propriedade associada a existência dessas partículas. [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.3]

A grande quantidade de cargas que existe em qualquer objeto geralmente não pode ser observada porque o objeto contém quantidades iguais de dois tipos de carga: cargas positivas e cargas negativas. Quando existe esta igualdade (ou equilíbrio) de cargas, diz-se que o objeto é eletricamente neutro, ou seja, sua carga total é zero. [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.3]

Propriedades das cargas elétricas.: Cargas de mesmo sinal se repelem e cargas de sinais contrários se atraem, como indicado na **Figura 1**. [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.3]

Figura 1 - Propriedades das cargas elétricas.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

2 ELETRIZAÇÃO

Na prática, quando se eletriza um objeto positivamente, há elétrons em falta, e quando se eletriza o objeto negativamente, há elétrons em excesso. A eletrização é um processo de transferência de elétrons de um material para outro, sem que haja perda ou destruição de elétrons, mantendo desta forma a conservação da carga. [YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. Física III - Eletromagnetismo]

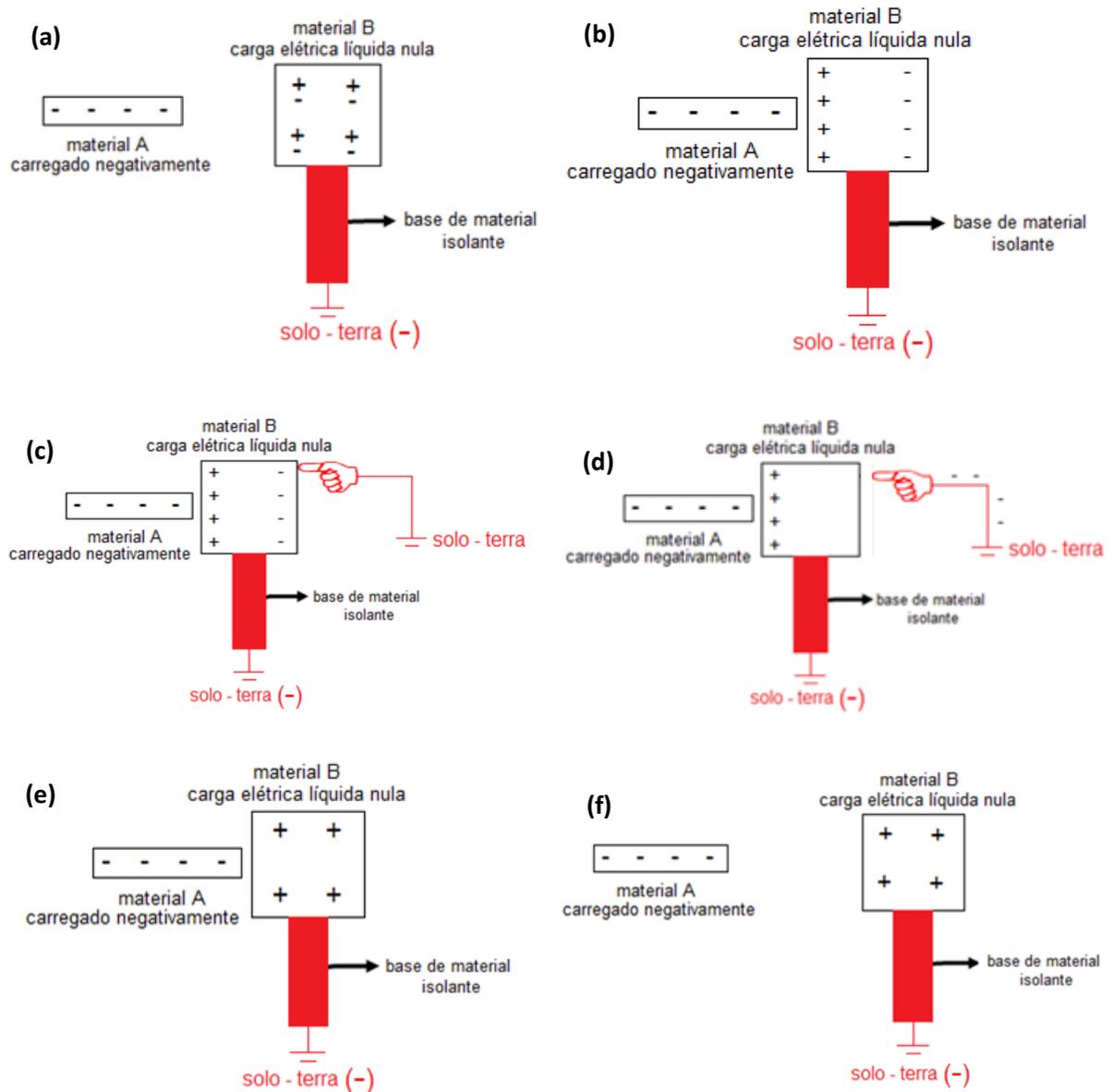
Mecanismos de eletrização

- **Por atrito:** ocorre quando friccionamos um material em outro, e assim ambos adquirem partículas com cargas elétricas positivas ou negativas. [Paul G. Hewaitt ,Física conceitual. 11a ed]
- **Por contato:** este método consiste em transportar elétrons de um material a outro, através de um simples contato, por exemplo: imagine um material A carregado negativamente (excesso de elétrons) interagindo, por contato, um material B, eletricamente neutro, mas bom condutor). Devido ao contato, alguns elétrons serão transferidos para o material B, carregando-o negativamente. [Paul G. Hewaitt, Física conceitual. 11a ed]

- **Por indução:** considere este processo nas seguintes situações ilustrada na **Figura 2**.

[Paul G. Hewaitt, Física conceitual. 11a ed]

Figura 2 – Processo de eletrização de eletrização.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 2a: o material A está eletrizado negativamente e afastado do material B com carga elétrica líquida nula e apoiado sobre uma base isolante não permitindo que a carga elétrica seja transferida para o solo.

Figura 2b: Aproximando o material A do material B induzimos carga elétrica negativa de A em B, onde serão repelidos os elétrons livres do material B, e atraídos as cargas positivas para a vizinhança do material A. Nesta condição o material B obterá duas zonas de cargas elétricas, sendo uma com excesso de elétrons, e outra com falta.

Figura 2c: tocando-se com o dedo no material B, cargas negativas escoarão para o terra percorrendo o corpo, como ocorre num fio metálico, neste caso a terra funciona como um depósito de cargas elétricas negativas.

Figura 2d: afastando-se o dedo do material B e em seguida o material A, o que restará no material B serão as cargas positivas.

Figuras 2e – 2f: obterem-se então dois materiais eletrizados com cargas opostas.

3 LEI DE COULOMB

Duas partículas carregadas exercem forças uma sobre a outra. Se as cargas das partículas têm o mesmo sinal, as partículas se repelem, ou seja, são submetidas a forças que tendem a afastá-las. Se as cargas das partículas têm sinais opostos, as partículas se atraem, ou seja, são submetidas a forças que tendem a aproximá-las. Esta força de repulsão ou atração, associada à carga elétrica dos objetos, é chamada de força elétrica. [Paul G. Hewaitt, Física conceitual. 11a ed]

Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) estudou as forças de interação entre partículas carregadas em 1784. [YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. Física III - Eletromagnetismo] Ele verificou que a força elétrica entre as duas cargas q_1 e q_2 é proporcional a cada uma das cargas e, portanto, proporcional ao produto q_1q_2 das duas cargas.

Desse modo, Coulomb estabeleceu uma relação hoje conhecida como lei de Coulomb: O módulo da força elétrica entre duas cargas puntiformes é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas. [YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. Física III - Eletromagnetismo]

Em termos matemáticos, o módulo F da força que qualquer uma das duas cargas q_1 e q_2 , separadas por uma distância r , exerce sobre a outra pode ser expresso pela relação

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (1)$$

onde, \hat{r} é um vetor unitário na direção da reta que liga as duas partículas, r é a distância entre as partículas e k é uma constante. Se as partículas têm cargas de mesmo sinal a força a que a partícula 1 é submetida o sentido de \hat{r} .

No Sistema internacional (SI), temos:

- Força (\vec{F}) em Newton (N);
- Constante (k) em $\frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2}$
- Carga elétrica (q) em Coulomb (C)

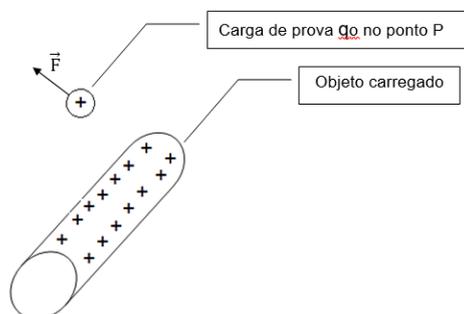
Utilizamos a Lei de Coulomb numa relação entre duas cargas puntiforme, denominaremos de q_1 e q_2 onde estarão estabelecidas uma força entre elas, no entanto sabemos experimentalmente que havendo uma outra carga q_3 envolvida nesta relação, estará sujeita a ação da força das duas cargas individualmente.

4 CAMPO ELÉTRICO

O campo elétrico, \vec{E} , é um campo vetorial, constituído por uma distribuição de vetores, um para cada ponto de uma região em torno de uma carga elétrica ou de um objeto eletricamente carregado, [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.3] como por exemplo um bastão de vidro. Em princípio, pode-se definir um campo elétrico em um ponto nas proximidades de um objeto carregado, como o ponto P da **Figura 4** da seguinte forma: coloca-se no ponto P uma carga positiva q_0 , chamada carga de prova, em seguida, mede-se a força eletrostática \vec{F} que age sobre a carga q_0 e define-se o campo elétrico \vec{E} , ver **Figura 3** produzido pelo objeto através da equação, [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.3]

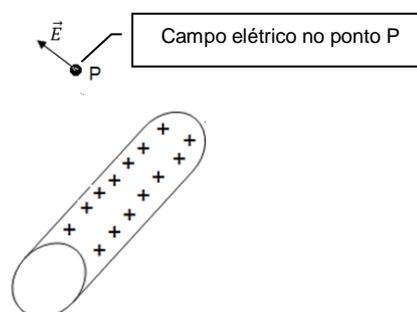
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (2)$$

Figura 3 – Carga de prova positiva q_0 está colocada em um ponto P nas proximidades de um objeto carregado. Uma força \vec{F} age sobre a carga de prova.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 4 – O campo elétrico \vec{E} no ponto P produzido por um objeto carregado.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

A unidade de campo elétrico no SI é newton por coulomb (N/C). Embora seja usada uma carga de prova para definir o campo elétrico produzido por um objeto carregado, o campo existe independentemente da carga de prova. [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.3]

4.1 Linhas de Campo Elétrico

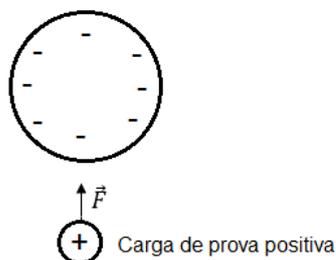
O cientista inglês Michael Faraday, que introduziu a ideia de campos elétricos no século XIX, [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.3] imaginava que o espaço nas vizinhanças de um corpo eletricamente carregado era ocupado por linhas de força. Embora não se acredite mais na existência dessas linhas, hoje conhecidas como linhas de campo elétrico, elas são uma boa maneira de visualizar os campos elétricos.

A relação entre as linhas de campo e os vetores de campo elétrico é a seguinte: [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.3] (1) em qualquer ponto, a orientação de uma linha de campo retilínea ou a orientação da tangente a uma linha de campo não-retilínea é a orientação do campo elétrico \vec{E} nesse ponto; (2) as linhas de campo são desenhadas de tal forma que o número de linhas por unidade de área, medidas em um plano perpendicular às linhas, é proporcional ao módulo de \vec{E} . Assim, \vec{E} tem valores

elevados nas regiões em que as linhas de campo estão próximas e valores pequenos nas regiões em que as linhas de campo estão mais afastadas. [Hallyday]

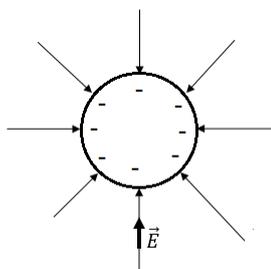
A **Figura 5** mostra uma esfera com uma distribuição homogênea de cargas negativas. Ao colocar-se uma carga de prova positiva nas proximidades da esfera, esta carga de prova é submetida a uma força eletrostática dirigida para o centro da esfera. Isso significa que em todos os pontos nas proximidades da esfera o vetor campo elétrico aponta para o centro da esfera. Esse padrão pode ser visto nas linhas de campo da **Figura 6**. [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.3]

Figura 5 – Uma força eletrostática \vec{F} age sobre uma carga de prova positiva colocada nas proximidades de uma esfera que contém uma distribuição uniforme de cargas negativas.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

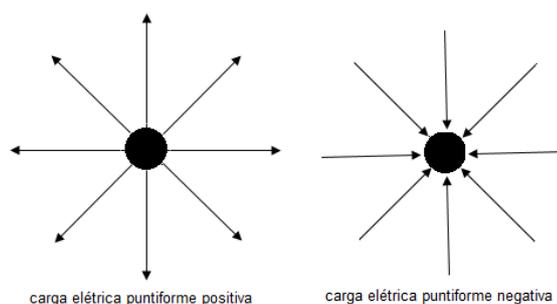
Figura 6 – O vetor campo elétrico \vec{E} na posição da carga de prova e as linhas de campo no espaço que cerca a esfera. As linhas de campo elétrico terminam na esfera negativamente carregada.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Uma forma de representar o campo elétrico é através de suas linhas de força elétrica, [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.3] essas linhas apontam direção e sentido do campo. Considerando-se, por exemplo, duas cargas elétricas isoladas, tem-se que as linhas de campo se prolongam ao infinito seja afastando-se da carga elétrica positiva ou se aproximando da carga elétrica negativa, conforme ilustrado na **Figura 7**. [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.3]

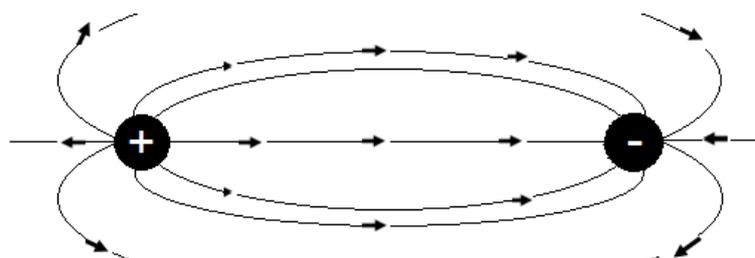
Figura 7 – Representação de linhas de campo elétrico em cargas pontuais.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Quando duas cargas elétricas puntiformes de sinais opostos são postas a uma certa distância uma da outra, forma-se um dipolo elétrico. [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.3]. As linhas de campo sofrerão alterações devido as superposições de campo e um campo elétrico resultante é formado como visto na **Figura 8**.

Figura 8 – Representação de linhas de campo elétrico em um dipolo.



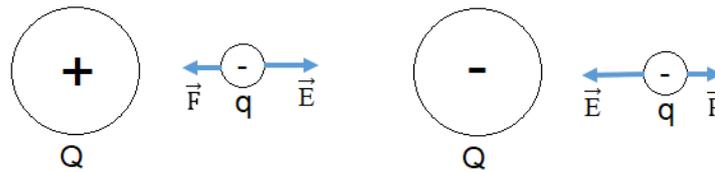
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Nesta configuração, as linhas de campo elétrico se afastam das cargas positivas (onde começam) e se aproximam das cargas negativas (onde terminam). [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.3]

4.2 Força Elétrica Sobre um Corpo Carregado

Quando se submete uma carga elétrica q a ação de um campo elétrico \vec{E} , sujeita-se esta carga a uma força que a deslocará na direção das linhas de campo, e no sentido que depende da relação de sinais entre as cargas. Estas duas possibilidades são representadas na **Figura 9**.

Figura 9 - Representação da força elétrica sobre uma carga de prova imerso a um campo elétrico produzido por uma carga Q.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O que acontece com uma partícula carregada quando está na presença de um campo elétrico produzido por outras cargas estacionárias ou que estejam se movendo lentamente? A partícula é submetida a uma força eletrostática resultante dada por

$$\vec{F} = q\vec{E}, \quad (3)$$

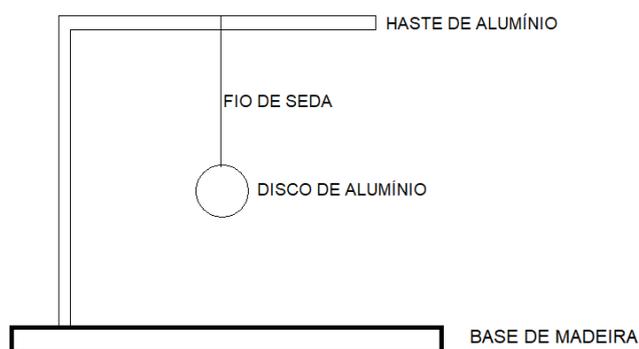
onde q é a carga da partícula (incluindo o sinal) e \vec{E} é o campo elétrico resultante produzido pelas outras cargas na posição da partícula.

A força eletrostática \vec{F} que age sobre uma partícula carregada submetida a um campo elétrico \vec{E} tem o mesmo sentido que \vec{E} se a carga q da partícula for positiva ou o sentido oposto se a carga q for negativa.

MATERIAL – Pêndulo Eletrostático, como indicado na Figura 10.

- Base de madeira MDF; PRATEFIX Linha classic pérola 15 x 30.
- Haste de alumínio em forma de L com uma extremidade em rosca.
- 20 cm de fio de seda.
- 01 círculo de papel alumínio com diâmetro de 2,5 cm.
- 01 seta de papel alumínio (opcional).
- 04 Arruelas.
- 02 porcas.
- Canudo de plástico.
- Folha de guardanapo de papel.
- Suporte para o canudo de plástico.

Figura 10 - Vista lateral do pêndulo eletrostático.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

PROCEDIMENTOS

- P1. Instale círculo de alumínio na haste do módulo A estágio 1.
- P2. Eletrize por atrito o canudo de plástico com o guardanapo e os separe.
- P3. Refaça o procedimento P2 e aproxime o canudo de plástico do círculo de alumínio.
- P4. Inicialmente faça um contato da lateral de um dos dedos da mão no círculo de alumínio, e o remova. Repita o procedimento P3, e quando o círculo for repellido pelo canudo de plástico, afaste-o e aguarde o círculo voltar a sua posição de equilíbrio, e em seguida reaproxime o canudo.

SUGESTÃO DE QUESTÕES DO MÓDULO A – ESTÁGIO 1

01. Após o procedimento P2:
 - a) O que significa dizer corpos eletrizados?
 - b) O que ocorre na estrutura atômica de ambos os corpos?
 - c) Os dois corpos adquirem cargas iguais ou diferentes?
 - d) Qual a grandeza física produzida na vizinhança do canudo de plásticos?

02. Observe, que o círculo de alumínio é atraído para o canudo até encostar, e em seguida afasta-se, qual a grandeza física responsável diretamente pelo movimento deste círculo? E por que isto ocorre?

03. No procedimento 4, que mecanismo de eletrização você utilizou no círculo, antes de repetir o procedimento P3? Quando você reaproxima o canudo o círculo se move no sentido contrário, o que motivou este movimento e sua causa?

REFERÊNCIAS

Assis, André Koch Torres (2011), **Os Fundamentos Experimentais e Históricos da eletricidade**, Livraria da Física.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11^a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A., FÍSICA III - **Eletromagnetismo**, 12^a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008.

HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v.3.

 <p>SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA Mestrado Nacional em Ensino de Física - Pólo UFPE - CAA</p>  <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO</p>	<p>FÍSICA EXPERIMENTAL</p> <p>MÓDULO A</p> <p>ELETRICIDADE – ESTÁGIO 2</p> <p>Atividade experimental 2:</p> <p>Investigando causa, efeito e intensidade da corrente elétrica no circuito.</p> <p>Aula nº _____ Data: ____/____/____</p>
<p>ESCOLA AARÃO LINS DE ANDRADE</p> <p>Aluno: _____ Série: _____</p> <p>Aluno: _____ Série: _____</p>	

OBJETIVOS

- Discutir a leitura do texto da introdução;
- Montar circuito elétrico;
- Medir corrente elétrica no circuito;
- Responder e socializar as questões propostas.

5 INTRODUÇÃO A CORRENTE ELÉTRICA

5.1 Condutividade em Metais

TEXTO: Investigando causa, efeito e intensidade da corrente elétrica no circuito.

Muitas vezes ficamos a nos perguntar, como funcionam os equipamentos eletroeletrônico? O que eles necessitam para realizar suas funções? Com certeza

alguém já ouviu falar sobre corrente elétrica, mas como ela surge, por onde ela caminha e como podemos determiná-las? Diante destas e tantas outras indagações, vamos fazer uma breve abordagem acerca da corrente elétrica.

É comum percebermos que os equipamentos eletrônicos, são construídos de diferentes materiais sejam eles: metais, plásticos, borrachas, e etc. Esses materiais possuem suas características elétricas próprias em suas estruturas atômicas.

Os metais, como bom exemplo de condutor de eletricidade, pois sua estrutura atômica permitem que a corrente elétrica possa fluir facilmente, convertendo energia elétrica em energia térmica, este fato muitas vezes pode ser detectado através das variações de temperatura ao aproximarmos, por exemplo, de um ferro de passar roupa, chuveiro elétrico, forno elétrico e tantos outros aparelhos que convivemos no nosso dia-a-dia. Por outro lado, encontramos plásticos, borrachas, porcelanas e muitos outros que dificulta a fluidez da corrente elétrica, daí atribuímos as características de maus condutores elétricos, ou simplesmente isolante elétrico. Logo esses materiais visivelmente encontrados nos aparelhos eletroeletrônicos, controlam o fluxo da corrente elétrica em seu interior.

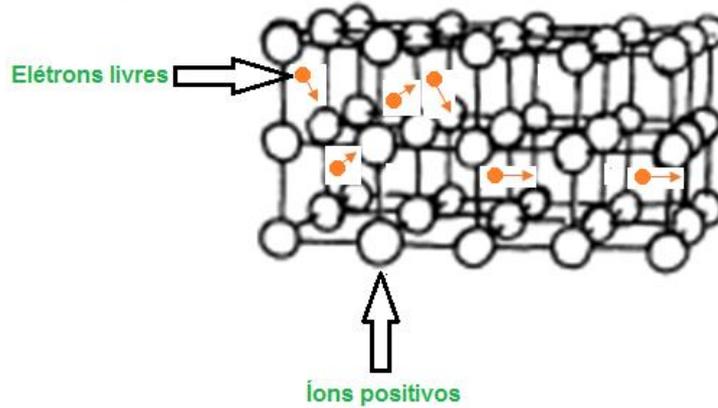
Como o assunto em questão é corrente elétrica, daremos ênfase aos metais, pois estes são responsáveis pelas conexões dos componentes elétricos/eletrônicos que constituem o circuito elétrico.

Os metais como meio condutor, por exemplo, o fio elétrico é constituído por uma grande quantidade de átomos, que por sua vez cada átomo exerce uma fraca atração nos elétrons mais afastados, desse modo tendem a compartilhar elétrons de sua camada de valência tornando-se um íon positivo, este conjunto de íons constitui uma rede cristalina conforme o modelo da figura 1, enquanto os elétrons livres se movem de forma aleatória no interior da rede cristalina garantindo uma estrutura neutra.

5.2 Como se forma a corrente elétrica

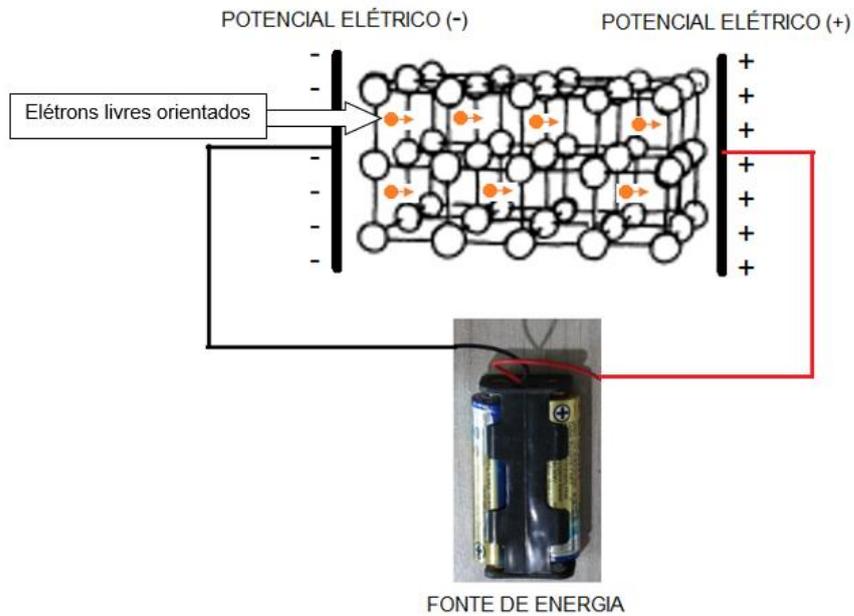
O movimento aleatório dos elétrons livres no interior do fio metálico, como ilustra a **Figura 11**, não é condição suficiente para que haja a corrente elétrica, e sim o movimento ordenado desses elétrons livres, ou seja, mantê-los na direção e sentido preferencial caracterizando assim uma corrente elétrica. Para que esta condição esteja satisfeita é necessário aplicar um campo de força elétrica com direção e sentido uniforme, envolvendo a estrutura cristalina, teoricamente isto ocorre quando submetemos esta estrutura a uma diferença de potencial elétrico (uma bateria, por exemplo), a cada potencial elétrico teremos um campo elétrico associado, portanto teremos um campo elétrico entre os potenciais, podemos afirmar que: quando fechamos um circuito elétrico de um equipamento eletrônico, por exemplo, a uma fonte de energia elétrica este circuito estará submetido a um campo elétrico, que estabelecerá uma força elétrica, que atuará em cada íons e elétrons livres no interior deste circuito ordenando e acelerando estes elétrons livres, condição necessária para o estabelecimento da corrente elétrica, como ilustra a **Figura 12**.

Figura 11 - Elétrons livres no interior do metal.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 12 – Elétrons livres submetidos a diferença de potencial elétrico.



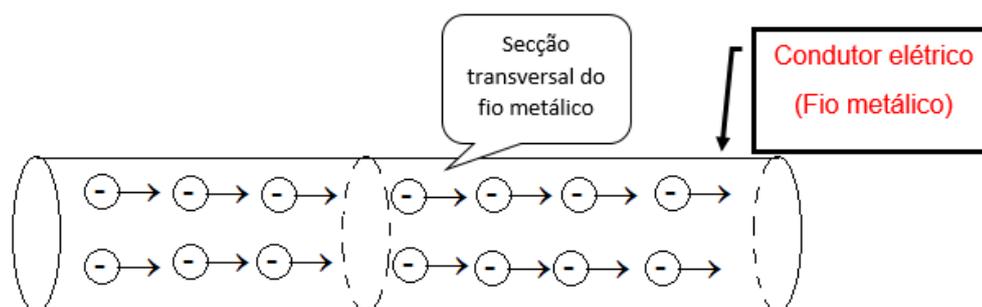
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

5.3 Medindo a corrente elétrica através do modelo matemático

A intensidade da corrente elétrica está associada a carga de elétrons livres transitando por uma seção transversal hipotética no interior de um condutor elétrico sob unidade de tempo, como ilustra a **Figura 13**.

Matematicamente, podemos definir: $i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$. Chamaremos de: $i \rightarrow$ corrente elétrica, $\Delta Q \rightarrow$ carga elétrica, $\Delta t \rightarrow$ intervalo de tempo.

Figura 13 - Representação hipotética de um condutor elétrico.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

No sistema internacional (SI) a unidade de corrente elétrica é o Ampère (A).

Definido, como: $1 \text{ Ampère (A)} = \frac{1 \text{ Coulomb(C)}}{1 \text{ segundo (s)}}$

SUGESTÃO DE QUESTÕES DO MÓDULO A – ESTÁGIO 2

01. Como você diferencia um condutor elétrico de um isolante elétrico? Você é capaz de identifica-los no seu cotidiano? Cite alguns exemplos de cada um deles.
02. Como denominamos os elétrons que estão mais fracamente ligados ao núcleo do átomo.
03. Do que é constituído e como está organizado o metal?
04. Pela secção transversal de um fio metálico 300 C a cada 60 s. Calcule a intensidade da corrente elétrica nesse condutor.

6 CIRCUITOS ELÉTRICOS

6.1 Conceito básico

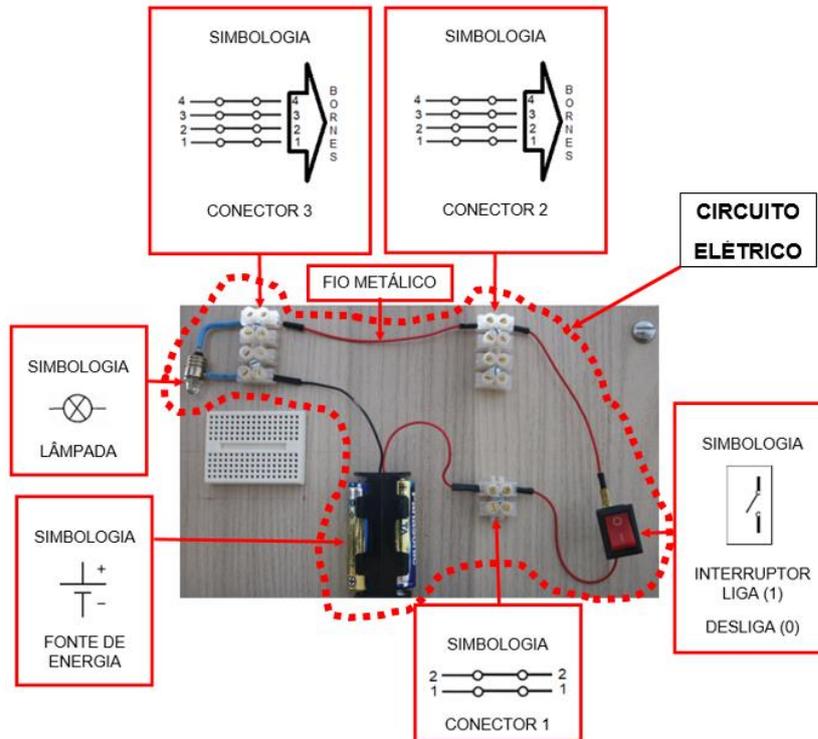
Trajetos percorridos por cargas elétricas de forma ininterrupta, chamamos de circuito fechado, e de forma interrompida de circuito aberto.

Utiliza-se facultativamente uma chave elétrica aberta/fechada estabelecendo a passagem ou bloqueio da corrente elétrica no circuito.

6.2 Circuito em série

É um circuito elétrico que integra dispositivos elétrico/eletrônico, de forma que mantenha a corrente elétrica circulando nos dispositivos. Isto ocorre quando chamamos de circuito fechado, conforme indicado na linha tracejada na **Figura 14**.

Figura 14 - Circuito elétrico – Módulo A.

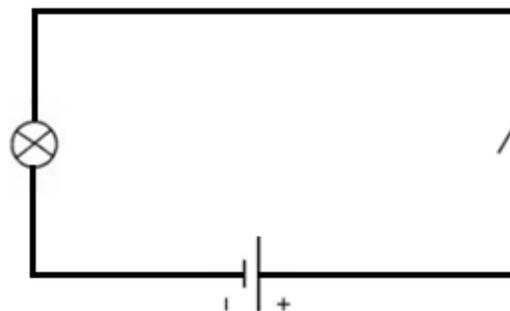


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

6.3 Esquema elétrico de um circuito

Denomina-se por diagrama ou esquema elétrico a representação simbólica, indicada na **Figura 15**, dos dispositivos constituintes do circuito elétrico.

Figura 15 - Representação do circuito elétrico.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

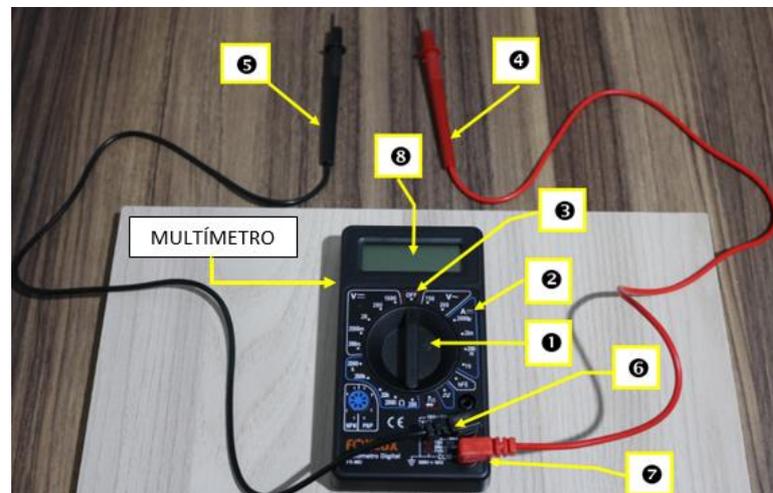
7 INSTRUMENTAÇÃO

A instrumentação trata-se do uso de equipamento elétrico/eletrônico, neste projeto daremos ênfase ao multímetro.

7.1 O que é um multímetro?

O multímetro ou multitest, é um instrumento destinado a medir grandezas físicas: tensão, corrente e resistência elétrica. Em função destas grandezas, o multímetro é constituído de voltímetro, amperímetro e ohmímetro, a opção por estas funções é monitorada por uma chave rotativa, como mostra a **Figura 16**.

Figura 16 - Multímetro.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

7.2 Escalas e funções do multímetro

- ❶ Seletor rotativo de funções e escalas.
- ❷ Função amperímetro (corrente contínua).
- ❸ Posição desligar o multímetro.
- ❹ Ponta de prova 1.
- ❺ Ponta de prova 2.
- ❻ Pino banana da ponta de prova (preto).
- ❼ Pino banana da ponta de prova (vermelho).
- ❽ Display.

MATERIAL

- Módulo A.
- Chave de fenda.
- Multímetro.
- Lâmpada (2,2V – 0,25A);
- 1 cabo de fio metálico pino-pino;
- Interruptor liga/desliga com dois cabos de fio metálico;
- Fonte de energia (suporte com duas pilhas AA – 1,5 V);
- 1 barra de conector (fixado) com 2 borne;
- 2 barras de conectores (fixados) de 4 bornes;
- Uma matriz de contato (não será utilizado).

PROCEDIMENTO 1 - Investigando o efeito da corrente elétrica

- I. Execute a montagem do circuito elétrico, observando na **Figura 14** com o interruptor na posição desligado (0).
- II. Posicione o interruptor na posição 1.
- III. posicione o interruptor na posição 0.
- IV. Inverta as posições dos fios metálicos da fonte de energia dos conectores 1 – borne 2, conector 3 – borne 1.

SUGESTÃO (1) DE QUESTÕES DO MÓDULO A – ESTÁGIO 2

05. A corrente elétrica percorre o interior da lâmpada em qual situação. Justifique.
06. Qual o efeito produzido por esta corrente elétrica sobre a lâmpada? Haverá transformação de energia, Qual?
07. Observando a situação IV, teremos alguma mudança no efeito da corrente elétrica sobre a lâmpada? E sobre o sentido da corrente elétrica?

PROCEDIMENTO 2 - Investigando a intensidade da corrente elétrica

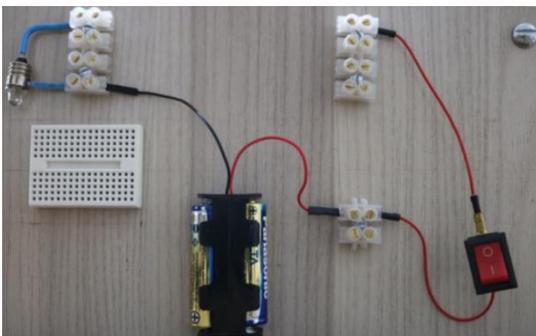
- V. Mantenha a montagem do circuito elétrico, observado na **Figura 14** com o interruptor na posição desligado (0).
- VI. Remova o fio metálico (utilize chave de fenda) que interliga o borne 4 do conector 2 com o borne 4 do conector 3.

- VII. Configure o multímetro posicionando o seletor rotativo de funções, na função amperímetro $A \text{---}$ e escalas ($\bullet 200\text{m}$).
- VIII. Conecte o pino banana preto no borne COM do multímetro e o pino banana vermelho no borne $10A \text{---} \text{MÁX.}$
- IX. Posicione o interruptor na posição liga (1).
- X. Posicione a ponta de prova vermelha do multímetro no conector 2 – borne 4 e a ponta de prova preta no conector 3 - borne 4.
- XI. Inverta as posições da ponta de prova.

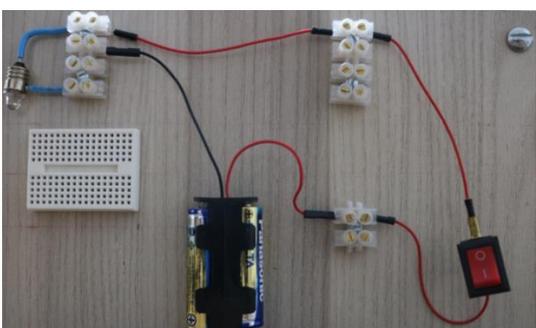
SUGESTÃO (2) DE QUESTÕES DO MÓDULO A – ESTÁGIO 2

08. Na situação VI, se por engano o multímetro for configurado em uma outra função, poderemos medir a intensidade da corrente elétrica?
09. Em qual situação o multímetro registra a intensidade da corrente elétrica? Qual a unidade no sistema internacional (SI) e o valor indicado no multímetro?
10. O que ocorre com a situação XI, observe o display do multímetro. Porque isto ocorre?
11. Qual das alternativas abaixo, o circuito elétrico permite que a lâmpada acenda?

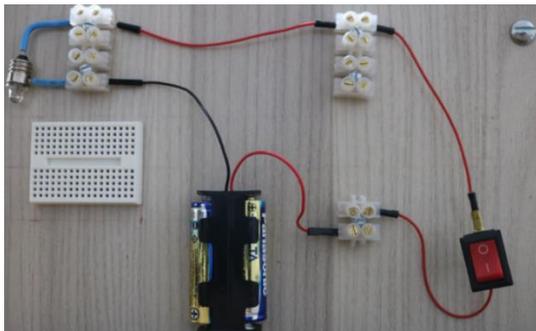
a)



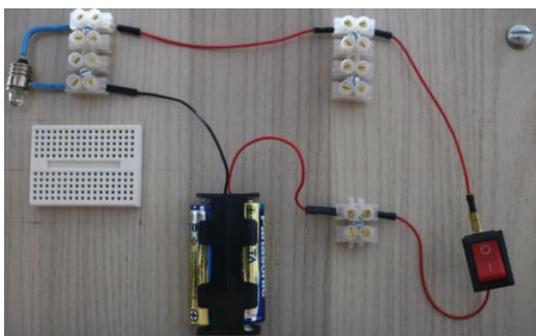
b)



c)



d)



12. Identifique através das setas numeradas, o nome dos componentes do circuito elétrico na figura abaixo.

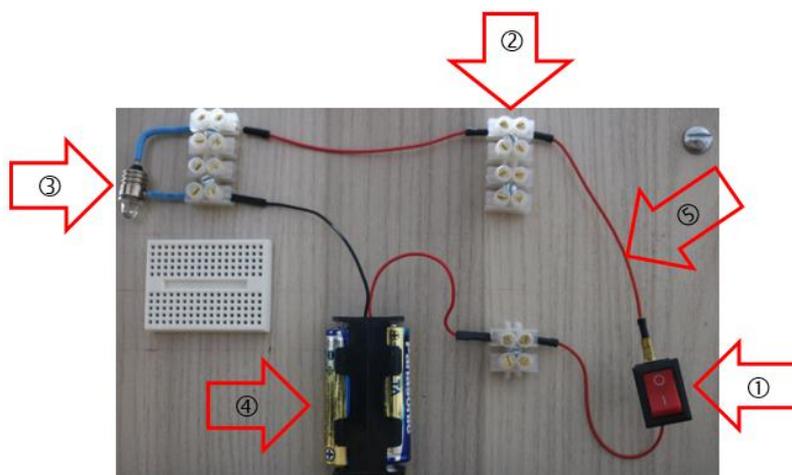


Figura: circuito elétrico

① _____

② _____

③ _____

④ _____

⑤ _____

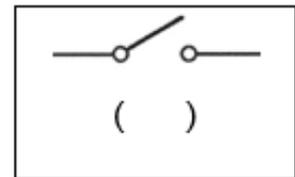
13. Enumere a 2ª coluna, de acordo com a 1ª coluna.

1ª Coluna: Componentes físicos.

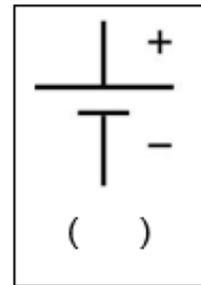
2ª coluna: Simbologia



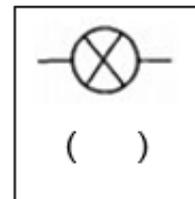
1



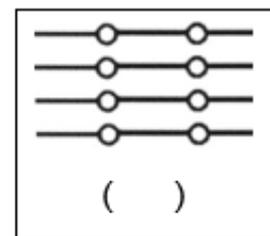
2



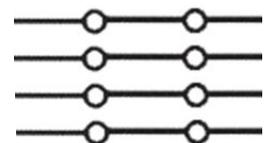
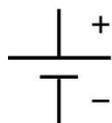
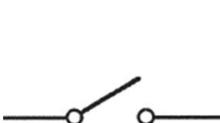
3



4



14. Utilizando as simbologias



Assinale a alternativa correta, quanto ao diagrama elétrico (representação simbólica do circuito elétrico), correspondente ao circuito elétrico mostrado na figura indicada abaixo:

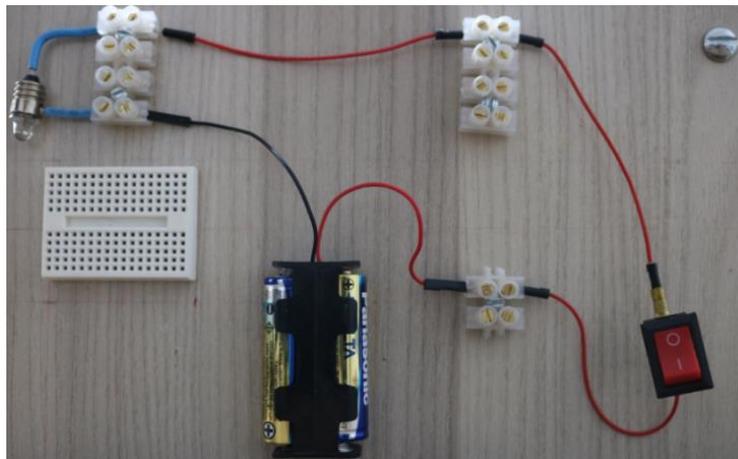
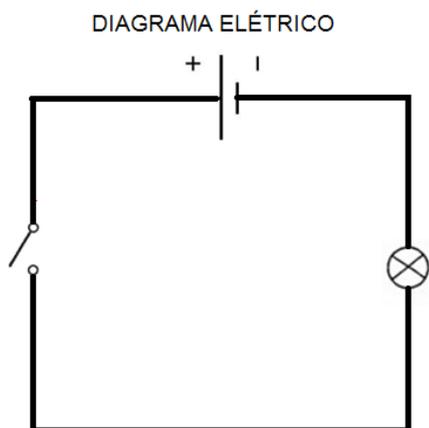
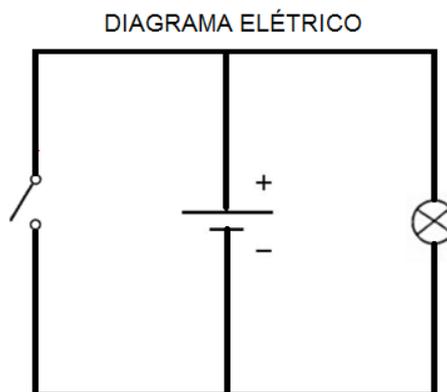


Figura - Circuito elétrico.

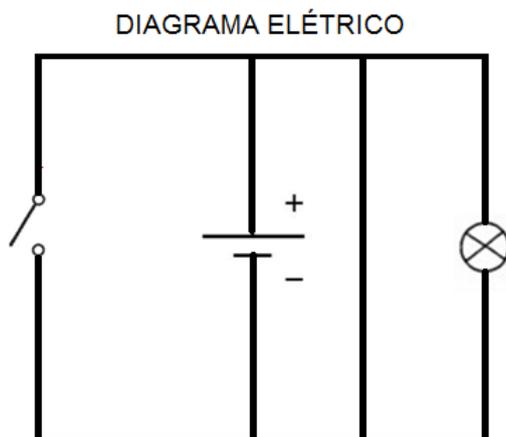
a)



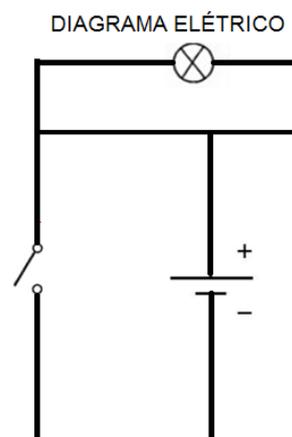
b)



c)



d)



REFERÊNCIAS

- GRF. Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Leituras de Física: **Eletromagnetismo**. Instituto de Física – USP, 1998. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/eletro4.pdf>> Acesso: em mai. 2018.
- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11^a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v.3.

 	<p style="text-align: center;">FÍSICA EXPERIMENTAL</p> <p style="text-align: center;">MÓDULO B</p> <p style="text-align: center;">DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS</p> <p>Atividade experimental 3:</p> <p>Fonte de tensão contínua ajustável.</p> <p>Aula nº ____ Data: ____ / ____ / ____</p>
<p>ESCOLA AARÃO LINS DE ANDRADE</p> <p>Aluno: _____ Série: _____</p> <p>Aluno: _____ Série: _____</p>	

OBJETIVOS

- Diferenciar uma tensão elétrica alternada de uma contínua.
- Identificar etapas de uma fonte de tensão contínua.
- Interpretar formas de ondas dos estágios de uma fonte de tensão.
- Analisar uma fonte de tensão contínua ajustável no ponto e vista funcional.

8 FONTE DE TENSÃO CONTÍNUA AJUSTÁVEL

8.1 O que é fonte de tensão contínua ajustável?

Conhecendo um pouco sobre instalação hidráulica, talvez um dia você tenha se perguntado, como a água chega em nossa torneira? Bem, antes de tudo é necessário um meio físico para que isto ocorra, podemos então listar dois materiais imprescindíveis normalmente encontrado em nossa residência: cano de PVC, torneira e uma fonte fornecedora de água. A partir desta fonte são direcionadas as conexões dos canos até a torneira, depois de tudo isso a água precisa de um “empurrãozinho” para chegar ao seu destino através das tubulações.

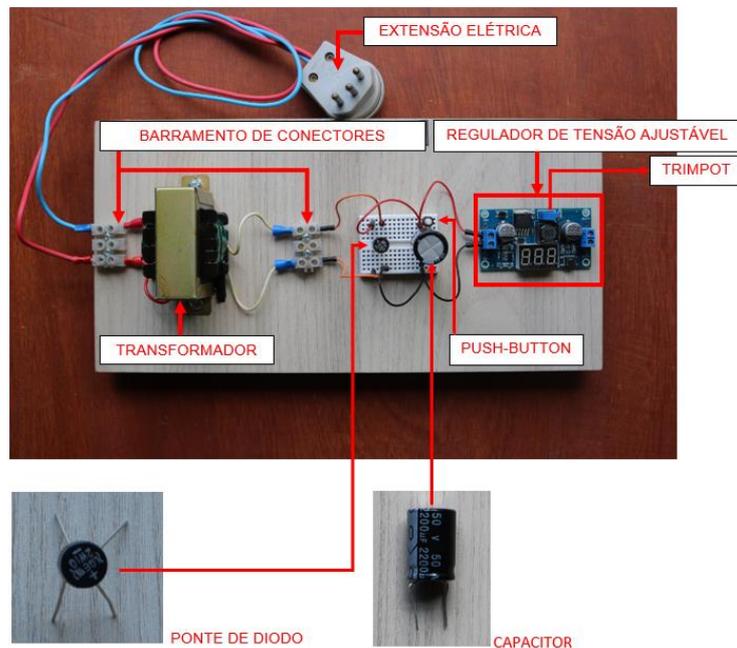
Note que o “empurrãozinho” anteriormente dito, trata-se da pressão fornecida por uma fonte fornecedora conduzindo água até nossa residência através da diferença de pressão entre as extremidades fornecedor-consumidor.

Analogamente a este exemplo, porém se tratando de cargas elétricas é necessária uma pressão para mover estas cargas de uma extremidade a outra, e denominaremos esta “pressão” de tensão elétrica, que estabelece uma diferença de potencial entre uma extremidade positiva e outra negativa, conforme indicado no módulo ajustável na **Figura 17**.

Esta tensão elétrica é dada em volts, e representamos com a letra V. A fonte de tensão contínua se caracteriza por manter uma diferença de potencial fixa em sua saída, ou seja, seus terminais não alternam, nessas condições a corrente elétrica se dará num só sentido. O termo ajustável aqui refere-se a variação do nível de tensão, isto é possível através de um potenciômetro, como mostra na **Figura 17** instalado no módulo de tensão ajustável.

Podemos citar alguns exemplos de fonte de tensão: bateria de automóvel, geradores elétricos, fonte chaveada de computadores, carregadores de celular.

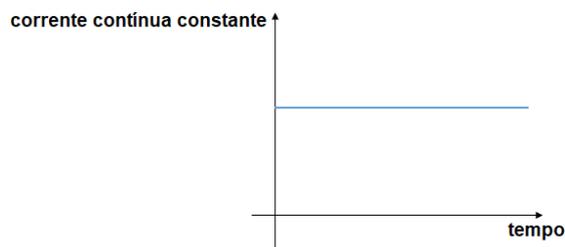
Figura 17 - Fonte de tensão contínua ajustável.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

8.2 Gráficos de corrente elétrica em função do tempo

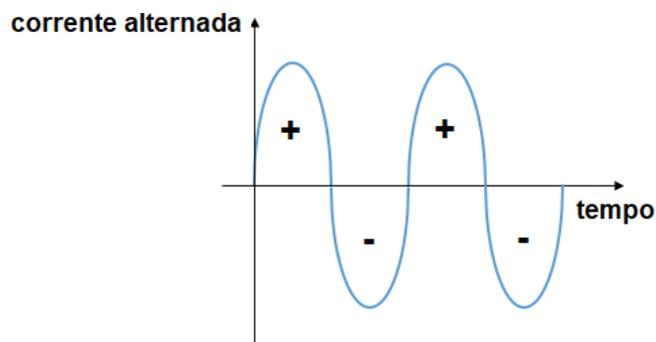
Figura 18 - Forma de onda da corrente contínua constante.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O gráfico da **Figura 18**, a corrente elétrica não varia em função do tempo, nem sofre inversão do sentido, e o movimento das cargas elétricas é dado num sentido preferencial. Denominamos esta corrente elétrica de contínua e constante (CC).

Figura 19 – Forma de onda da corrente alternada senoidal.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

No gráfico da **Figura 19**, O gráfico da corrente elétrica varia em módulo e sentido em função do tempo, ou seja, associamos um instante para cada corrente elétrica positiva ou negativa, isto significa que a corrente elétrica percorre um circuito fechado num sentido, e depois no sentido inverso. Este comportamento de corrente elétrica denominamos de corrente alternada (CA).

8.3 Transformando corrente elétrica alternada (ca) em corrente contínua (cc)

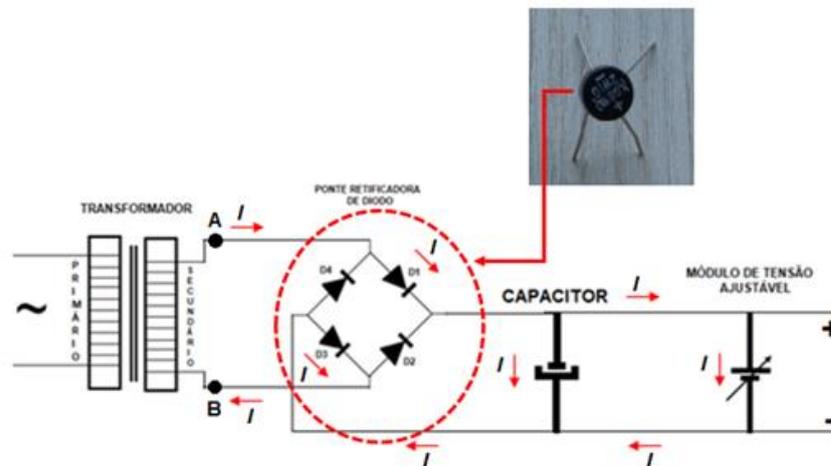
Com as novas tecnologias cada vez mais em ascensão, interagimos com diversos equipamentos elétricos/eletrônicos em nosso cotidiano, esses aparelhos em geral precisam de corrente elétrica para funcionarem o fato é, podemos fornecer qualquer tipo de corrente elétrica a um circuito de um aparelho eletrônico? Certamente que não, pois esses aparelhos devem atender as especificações técnicas do seu projeto, dentre os quais podemos destacar: a corrente elétrica de consumo, que na maioria dos circuitos eletrônicos é contínua, isto deve-se ao fato de possuírem componentes eletrônicos que só admitem ser percorrido por corrente elétrica num único sentido. Vale apenas salientar, que em nossa residência dispomos de uma fonte de tensão elétrica alternada instalada nas tomadas, quando a utilizamos por meio de um equipamento, por exemplo: uma televisão, computador, carregador de celular e etc. esta fonte estabelecerá uma corrente elétrica alternada, portanto não podemos alimentar diretamente um circuito de corrente contínua, o que fatalmente causará danos a estes aparelhos, no entanto é necessário intermediar um conversor de tensão alternada para contínua. Denominaremos este conversor de fonte de tensão contínua.

A seguir faremos uma análise dos princípios fundamentais de uma fonte de tensão contínua ajustável, utilizando: diagrama elétrico, diagrama em bloco, e representação gráfica de sinais elétricos.

8.4 Diagrama Elétrico

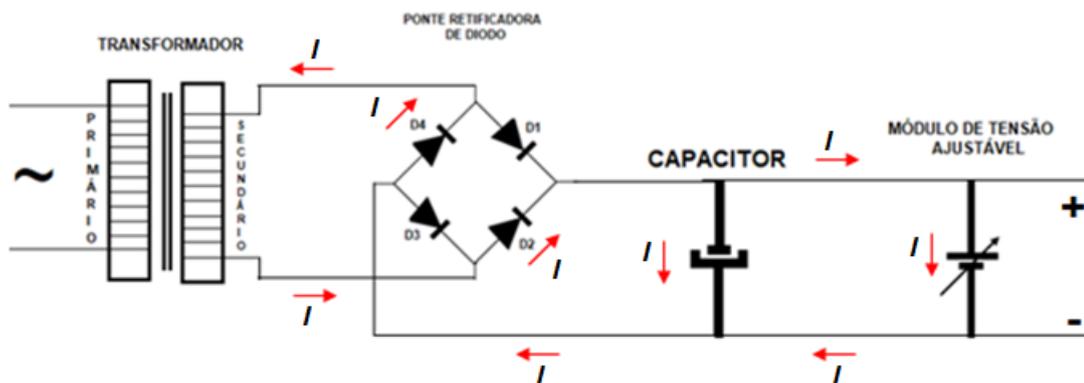
Consiste numa representação gráfica de um circuito elétrico, conforme ilustram as Figuras 20 - 21.

Figura 20 - Esquema elétrico de uma fonte de tensão constante ajustável



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

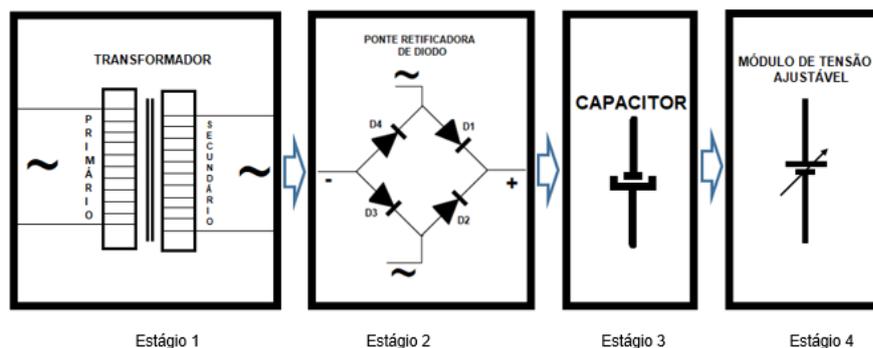
Figura 21 - Esquema elétrico de uma fonte de tensão constante ajustável



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

8.5 Diagrama em Blocos

Figura 22 - Diagrama em blocos de uma fonte de tensão contínua ajustável



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

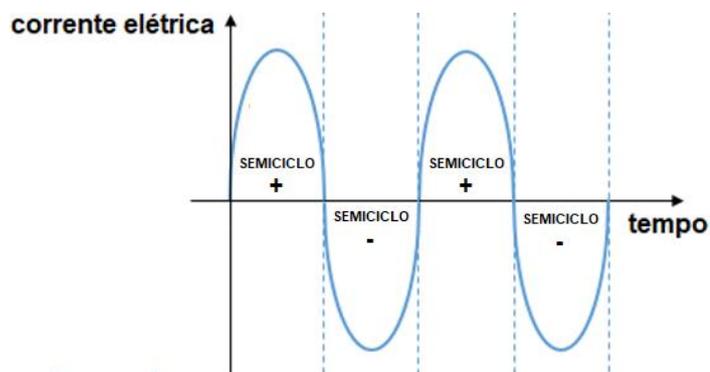
8.6 Estágios de uma fonte de tensão contínua.

• ESTÁGIO 1: Transformador

O transformador é um dispositivo destinado a elevar ou diminuir uma tensão elétrica isolando um estágio de um circuito do outro. Na **Figura 22** - estágio 1, o transformador recebe uma tensão alternada como ilustra a **Figura 23** na bobina primária através da rede elétrica induzindo esta tensão na bobina secundária transferindo sua amplitude ou valor máximo da tensão alternada fornecida pela concessionária de energia elétrica.

8.7 Representação gráfica da corrente elétrica alternada aplicada na entrada (primária) do transformador

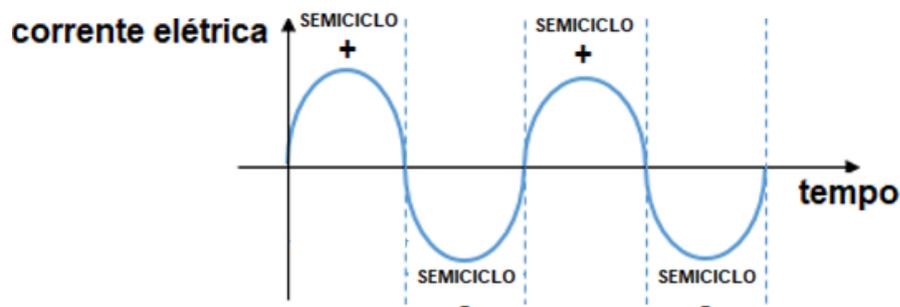
Figura 23 - Função senoidal de uma corrente elétrica alternada



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

8.8 Representação gráfica da corrente elétrica alternada na saída (secundário) do transformador, conforme ilustra a **Figura 24**.

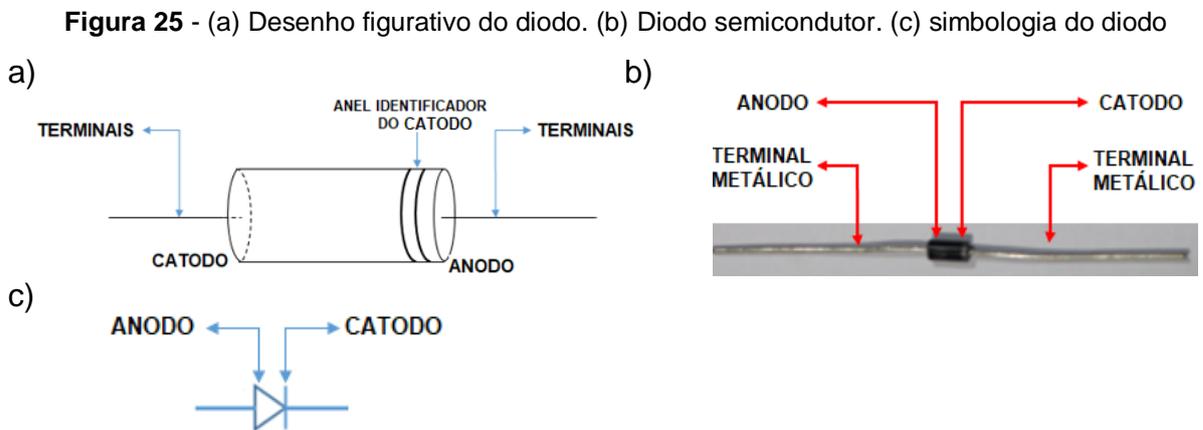
Figura 24 - função senoidal de uma corrente elétrica alternada.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

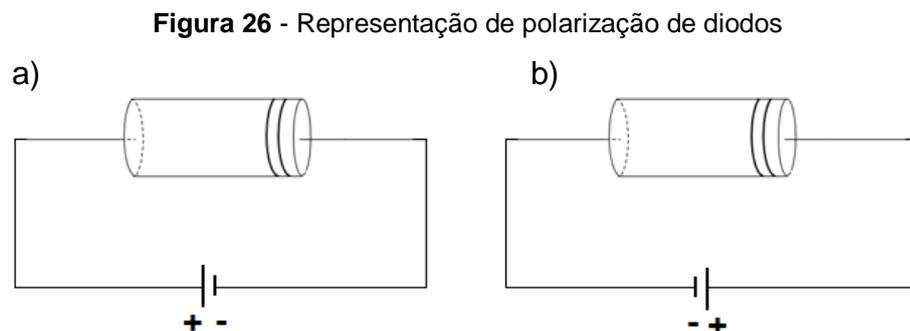
• ESTÁGIO 2: Ponte retificadora de diodo

O diodo indicado na **Figura 25b** é um componente eletrônico semicondutor constituído de duas regiões uma tipo p outra tipo n de cristal de silício e dois terminais metálicos, sendo cada terminal conectado a uma região. Em geral, sua função consiste em controlar de forma unidirecional o sentido da corrente elétrica num circuito. Isto quer dizer que se polarizado diretamente, ou seja, o anodo (+) em relação ao catodo (-) conforme ilustra a **Figura 25a**, o diodo se comportará com baixíssima resistência conduzindo a corrente elétrica, e quando invertido os potenciais no anodo (-) e catodo (+) de acordo com a **Figura 26b** o diodo será polarizado inversamente, crescendo bruscamente sua resistência interna comportando-se como um isolante elétrico, por consequência a corrente elétrica será extremamente pequena, considerando próxima de zero.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Polarização de diodo



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Quando interligamos os quatro diodos conforme indicado na **Figura 22** - estágio 2, constituímos uma ponte retificadora de diodo.

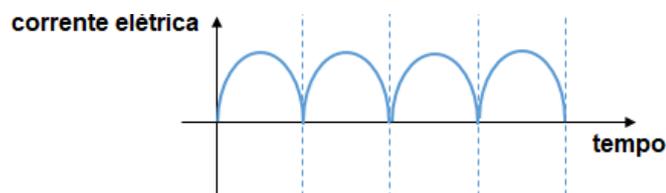
A configuração da ponte retificadora é largamente empregada em circuitos eletrônicos, convertendo tensão elétrica alternada como indicado na **Figura 19** em contínua, como ilustra a **Figura 18**, isto devido ao fato dos aparelhos eletrônicos ser alimentados de tensão contínua.

Quando inicia o semiciclo (+) positivo da função senoidal no secundário do transformador (figura 7), o potencial elétrico em "A" é positivo em relação a "B" os diodos D1 e D3 são polarizados diretamente e D2 e D4 inversamente, bloqueando o retorno da corrente elétrica (I) ao ponto "A". Nesta condição temos um potencial positivo (+) no catodo dos diodos D1 e D2 em relação ao potencial (-) nos anodos dos diodos D3 e D4 (ver figura 5 – estágio 2).

Iniciando o semiciclo (-) negativo conforme representado na **Figura 24**, o potencial elétrico em "A" é negativo em relação a "B" neste caso os diodos D2 e D4 são polarizados diretamente e D1 e D2 inversamente, bloqueando o retorno da corrente elétrica (I) ao ponto "B". A condição anterior é mantida, o que resulta na tensão elétrica na saída da ponte retificadora (ver figura 10)

8.9 Representação gráfica da corrente elétrica contínua pulsante na saída da ponte retificadora de diodo, como mostra a **Figura 27**.

Figura 27 - Sinal elétrico na saída da ponte retificadora de diodo.



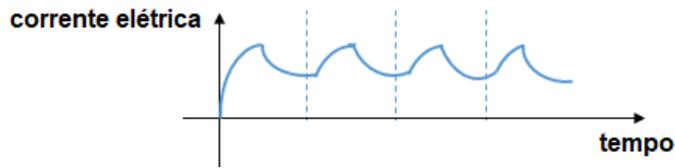
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

• ESTÁGIO 3: Capacitor

O capacitor carrega durante o semiciclo (+), enquanto descarrega sobre o módulo de tensão ajustável no semiciclo (-). Como indicado na **Figura 27**.

8.10 Representação gráfica da corrente elétrica contínua oscilante na saída do capacitor, como mostra a **Figura 28**.

Figura 28 - sinal elétrico da carga e descarga do capacitor



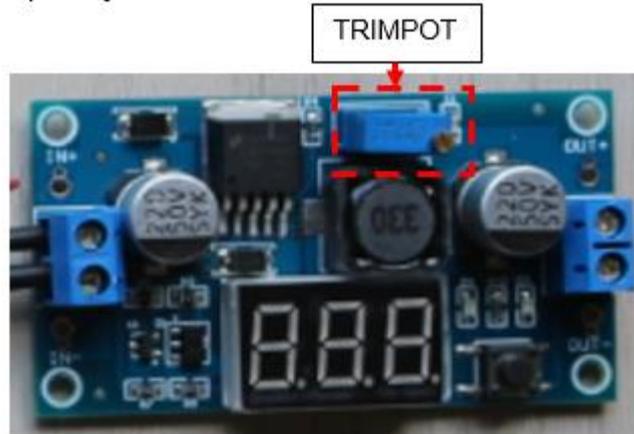
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

• ESTÁGIO 4: Módulo de tensão ajustável

Regulador de tensão ajustável é um módulo eletrônico com as seguintes características:

- > Canal de entrada V_{IN} (+) e V_{IN} (-) com faixa de operação de 4 a 40 V_{DC} (tensão contínua);
- > Canal de saída ajustável de 1,25 V_{DC} a 35 V_{DC} (tensão contínua ajustável), através do trimpot como indicado na **Figura 29**.
- > Display de 3 dígitos que seleciona através do push-button valor de entrada ou saída da fonte.
- > Trimpot indicado na **Figura 29** para ajuste da tensão de saída.

Figura 29 – Regulador de Tensão Ajustável LM2596 DC Step Down (Para Menos) com Display - Saída 1,25V a 37V



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

8.11 Representação gráfica da corrente elétrica contínua constante

Figura 30 - Sinal elétrico da tensão contínua (constante/ajustável) na saída do módulo do regulador de tensão.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

MATERIAL

- Base de suporte horizontal;
- Transformador;
- Ponte de diodo;
- Protoboard;
- Capacitor;
- Módulo do regulador de tensão;
- Push-button;
- Jumper;
- Barramento de conectores;
- Chave de fenda.

PROCEDIMENTOS

- P1. Ligue o plugue da entrada do transformador a rede elétrica.
- P2. Insira um resistor e um led polarizado com o anodo no potencial positivo e o catodo no potencial negativo em série a saída da fonte de tensão. Alimente a fonte com a rede elétrica, e ajuste gradualmente no potenciômetro atingindo os níveis de tensão elétrica: 5, 7 e 10 Volts. (Monitore através do display do módulo ajustável).

SUGESTÃO DE QUESTÕES DO MÓDULO B

01. A corrente elétrica fornecida ao módulo 2 no procedimento P1 é alternada ou contínua? Faça um gráfico que represente esta corrente.
02. Qual a função do transformador no procedimento P1?
03. Com a fonte energizada indique qual(is) os estágio(s) da fonte que fornecem tensão contínua ou alternada nas suas saídas?
04. Execute o procedimento P2, e observe o brilho do led nos níveis recomendados. O brilho do led altera? Qual(is) a(s) grandeza(s) elétrica(s) envolvidas neste procedimento?

 <p>SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA Mestrado Nacional em Ensino de Física - Pólo UFPE - CAA</p>  <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO</p>	<p>FÍSICA EXPERIMENTAL</p> <p>MÓDULO C</p> <p>ELETROMAGNETISMO - ESTÁGIO 1</p> <p>Atividade experimental 4:</p> <p>Ímã - Campo magnético – Força magnética</p> <p>Aula nº _____ Data: ____/____/____</p>
<p>ESCOLA AARÃO LINS DE ANDRADE</p> <p>Aluno: _____ Série: _____</p> <p>Aluno: _____ Série: _____</p>	

OBJETIVOS

Nesta atividade, você aprenderá:

- Breve histórico sobre o magnetismo
- O que há numa bússola e como utilizá-la para identificação de fenômenos magnéticos.
- Identificar os “polos” de um ímã.
- Diagnosticar a presença de um campo magnético produzido por uma corrente elétrica.
- Como os ímãs se interagem;
- Investigar experimentalmente a ação de um campo magnético sobre um fio metálico percorrido por uma corrente elétrica;

9 ELETROMAGNETISMO

9.1 Campo Magnético

Magnetismo - Um breve histórico

O termo magnetismo provém do nome Magnésia, um distrito costeiro da antiga Tessália, na Grécia, onde pedras incomuns eram encontradas pelos gregos há mais de 2.000 anos.

(Fragmento extraído do livro: Física conceitual)

Essas pedras chamadas de magnetitas, manifestavam atração por outros pedaços de ferro, e por serem encontradas na natureza, são chamadas de ímãs naturais.

Quando atritados no mesmo sentido pedaços de ferro com a magnetita, logo percebe-se que esses pedaços se transforma em ímã, este processo conhecido como imantação, deram origem aos ímãs artificiais. Estas descobertas deram início a diversas aplicações tecnológicas, na qual podemos destacar, por exemplo, a bússola, instrumento utilizado nas grandes navegações marítimas, e que através dela tornou possível a conclusão por Willian Gilbert que a terra é um gigantesco ímã.

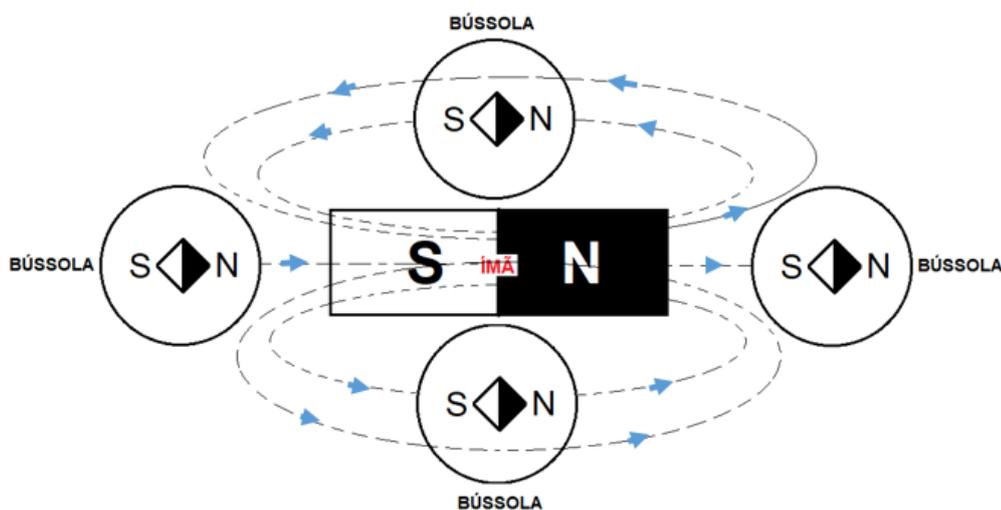
9.2 Conhecendo um pouco sobre a bússola

A bússola é um aparelho construído com propriedades magnéticas dos materiais ferromagnéticos, onde utiliza-se uma agulha magnetizada suspensa por um eixo permitindo girar livremente em seu centro de gravidade, ou seja, um pequeno ímã, onde são indicados nas extremidades de sua agulha um polo norte e o outro o polo sul.

Com base nas propriedades dos ímãs, podemos utilizá-los em diversas aplicações, como por exemplo, identificar “polos” de outros ímãs, existência de um campo magnético, e etc. Nesta atividade faremos uso desses atributos.

As agulhas da bússola, tendem a se posicionar paralelamente ao campo magnético terrestre, no entanto se aproximarmos um ímã na vizinhança próxima a bússola, esta se sensibilizará ao campo magnético do ímã flexionando as agulhas na direção desse campo. Conforme ilustração da **Figura 31**.

Figura 31 - As bússolas indicam a direção do campo magnético.

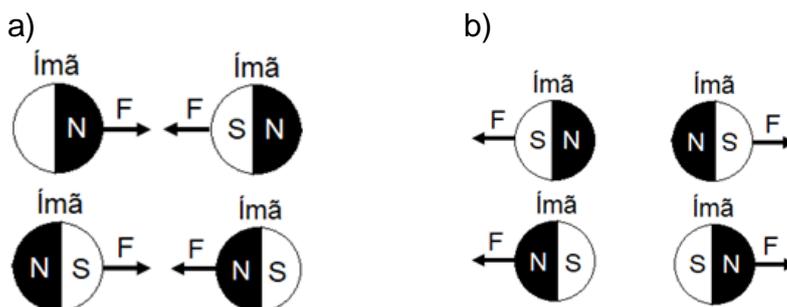


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

9.3 Propriedades dos ímãs.

Analogamente as cargas elétricas, podemos afirmar que os ímãs também criam um campo magnético no espaço em torno de si mesmo, com algumas propriedades idênticas as das cargas elétricas, como ilustrado na **Figura 32**.

Figura 32 - (a) polos opostos N(norte) e S(sul) ou S(sul) e N(norte) são atraídos. b) polos iguais N(norte) e N(norte) ou S(sul) e S(sul) são afastados.

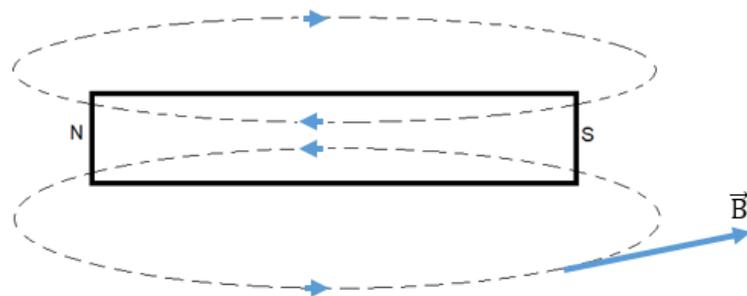


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

9.4 Campo magnético de um ímã - representação das linhas do campo

Exemplificaremos conforme a **Figura 33** a representação das linhas de campo de um ímã em forma de barra, como mostra as linhas pontilhadas. Essas linhas de campo magnético, se comparadas aos do campo elétrico não definem suas extremidades, ou seja, as linhas de campo magnéticos, não tem origem (saídas) nem destino (chegadas) são contínuas internamente e externamente ao ímã. Tangente e com o mesmo sentido a essas linhas de campo em cada ponto do espaço, na direção norte-sul, chamamos de vetor indução magnética, e representamos por \vec{B} .

Figura 33 - Representação das linhas de campo de um ímã e o vetor campo magnético.

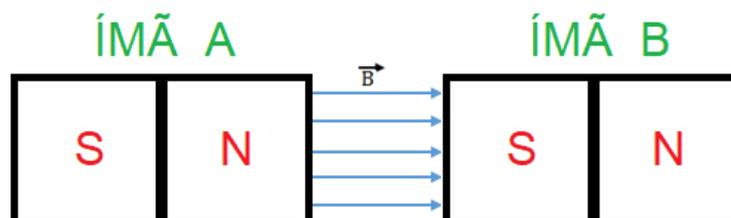


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

9.5 Representação das linhas de campo magnético produzido na interação entre ímãs

Considerando como indicado na **Figura 34**, dois ímãs (A e B) dispostos na mesma direção com os polos em sentidos opostos, desprezando o efeito de borda, teremos as linhas campo magnético, com a mesma orientação (direção e sentido) e mesma intensidade, coincidindo com vetores campo magnético (\vec{B}) sob a mesma orientação, nesta condição chamaremos de campo magnético uniforme.

Figura 34 - Campo magnético entre “polos” de dois ímãs em forma de barra.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

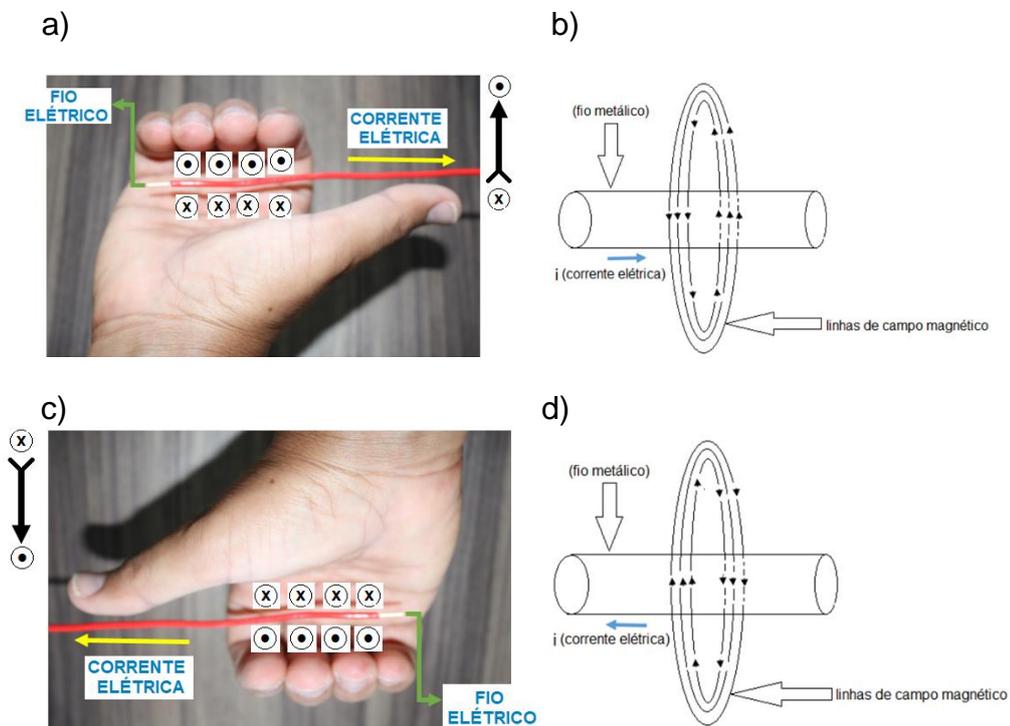
9.6 Campo magnético produzido por uma corrente elétrica percorrendo um fio metálico retilíneo.

Quando deslocamos em sentido preferencial cargas elétricas no interior de um condutor, um fio metálico, por exemplo, desenvolverá em torno deste fio um campo magnético. Colocando-se uma bússola nas proximidades deste campo, ela se submeterá a ação de uma força magnética, que tenderá a se alinhar com o campo estabelecido pela corrente elétrica. Conforme investigaremos experimentalmente.

9.6.1 Regra da mão direita

Podemos imaginar, o sentido das linhas de um campo magnético produzido por uma corrente elétrica, aplicando-se uma regra conhecida como: REGRA DA MÃO DIREITA. De acordo com a **Figura 35**.

Figura 35 - Regra da mão direita.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Na **Figura 35**. (a) o dedo polegar indica o sentido da corrente elétrica, e os demais dedos apontam para a saída do vetor campo magnético. Se tomarmos como referencial a entrada da corrente elétrica, o campo magnético gira no sentido horário (b) invertendo o sentido da corrente elétrica, o campo magnético gira no sentido anti-horário.

Representação tridimensional de vetores

$\otimes \longrightarrow \odot$ A seta representa vetor campo magnético \vec{B} .

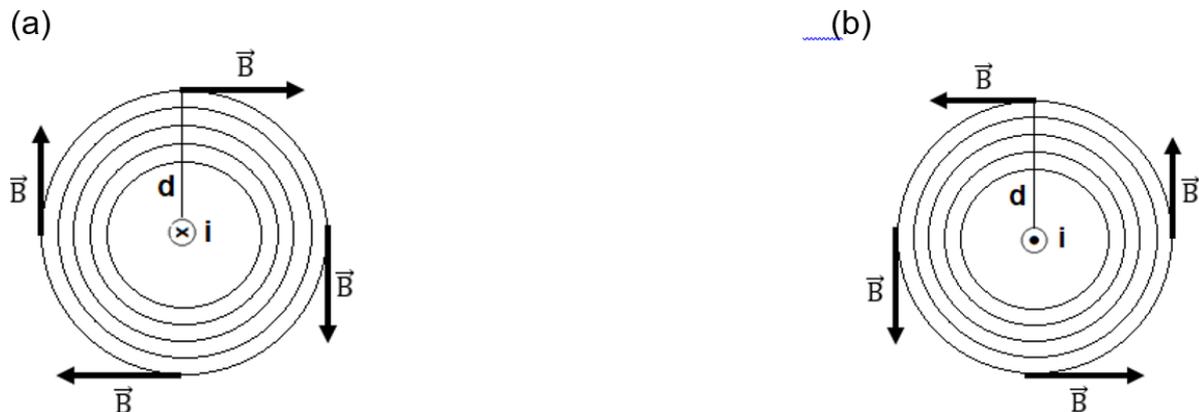
\otimes Entrada perpendicular ao fio metálico do vetor campo magnético \vec{B} .

\odot Saída perpendicular ao fio metálico do vetor campo magnético \vec{B} .

Estes símbolos são sugeridos pelo fato de um vetor ser representado por uma seta vista de frente ou por trás pelo observador.

Considere na **Figura 36a** uma corrente elétrica i entrando perpendicularmente a esta página, os campos magnéticos produzidos por esta corrente são semelhantes as linhas circulares concêntricas mostradas nas **Figuras 36 (a – b)**, tangente as estas linhas estão representados os vetores campo magnético girante no sentido horário conforme sugere a regra da mão direita. Invertendo o sentido da corrente elétrica como mostra a **Figura 35b**, implicará na inversão do vetor campo magnético para o sentido anti-horário.

Figura 36 (a - b) – Representações das linhas de campo magnético no plano produzida por uma corrente elétrica num fio metálico retilíneo.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

9.7 Intensidade do campo magnético de uma corrente em fio retilíneo

Podemos determinar o módulo da intensidade do campo magnético produzido por uma corrente elétrica percorrendo um fio retilíneo, através da expressão:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi \cdot d} \quad (4)$$

Onde:

B → representa o campo magnético.

Unidade de medida → Tesla

μ_0 → permeabilidade magnética.

Unidade → T(tesla). $\frac{\text{m(metro)}}{\text{A(ampère)}}$

i → corrente elétrica.

Unidade Ampère → A

d → distância.

Unidade → m

Note que, a partir da expressão matemática, podemos concluir que a distância do centro do fio ao ponto na linha de campo magnético, é inversamente proporcional ao campo gerado neste ponto, isto é, quanto mais afastado estiver, menor será a intensidade do campo. Enquanto a intensidade da corrente elétrica é proporcional ao campo magnético, quanto maior a corrente elétrica, maior o campo magnético.

MATERIAL

- Módulo C
- Módulo B.
- 01 bússola.
- 01 módulo magnético:
- 01 par de ímã no formato de arco;
- 02 abraçadeiras 2,5 x 150 (vermelho e azul) de nylon;
- 01 suporte para eletroduto de 1".
- 01 Matriz de contato.
- 01 Espira retangular.
- 02 garras "jacaré".

PROCEDIMENTO

- P1. Apoie o módulo magnético sobre a mesa.
- P2. Instale a espira retangular nos grampos (suportes) das hastes do módulo C – estágio 1 e ajuste a saída da fonte para 10 V (módulo 2). Conecte os pinos das

garras “jacaré” no borne de saída da fonte, convencionando o fio preto (-) e vermelho (+), prenda as garras “jacaré” uma em cada gancho, posicione a bússola abaixo do fio da espira, de maneira que as agulhas não se alinhe com o fio, pressione ligeiramente a chave push-button na matriz de contato da fonte. (ATENÇÃO: não mantenha o push-button pressionado para não danificar a fonte!)

- P3. Antes de executar este procedimento, leia a questão 4. Em seguida inverta as posições dos pinos das garras “jacaré”, e pressione a chave push-button.
- P4. Observe no módulo 3 – estágio 1 de acordo com a foto imagem 4, trata-se um eletroímã.
- P5. Prenda as garras “jacaré” nos terminais 1 e 2 4) do solenoide com a fonte ajustada em 10 Volt.

SUGESTÃO DE QUESTÕES DO MÓDULO C – ESTÁGIO 1

- 01. No procedimento P1. Determine uma estratégia que identifique o polo norte e sul deste módulo, e associe as cores das braçadeiras. (SUGESTÃO: utilize objetos da lista de material)
- 02. Faça um rascunho (desenho) do módulo magnético, e represente as linhas de indução.
- 03. Execute o procedimento P2 e observe a agulha da bússola, sofreu alguma alteração? O que ocorreu? Quais as grandezas físicas envolvidas neste procedimento.
- 04. Qual a sua expectativa em relação ao comportamento da bússola, antes de executar o procedimento P3? Relate o antes e o depois do procedimento executado.
- 05. Justifique o procedimento P3 após a execução.
- 06. Descreva o dispositivo do procedimento P4 sob os seguintes aspectos: representação de um esquema de um eletroímã, e como funciona.
- 07. Efetuado o procedimento P5, aproxime a bússola do núcleo metálico, pressione e mantenha o push-button, o que você observou na bússola o que ela detecta? Nesta extremidade surge o polo (norte/sul) do núcleo metálico do eletroímã? (NÃO se preocupe em manter o push-button pressionado, esta situação não traz prejuízo a fonte).

08. Invertendo nas hastes as garras “jacaré” haverá alguma mudança no comportamento do eletroímã? Qual? Justifique.

10 FORÇA MAGNÉTICA

10.1 Introdução

● O efeito da força magnética sobre a corrente elétrica num fio metálico

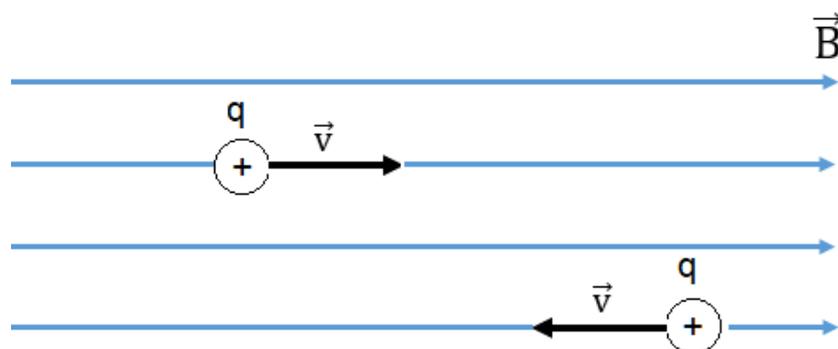
O que ocorre sobre uma corrente elétrica, quando movimentada numa região do espaço ocupado por um campo magnético?

Experimentalmente, podemos constatar que cada íon constituinte desta corrente sofrerá a ação de uma força magnética resultante da interação do campo magnético com a carga elétrica. Esta força é perpendicular ao plano formado pelo campo e a carga elétrica, quanto a intensidade desta força, varia em função do seno do ângulo formado entre a velocidade da partícula e o campo magnético. Qualquer que seja esta variação, será mantida a perpendicularidade da força.

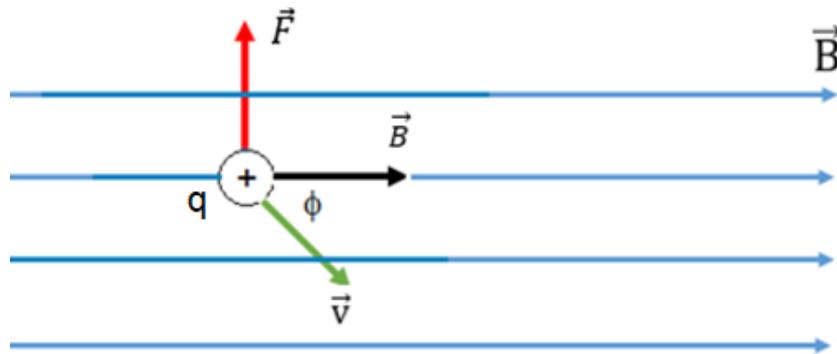
Isto significa dizer, que se a carga se desloca na mesma orientação do campo magnético, teremos o seno igual a 0^0 , o que implica dizer que esta carga não sofrerá desvio (força nula). De contrapartida se o ângulo da velocidade é perpendicular ao campo magnético, a força atingirá o valor máximo.

Figura 37 (a, b e c) - Representa um campo magnético \vec{B} agindo numa carga elétrica $+q$

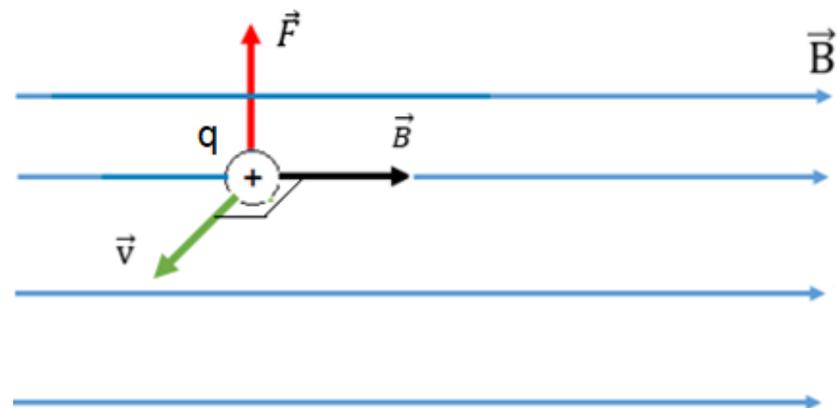
a)



b)



c)



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

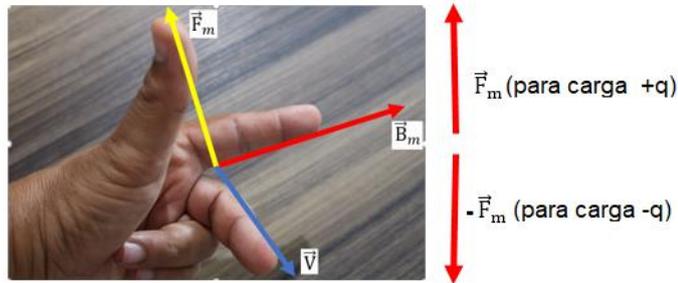
Figura 37. (a) quando \vec{v} (velocidade da carga) tem a mesma direção de \vec{B} (campo magnético) a carga não sofre a ação da força magnética. (b) a carga q sofrerá a ação de uma força, quando seu deslocamento formar um ângulo com o campo magnético \vec{B} (c) caso \vec{v} seja perpendicular a \vec{B} , temos a força máxima. Sendo a carga q negativa, o sentido da força na figura 1b e 1c será invertido.

Seja a corrente elétrica constituída por um fluxo de cargas de elétrons livres ordenadamente em movimento, logo estas cargas estarão submetidas a forças magnéticas que atuarão individualmente em cada carga elétrica.

Para auxiliar na direção e sentido de uma força magnética, sugerimos duas regras opcionais:

10.2 Regra I: Regra da Mão Esquerda

Figura 38 - Regra da mão esquerda.

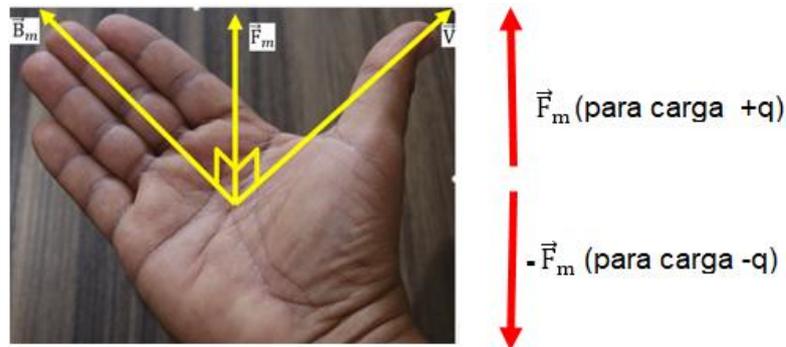


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Com o dedo indicador apontamos em direção ao campo magnético, enquanto o dedo médio direcionamos para o sentido do movimento das cargas elétricas, e o polegar indicará a direção da força magnética. Caso a carga q considerada seja negativa, o sentido da força magnética será invertido. Conforme indicado na foto imagem 1.

10.3 Regra II: Regra do Tapa

Figura 39 - Regra do tapa.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Com a mão aberta, o dedo polegar aponta para a direção do movimento das cargas elétricas, com demais dedos paralelos em direção ao campo magnético. A direção da força, coincide com o movimento de uma tapa. Caso a carga q considerada seja negativa, o sentido da força magnética será invertido. Conforme indicado na **Figura 39**.

10.4 Intensidade do vetor força magnética sobre uma partícula carregada em movimento

A ação de um campo magnético sobre uma carga em movimento, resulta na atuação de uma força magnética sobre a mesma, cuja intensidade define a seguinte equação:

$$F_m = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta \quad (5)$$

Onde:

$F_m \rightarrow$ Força magnética;	unidade: Newton(N)
$B \rightarrow$ Campo magnético;	unidade: Tesla(T)
$V \rightarrow$ velocidade da carga elétrica	unidade: metro/segundo
$\theta \rightarrow$ Ângulo pelos vetores \vec{v} e \vec{B}	

10.5 Intensidade da força magnética que atua sobre um fio metálico retilíneo percorrido por uma corrente elétrica

Investigaremos experimentalmente, através de um pendulo eletromagnético, a expressão matemática que relaciona a força magnética atuando no fio metálico percorrido por uma corrente elétrica emergido num campo magnético, levando em consideração um campo uniforme. Temos a seguinte expressão matemática.

$$F_m = B \cdot i \cdot L \cdot \sin \theta \quad (6)$$

Onde:

$F_m \rightarrow$ Força magnética;	unidade: Newton(N)
$B \rightarrow$ Campo magnético;	unidade: Tesla(T)
$I \rightarrow$ Corrente elétrica;	unidade: Ampére(A)
$L \rightarrow$ Comprimento do fio metálico;	unidade: metro(m)
$\theta \rightarrow$ Ângulo pelos vetores \vec{v} e \vec{B}	

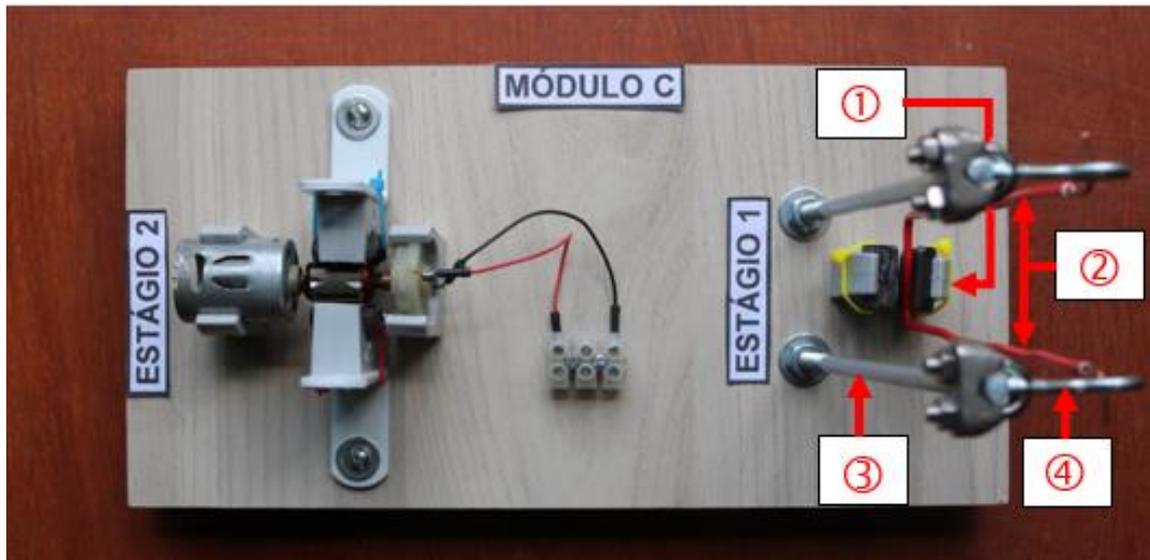
Esta expressão matemática nos remete a concluir, que a força magnética é uma função diretamente proporcional as grandezas envolvidas: campo magnético, corrente elétrica, comprimento do fio metálico e dependente do ângulo formado pelos vetores \vec{v} e \vec{B} .

Matematicamente significa dizer, por exemplo: se variarmos qualquer uma das grandezas citadas, por exemplo, dobrando a intensidade do campo, corrente ou comprimento do fio a força magnética será dobrará, ou se uma destas grandezas for reduzidas a frações a força também será na mesma proporção.

MATERIAL

- Módulo 3
- 02 hastes metálicas de aço $\frac{1}{4}$ x 300 mm.
- 02 grampos para cabo de aço 4mm
- 04 porcas.
- 04 arruelas
- 01 Espira retangular.
- Fonte de energia – Módulo 3.
- 01 bússola.
- 01 módulo magnético.
- 02 Ganchos de varal.
- 01 par de garra jacaré.

Figura 40 - Pêndulo eletromagnético.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

- ① Módulo magnético
- ② Espira retangular
- ③ Haste metálica
- ④ Gancho de varal

PROCEDIMENTO

- P1. Instale o pêndulo eletromagnético de acordo com a **Figura 40**, ligue a fonte de tensão contínua do módulo 2 e ajuste a saída para 10 V. Conecte os pinos das garras “jacaré” no borne de saída da fonte, convencie o fio preto (-) e vermelho (+), prenda as garras “jacaré” uma em cada gancho das hastes, e pressione ligeiramente a chave push-button na matriz de contato da fonte (ATENÇÃO: não mantenha o push-button pressionado para não danificar a fonte!)
- P2. Inverta as posições das garras nas hastes, e repita o procedimento P1.
- P3. Mantido o procedimento P2, agora inverta a posição dos ímãs do módulo magnético, e pressione o push-button como no procedimento 1, observe a espira.
- P4. Gire o módulo magnético da posição da foto imagem 5, 90⁰ para a direita e pressione o push-button.

SUGESTÃO (2) DE QUESTÕES DO MÓDULO C – ESTÁGIO 2

01. Ao executar o procedimento P1, ocorrerá o fechamento do circuito elétrico, logo as duas hastes ficam submetidas a um campo elétrico fornecido pelos dipolos da fonte, qual a grandeza física que circulará na espira retangular neste momento? O que ocorre com a espira? Qual a grandeza física responsável diretamente pelo o ocorrido na espira? Justifique a sua observação

02. No procedimento P2, houve diferença no comportamento da espira? Qual? Como você justifica esta mudança?

03. Observe se a configuração em P3 está correta. Houve movimento na espira retangular? Para qual lado? Existe alguma grandeza responsável por este fato? Como se chama?

04. Há alguma mudança no comportamento da espira no procedimento P3?

05. A espira se movimenta no procedimento P4? Justifique para qualquer resposta.

REFERÊNCIAS

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11^a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A., **FÍSICA III - Eletromagnetismo**, 12^a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008

GRF. Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Leituras de Física: Eletromagnetismo. Instituto de Física – USP**, 1998. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/eletro4.pdf>> Acesso: em mai. 2018

GRF. **Física 3 Eletromagnetismo**. 5. ed. São Paulo: Edusp. 2012. v. 3

HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v.3.

 <p>SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA Mestrado Nacional em Ensino de Física - Pólo UFPE - CAA</p>  <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO</p>	<p>FÍSICA EXPERIMENTAL</p> <p>MÓDULO C</p> <p>ELETROMAGNETISMO – ESTÁGIO 2</p> <p>Atividade Experimental Investigativa 6</p> <p>Motor Elétrico</p> <p>Aula nº _____ Data: ____ / ____ / ____</p>
<p>ESCOLA AARÃO LINS DE ANDRADE</p> <p>Aluno: _____ Série: _____</p> <p>Aluno: _____ Série: _____</p>	

OBJETIVOS

- Identificar elementos estruturais de um motor elétrico de corrente contínua.
- Discutir o funcionamento do motor elétrico de corrente contínua
- Simular sentido de giro do eixo do motor elétrico.

11 MOTOR ELÉTRICO

11.1 Introdução

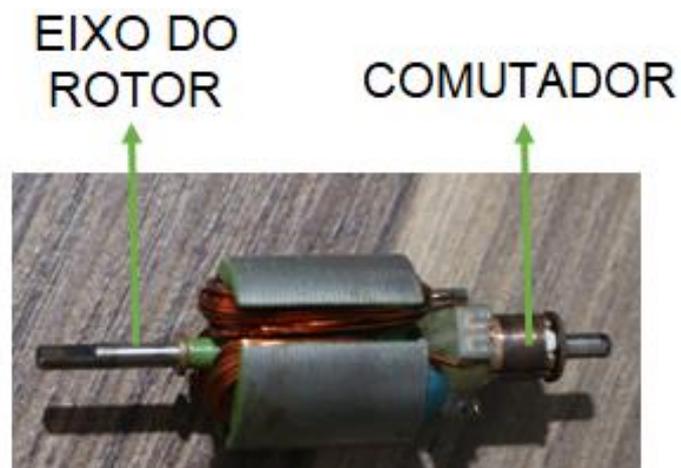
O motor elétrico é um dispositivo capaz de converter energia elétrica em mecânica. São largamente empregados em diversos equipamentos que necessitem de sua finalidade, que consiste em girar um eixo mecânico e transferir energia mecânica a outros mecanismos. Podemos citar alguns equipamentos, como por exemplo: liquidificador, ventilador, elevadores e até mesmo carros elétricos.

Vamos investigar um pequeno motor elétrico de corrente contínua, analisando sua composição estrutural.

11.2 Parte Móvel

Consiste num conjunto de bobinas presas num suporte no formato cilíndrico, e acoplado a um eixo passando pelo centro deste cilindro, este conjunto recebe o nome de rotor como mostra a **Figura 41**.

Figura 41 – Rotor, eixo do rotor e comutador.

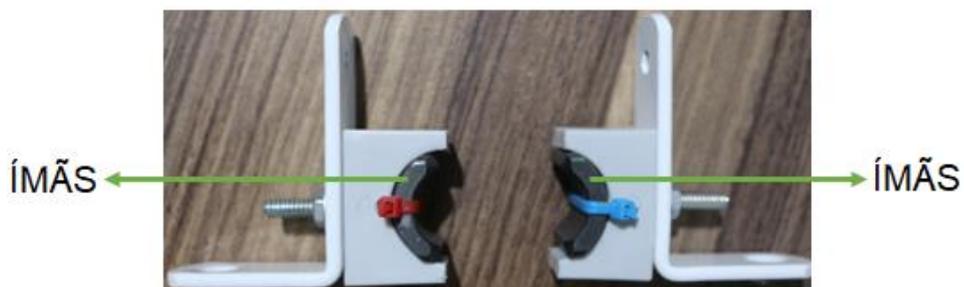


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

11.3 Parte Fixa

Constitui-se de um par de ímãs permanentes e dispostos paralelamente, conforme mostra a **Figura 42**. Este conjunto denominamos de estator.

Figura 42 - Estator.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

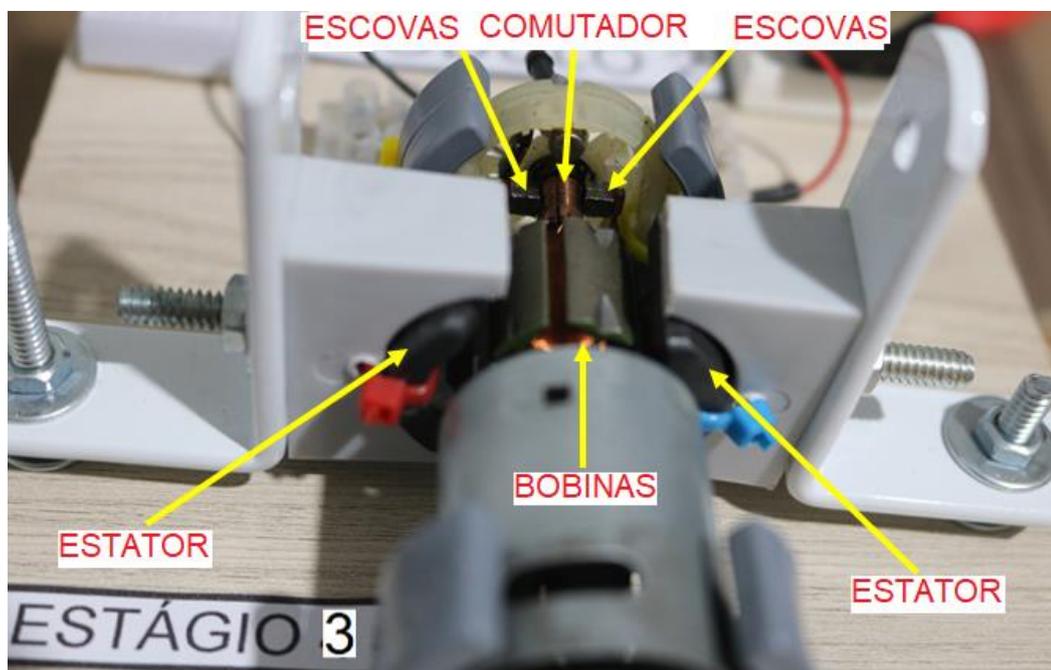
11.4 Comutador

É um mecanismo construído por vários pares de segmentos metálicos, onde cada par corresponde a um terminal de bobinas que compõem o rotor. Esses pares estão organizados paralelamente e afastados, de maneira a permitir o isolamento elétrico, estando dispostos num formato cilíndrico, conforme indicado na **Figura 41**.

11.5 Escovas

São dois dispositivos que conecta o comutador a uma fonte de tensão, sua matéria prima geralmente é o carvão como mostra a **Figura 43**.

Figura 43 - Motor elétrico.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

11.6 Princípio de funcionamento de um motor elétrico de corrente contínua

De maneira simplificada, temos um conjunto de espiras imerso a um campo magnético, de forma que pares de segmentos dessas espiras interagem com o campo, adquirindo movimento rotacional sobre um eixo, o resultado deste movimento

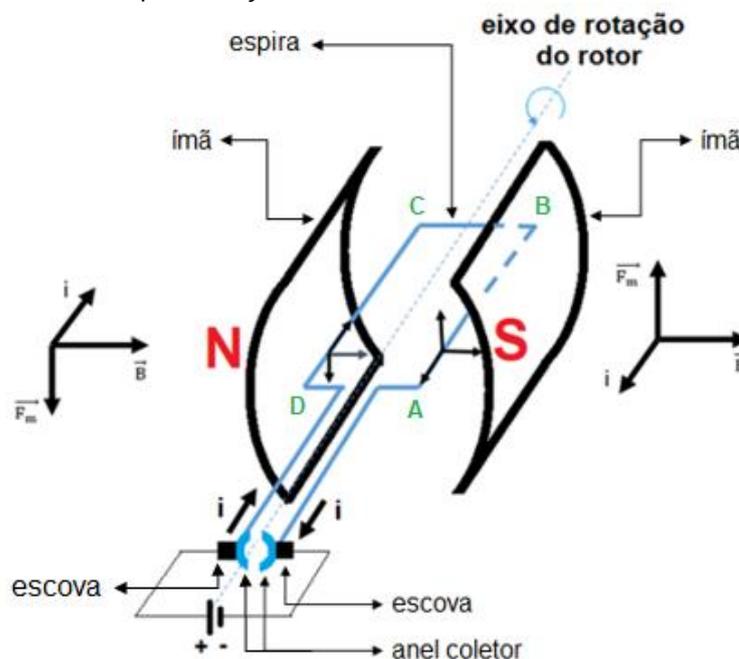
é consequência de uma força de origem magnética que atuam sobre esses segmentos que são percorridos por uma corrente elétrica em sentidos opostos.

Na **Figura 44**. Observe que os pares de forças magnéticas nos segmentos paralelos \overline{AB} e \overline{CD} se orientam em sentido opostos de acordo com a regra da mão esquerda representados através do diagrama de vetores. Enquanto a espira é alimentada através da fonte de tensão externa por meio das escovas e comutadores o rotor gira no sentido anti-horário, quando a espira se projeta perpendicularmente em relação ao campo magnético \vec{B} conforme indicado na **Figura 45**, neste momento as escovas permitem a descontinuidade da corrente elétrica i , ou seja, $i = 0$ e de acordo com a equação 6.

A força magnética (\vec{F}_m) se anula, e por inércia a espira tem continuidade no sentido do movimento de rotação e os seguimentos paralelos \overline{AB} e \overline{CD} se dispõem ao sentido inverso da corrente elétrica que será restituída através do sistema de comutação (anel coletor + escovas) e assim o ciclo é continuado até que as correntes sejam cessadas.

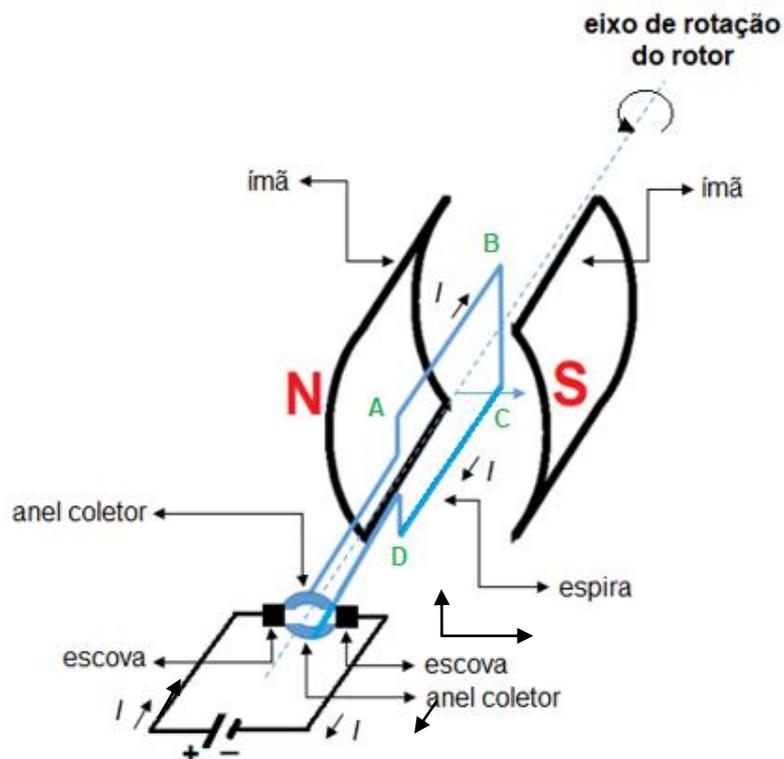
Se inicialmente invertermos a tensão elétrica nas escovas, teremos o sentido inverso das correntes elétricas nos seguimentos \overline{AB} e \overline{CD} e a rotação do eixo do rotor será no sentido horário.

Figura 44 - Representação de um motor elétrico de corrente contínua.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 45 - Representação de um motor elétrico de corrente contínua.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

MATERIAL

- Módulo C - Estágio 3.
- Módulo 2.
- 02 garras “jacaré”.

PROCEDIMENTOS

- P1. Ajuste a fonte de tensão do módulo 2 em: 6 V, 8V, 10 V, alimentando o motor elétrico nesta ordem.
- P2. Inverta os terminais de saída da fonte e alimentação e forneça ao motor uma tensão de 10 V.
- P3. Remova as porcas que prendem o suporte do estator na base da madeira do módulo 2 e retire o suporte.

SUGESTÃO DE QUESTÕES DO MÓDULO C – ESTÁGIO 2.

01. Há variação de velocidade no motor elétrico? O que ocorre com a corrente elétrica ao variar a tensão elétrica da fonte no motor? Utilizando o multímetro na escala apropriada investigue a relação da velocidade do motor em função da corrente elétrica e qual a influência desta relação na força magnética (utilize a equação 1 se necessário para justificar seus argumentos)?

02. O que acontece com o motor após a execução do procedimento 2? Justifique o seu procedimento.

03. Na condição do procedimento 3, o motor funciona? Se for removido os dois suportes, a situação permanecerá a mesma? Justifique sua(s) resposta(s).

REFERÊNCIAS

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11^a. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A., **FÍSICA III - Eletromagnetismo**, 12^a ed. São Paulo, Addison Wesley, 2008

GRAF. Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Leituras de Física: Eletromagnetismo. Instituto de Física – USP**, 1998. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/eletro4.pdf>> Acesso: em mai. 2018

GRAF. **Física 3 Eletromagnetismo**. 5. ed. São Paulo: Edusp. 2012. v. 3

HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v.3.

 <p>SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA Mestrado Nacional em Ensino de Física - Pólo UFPE - CAA</p>  <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO</p>	<p>FÍSICA EXPERIMENTAL</p> <p>MÓDULO D</p> <p>A FÍSICA NO ELEVADOR ROBODIDÁTICO</p> <p>Atividade Experimental Investigativa 7</p> <p>Aplicar conceitos físicos investigados experimentalmente nos módulos auxiliares.</p>
<p>ESCOLA AARÃO LINS DE ANDRADE</p> <p>Aluno: _____ Série: _____</p> <p>Aluno: _____ Série: _____</p>	

OBJETIVOS

- Construir tabelas e gráficos através de aquisições de dados obtidos nas relações de massa, corrente, energia e potência elétrica do motor;
- Discutir hipóteses que relacionadas a limite de carga máxima transportada;
- Compreender os princípios básicos operacionais de um elevador;
- Relacionar as etapas constituintes do elevador de carga com conceitos físicos;
- Montar e instalar o módulo D na base do elevador;
- Obter parâmetros físicos utilizando instrumentação (multímetros).

12 O QUE É O ELEVADOR ROBODIDÁTICO

O Elevador Robodidático representado na **Figura 48**, é um recurso pedagógico para o ensino de física experimental, baseado em uma estrutura robótica controlado por um sistema de automação (software), módulos eletrônicos e eletromecânico.

13 ETAPAS ESTRUTURAIS DO ELEVADOR ROBODIDÁTICO

13.1 ETAPA I - Software

Esta etapa consiste em um sistema para automação e controle do Elevador Robodidático. O software LabVIEW.

O que é o LabVIEW?

LabVIEW é um software de engenharia criado para aplicações que requerem teste, medição e controle, com rápido acesso ao hardware e a informações obtidas a partir dos dados.

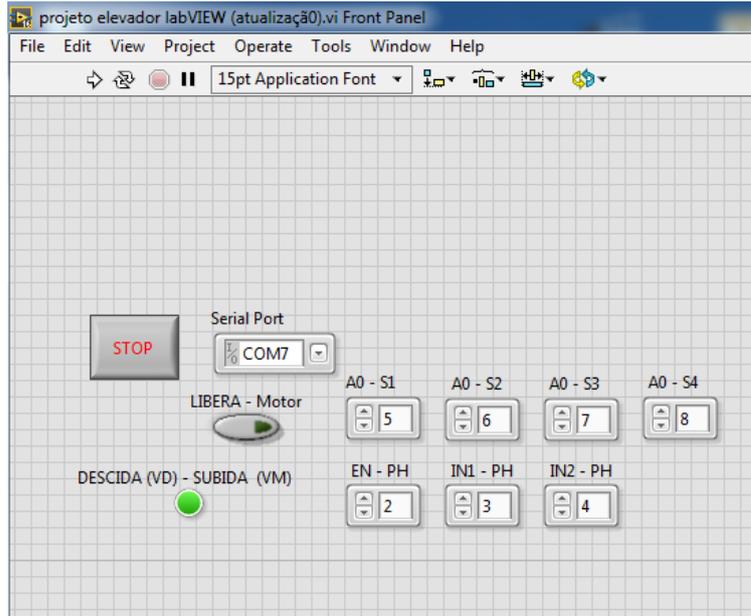
Disponível em: <http://www.ni.com/pt-br/shop/labview.html>. Acesso em: 28 de out. 2018

O labview (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), do fabricante National Instruments) oferece uma interface gráfica utilizando ícones, ao invés de linhas de textos, para criar aplicações, permitindo ao usuário construir sua própria interface utilizando o mouse para mover ferramentas e objetos viabilizando o processo de construção. A programação é chamada linguagem “G”.

Nesta atividade utilizaremos a interface do labview para controlar o arduino e seus periféricos que inclui a ponte H, sensores e módulo eletromecânico.

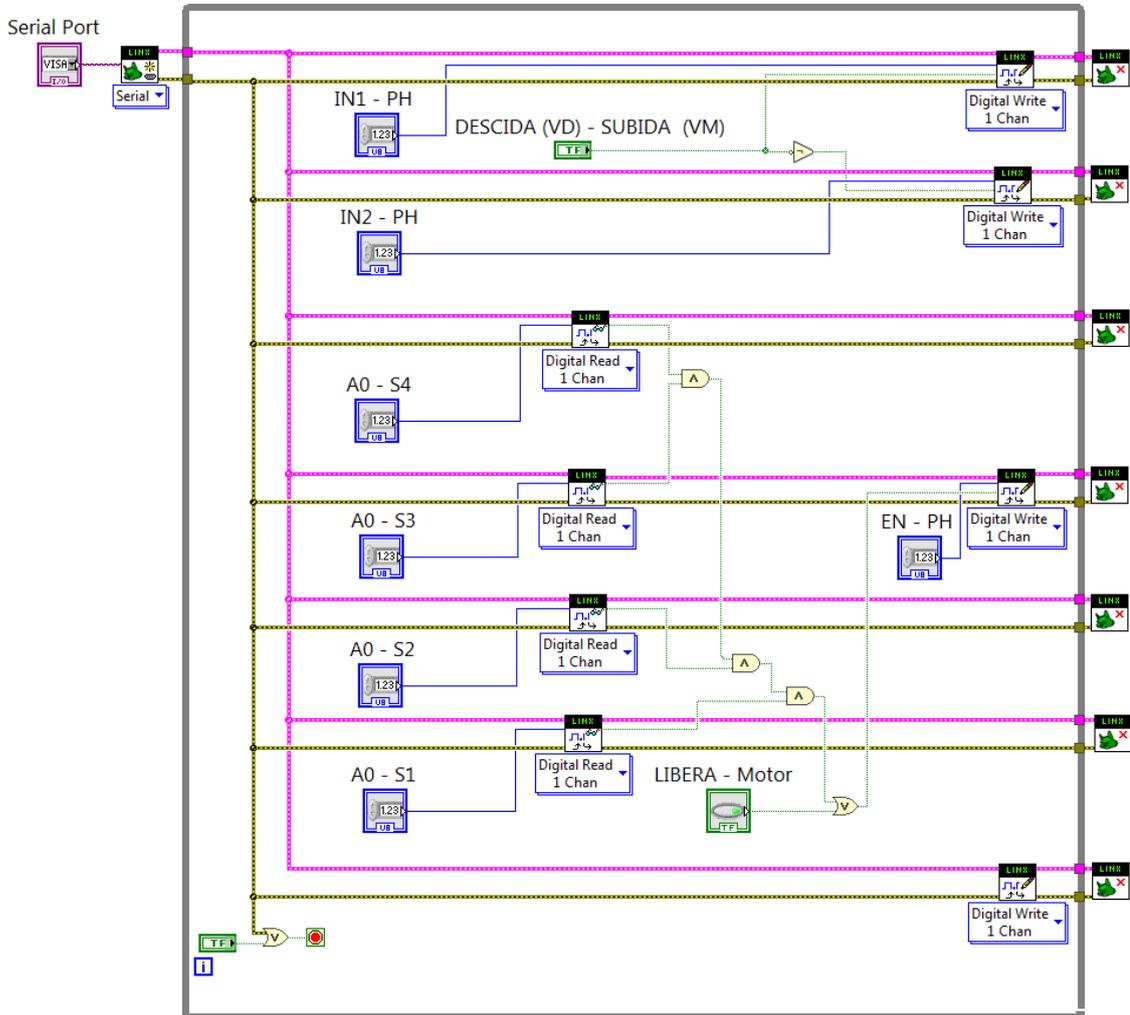
Os programas em *LabVIEW* são chamados de instrumentos virtuais (VIs). Os Vis contêm três componentes principais: o painel frontal como mostra a **Figura 46**, o diagrama de blocos indicado na **Figura 47** e o painel de ícones e conectores. No painel frontal estão disponíveis os controles dos sensores de efeito Hall, arduino, driver ponte H e o motor elétrico, No diagrama em blocos incluem funções que transferem dados dos sensores para o módulo do arduino.

Figura 46 - Painel frontal.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 47 - Diagrama em blocos.

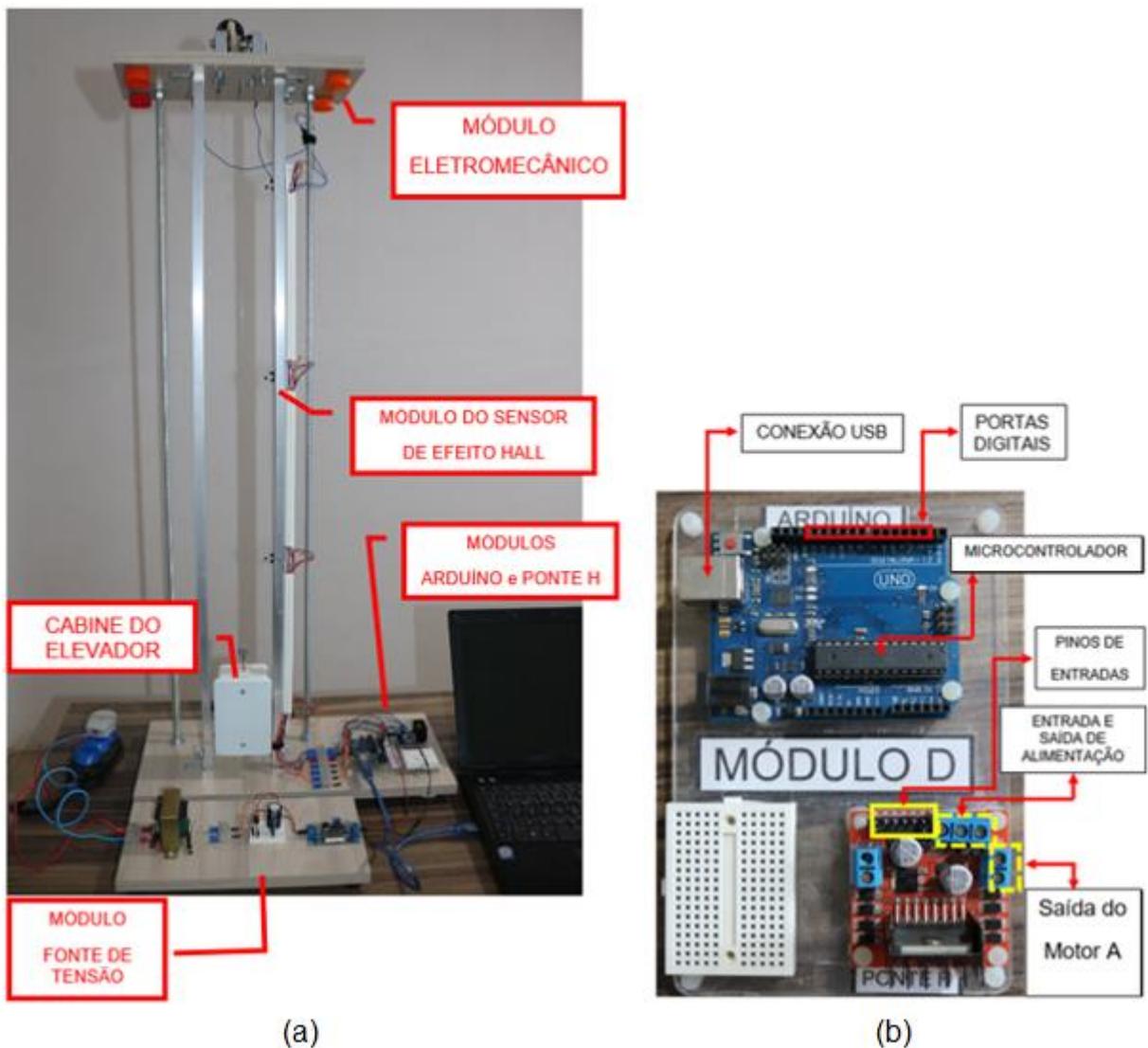


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

De acordo com as configurações indicadas nos painéis das **Figuras 46 e 47**. O sistema foi previamente programado e instalado em dispositivo de armazenamento (HD/pendrive) viabilizando o processo operacional do **Elevador Robodidático**. Não entraremos em detalhes referentes a linguagem de programação etapa 1, porém discutiremos mais detalhadamente a etapa 2.

13.2 ETAPA II – Hardware

Figura 48 – (a) Estrutura Física do elevador robodidático.
(b) Módulos (ARDUINO E PONTE H) de controle do elevador robodidático.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

13.2.1 *Arduíno UNO R3*

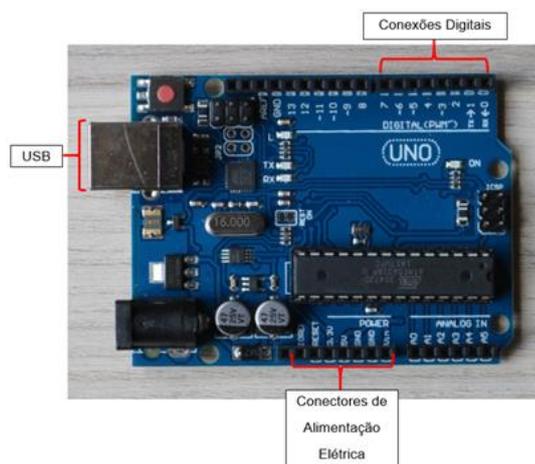
O Arduino é uma pequena placa microcontroladora contendo um microcontrolador, um pluque de conexão USB (Universal Serial Bus), que permite a ligação com o computador, além de contar com um conjunto de pinos de conexão, que torna possível a ligação de dispositivos eletrônicos externos, como motores, relés, sensores de efeito Hall, diodos a laser e outros.

O arduino pode ser energizado pelo computador através de um cabo USB, ou por uma fonte de alimentação. Ele pode ser controlado diretamente pelo computador, ou então pode ser programado pelo computador e em seguida desconectados, permitindo assim que trabalhe independentemente do computador.

No módulo D “Elevador Robodidático”, o arduino UNO R3 como indicado na **Figura 48** é conectado ao computador através do cabo USB, permitindo assim, uma ligação física com o computador e o seu controle lógico pelo programa em labVIEW. Além disso, esta conexão permite o acesso do programa aos pinos de conexão digital do arduino que, por sua vez, servem de entrada ou saída lógica. Isto torna possível a ligação e o controle/leitura dos sensores de efeito Hall, e o driver da ponte H. O arduíno é energizado com a fonte de tensão contínua (módulo B) ajustada com 6,0 V na saída.

O Arduino também fornece, na saída dos conectores de alimentação elétrica, +5 V e 0 V(GND) para alimentar os sensores de efeito Hall.

Figura 49 – Arduino UNO R3.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Especificações técnicas da placa arduino UNO:

- Modelo: Arduino UNO R3;
- Microcontrolador: ATmega328p;
- Tensão de funcionamento: 5V;
- Tensão de entrada (recomendada): 7-9V;
- Limite de tensão: 6 a 20 Volts;
- Saídas digitais I/O Pin: 14 (dos quais 6 oferecem saída PWM);
- Saídas analógicas 3.3V Pin: 6;
- Corrente DC por saída digital I/O Pin: 40mA;
- Corrente DC por saída analógica Pin: 50mA;

O gerenciamento de dados de entrada/saída do arduino sobre os periféricos envolvem grandezas digitais, os circuitos digitais, e operam apenas com dois valores de tensão definidos e convencionados da seguinte forma:

- 0 Volt = nível lógico 0 (baixo).
- 5 Volt = nível lógico 1 (alto).

13.2.2 Módulo Driver – Ponte H

O módulo driver ponte H é uma placa eletrônica desenvolvida para controlar a velocidade ou o sentido de rotação de motores elétricos de corrente contínua ou motores de passo, oferecendo uma grande versatilidade, isto devido a funções de controle integrados no hardware.

No Elevador Robodidático, este driver tem duas funções essenciais:

- Controlar o sentido de rotação no eixo do motor elétrico através do acionamento de comando (DESCIDA/SUBIDA) no painel frontal do *LabVIEW*. Quando acionado este comando, o programa de controle comunica, através do cabo USB a entrada da porta digital do arduino, os níveis lógicos de entradas (IN1 e IN2) da ponte H que, por sua vez, inverte as polaridades das saídas de controle do motor (OUT1 e OUT2),

invertendo assim o sentido do movimento da corrente elétrica o que produz a inversão do sentido de rotação do eixo do motor;

- Desligamento do motor elétrico. Isto ocorre quando um dos sensores de efeito Hall detecta a presença de um campo magnético em sua vizinhança. Ao detectar a presença de campo, o módulo detector de campo magnético por efeito Hall envia a sua saída digital (A0) um nível de tensão elétrica de + 5V. Este pulso elétrico é comunicado ao arduíno que ativa o pino digital de entrada enable(EN) do driver da ponte H. Este, por suas vez, anula a tensão de saída (Out1 e Out2) do driver parando assim o elevador. O campo magnético responsável pela ativação dos sensores é provido por um ímã que está fixado na cabine do Elevador Robodidático.

No módulo driver da ponte H como mostra a **Figura 49**. Em sua arquitetura física, são utilizados terminais (pinos) de entrada/saída:

PINOS DE ENTRADA

IN1 e IN2, determinam o sentido de rotação do motor.

GND - Terra (-)

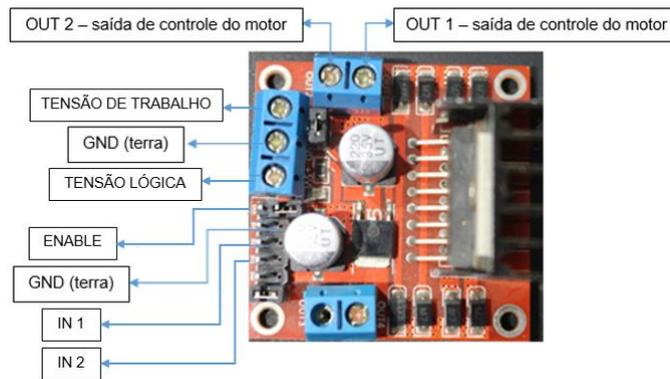
ENABLE: Quando jumpeado aciona o motor A com velocidade máxima. Para controlar a velocidade do motor A basta remover o jumper e alimentar o pino com uma tensão entre 0 e 5v, onde 0V é a velocidade mínima (parado) e 5V a velocidade máxima.

TENSÃO DE TRABALHO: tensão de entrada entre 5 a 35 V para controle dos motores.

PINO DE SAÍDA

TENSÃO LÓGICA: tensão de saída 5 V. Quando a tensão de entrada for superior a 7 V.

OUT 1 e OUT 2, controle do motor elétrico.

Figura 50 - Módulo Driver ponte H.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

13.3 Módulo Sensor EFEITO HALL

Figura 51 - Módulo sensor efeito HALL.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O sensor de efeito Hall é um componente eletrônico semicondutor no estado sólido está integrado a um circuito eletrônico montado numa placa, a sua função é detectar a cabine do elevador através de um campo magnético produzido por um ímã preso a cabine.

Neste módulo, estão dispostas duas saídas digitais: “DO” com um sistema NA (normalmente aberto) e a saída digital inversa “AO” com sistema NF (normalmente fechado), isto implica em saídas em nível lógico baixo (0 V) e alto (+Vcc). Os sinais (-) e (+) visto na **Figura 51**, correspondem as entradas GND e V_{CC} da alimentação do módulo do sensor efeito Hall que são conectados por jumpers (fios) aos conectores de alimentação elétrica do arduíno (GND e +5V).

13.4 O que é o efeito hall

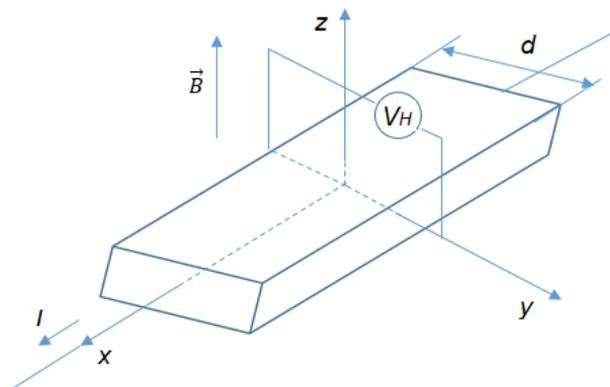
De acordo com Sérgio M. Resende. Se um campo magnético estático é aplicado numa barra de semicondutor, perpendicularmente à direção de movimento de deriva

das cargas, estas tendem a serem defletidas lateralmente, criando um acúmulo de cargas que resulta numa diferença de potencial transversal à barra. Considerando a geometria mostrada na **Figura 52**, na qual a direção z do sistema de coordenadas é escolhida como sendo a direção do campo magnético \vec{B} , \hat{x} é a direção da corrente e \hat{y} é a direção transversal. A força do campo magnético sobre as cargas é dada por

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B} \quad (7)$$

Supondo-se agora que o semiconductor é tipo p, de modo que a corrente é devida essencialmente aos buracos. Como estes se movimentam na direção $+\hat{x}$ e têm carga positiva, a força sobre eles tem o sentido $-y$. Esta força deflete os buracos e resulta no acúmulo de cargas positivas no lado $y = -\frac{d}{2}$ da barra deixando, por conseguinte, cargas negativas no lado $y = +\frac{d}{2}$. Estas cargas criam um campo elétrico na direção $+\hat{y}$ que, após um transiente inicial, impede a continuação dos buracos na direção y .

Figura 52 - Efeito Hall num semiconductor. A aplicação de um campo magnético numa barra com corrente resulta numa diferença de potencial transversal V_H que permite medir a concentração de portadores.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

O aparecimento deste campo elétrico é conhecido como **efeito Hall**, em homenagem a E.H.Hall que observou o fenômeno em condutores em 1879.

O módulo do sensor de efeito hall mostrado na **Figura 51**, instalado na coluna do Elevador Robodidático, quando submetido a uma diferença de potencial de +5V produz uma corrente elétrica que percorre o material semiconductor do sensor. Quando este sensor for submetido a um campo magnético gerado por um ímã de neodímio na cabine do elevador, a submissão do sensor a este campo elétrico converterá na saída (A0) do módulo um nível de tensão elétrica de +5V que será endereçado ao programa

de controle, processado e transferido as conexões digitais do arduíno que ativará a entrada enable(EN) do driver da ponte H, desabilitando o motor elétrico.

13.5 Motor Elétrico de Corrente Contínua

O motor elétrico, como mostra a **Figura 53**, utilizado no Elevador Robodidático é um dispositivo capaz de converter energia elétrica fornecida pela fonte de tensão ajustável em mecânica transportando a cabine do elevador. São largamente empregados em diversos equipamentos que necessitem de sua finalidade, que consiste em girar um eixo mecânico e transferir energia mecânica a outros mecanismos. Pode-se citar alguns equipamentos que utilizam o motor elétrico: liquidificador, ventilador, elevadores e até mesmo carros elétricos.

Figura 53 – Motor elétrico do Elevador Robodidático.

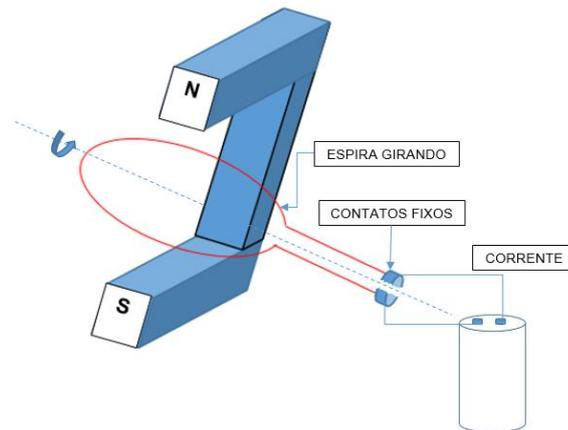


Fonte: Arquivo pessoal do autor.

13.5.1 Especificações técnicas do motor elétrico no Elevador Robodidático

Num motor elétrico a corrente troca de sentido cada vez que a bobina completa meia volta. Após ser forçado a completar uma meia volta, ele se mantém em movimento por um tempo até que a corrente troque de sentido; em consequência disso, ele é forçado a continuar seu movimento e completar mais uma meia volta, em vez de inverter seu sentido. Isso acontece repetidamente, de maneira a produzir uma rotação contínua, que pode ser usada para girar relógios, operar aparelhos e erguer cargas pesadas.

Na **Figura 54**, vemos num rascunho básico o princípio de funcionamento do motor elétrico. Um ímã permanente gera um campo magnético numa região, onde uma espira de fio de forma retangular é montada de maneira a poder girar em torno do eixo indicado pela linha tracejada. A corrente na espira troca de sentido a cada meia volta, e daí resulta a rotação contínua.

Figura 54 - Um motor elétrico simplificado

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

As especificações do motor elétrico utilizado nesta dissertação podem ser vistas na **Tabela 1**.

ESPECIFICAÇÕES	
Tensão nominal	6 Vdc
Rotação nominal	320 rpm
Corrente (sem carga)	170 mA
Corrente (Stall)	2,8 A
Torque (Stall)	3,83 kgf.cm
Relação de Redução:	26:1
Diâmetro do eixo:	4mm

Tabela 1 - Especificações técnicas do motor elétrico no Elevador Robodidático

13.5.2 Princípio de funcionamento de um motor elétrico de corrente contínua

De maneira simplificada, temos um conjunto de espiras imerso a um campo magnético, de forma que pares de segmentos dessas espiras interagem com o campo, adquirindo movimento rotacional sobre um eixo, o resultado deste movimento é consequência de uma força de origem magnética que atuam sobre esses segmentos que são percorridos por uma corrente elétrica em sentidos opostos.

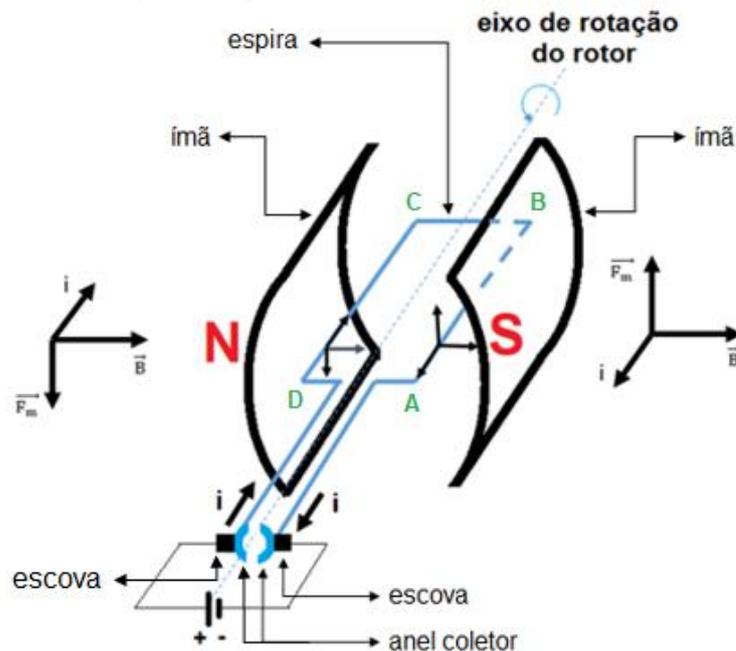
Observe na **Figura 55**, que os pares de forças magnéticas nos segmentos paralelos \overline{AB} e \overline{CD} se orientam em sentido opostos de acordo com a regra da mão esquerda representados através do diagrama de vetores. Enquanto a espira é alimentada através da fonte de tensão externa por meio das escovas de carvão que é

a responsável por realizar as funções elétricas e mecânicas, ou seja, pelo funcionamento do motor elétrico e isso acontece por meio da corrente elétrica, enquanto os comutadores é o elo que entre a fonte de alimentação e o rotor, e sua função é alternar o sentido da corrente elétrica de um circuito no motor elétrico. O rotor gira no sentido anti-horário, quando a espira se projeta perpendicularmente em relação ao campo magnético \vec{B} conforme indicado na **Figura 56**, neste momento as escovas permitem a descontinuidade da corrente elétrica i , ou seja, $i = 0$ e de acordo com a **eq. 6**:

Quando $i = 0$ a força magnética (\vec{F}_m) se anula, e por inércia a espira tem continuidade no sentido do movimento de rotação e os seguimentos paralelos \overline{AB} e \overline{CD} se dispõem ao sentido inverso da corrente elétrica que será restituída através do sistema de comutação (anel coletor + escovas) e assim o ciclo é continuado até que as correntes sejam cessadas.

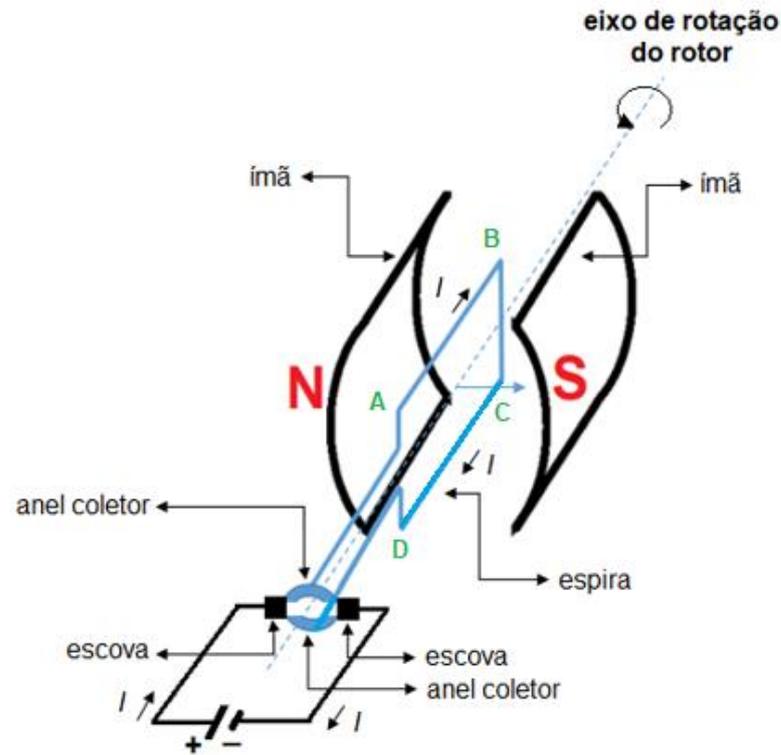
Se inicialmente tensão elétrica nas escovas é invertida, o sentido das correntes elétricas nos seguimentos \overline{AB} e \overline{CD} será invertido e a rotação do eixo do rotor será no sentido horário.

Figura 55 - Representação de um motor elétrico de corrente contínua.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 56 - Representação de um motor elétrico de corrente contínua.



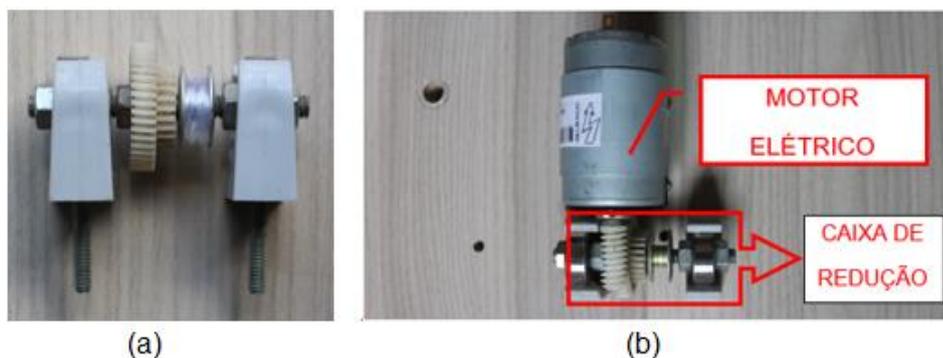
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

13.6 Módulo de caixa de redução eletromecânica

Esta caixa de redução é um arranjo mecânico envolvendo, polia, rolamento, suporte do rolamento, coroa e parafuso de rosca sem fim acoplado no eixo do motor, este sistema permite que a velocidade angular da polia seja menor que a do eixo do motor, proporcionando a cabine uma velocidade controlada como indicado na **Figura 57**.

A função do motor no elevador de carga, é mover a cabine sobre os trilhos servindo de transporte de carga.

Figura 57 – (a) Caixa de redução. (b) Módulo eletromecânico.



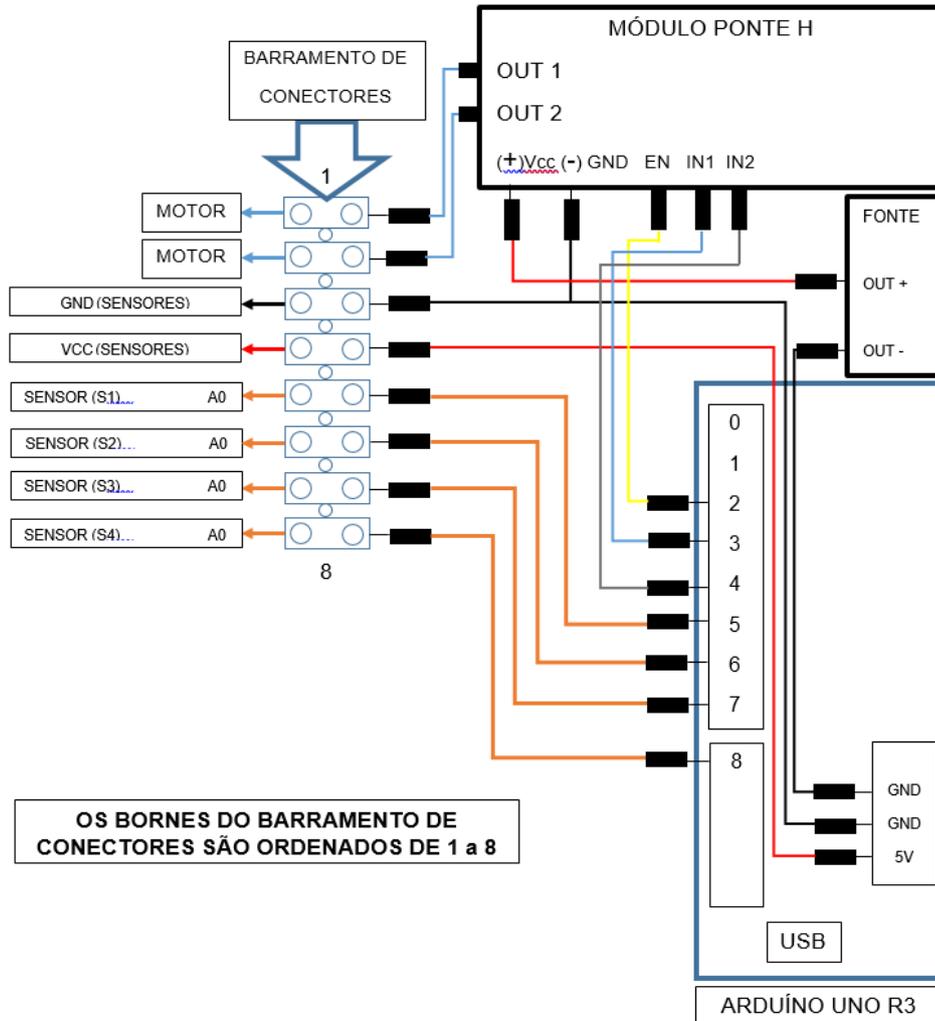
(a)

(b)

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

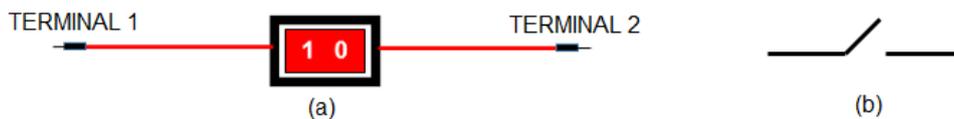
14 INSTALAÇÃO ELÉTRICA DO MÓDULO D NO ELEVADOR ROBODIDÁTICO

Figura 58 – Esquema elétrico para a instalação do módulo eletrônico (arduino e ponte H) no elevador robodidático.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 59 – (a) chave liga/desliga. (b) representação simbólica da chave liga/desliga.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

15 TEORIAS E FORMULÁRIO DE EQUAÇÕES FÍSICAS APLICADAS AO MOTOR ELÉTRICO DO ELEVADOR ROBODIDÁTICO

Para auxiliar na compreensão de fenômenos envolvidos na física do elevador, será feita uma breve revisão sobre temas relacionados a conceitos de Física Mecânica, ou seja:

- ✓ Deslocamento, velocidade e aceleração
- ✓ Leis de Newton e Forças
- ✓ Energia mecânica, trabalho e conservação
- ✓ Potência

15.1 Posição e deslocamento

Localizar um objeto significa determinar sua posição em relação a um ponto de referência, frequentemente a **origem** (ou ponto zero) de um eixo como o eixo x indicado na **Figura 60**.

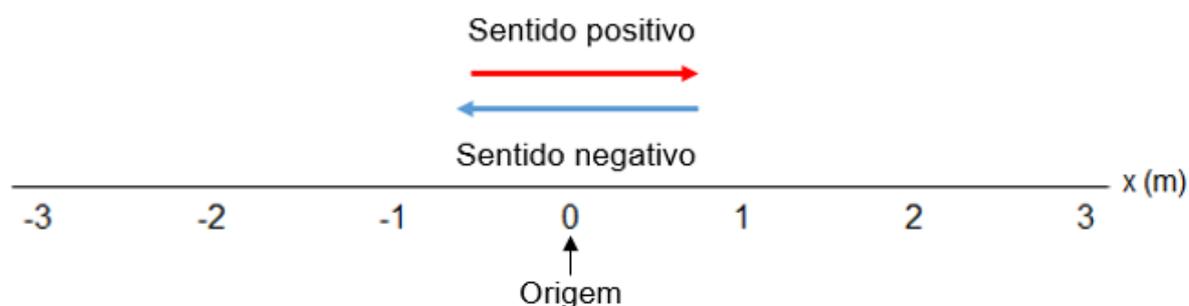
O **sentido positivo** do eixo é o sentido dos números (coordenadas) crescentes, que na **Figura 60** é para a direita. O sentido oposto é o **sentido negativo**.

A uma mudança de uma posição x_1 para uma posição x_2 é associado um **deslocamento** Δx , dado por

$$\Delta x = x_2 - x_1. \quad (8)$$

O símbolo Δ , a letra grega delta maiúsculo, é usado para representar a variação de uma grandeza e corresponde à diferença entre o valor final e o valor inicial. Quando se atribui números às posições x_1 e x_2 da **eq. 8**, um deslocamento no sentido positivo para a direita como mostra a **Figura 60** sempre resulta em um deslocamento positivo, e um deslocamento no sentido oposto (para a esquerda na figura) sempre resulta em um deslocamento negativo.

Figura 60 – A posição é determinada em um eixo marcado em unidades de comprimento (metro).



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

15.2 Velocidade Média

Pode-se definir a velocidade média, entre dois pontos, como a razão entre o deslocamento, Δx , e o intervalo de tempo, Δt , no qual esse deslocamento ocorreu, ou seja: [Hallyday, D. Fundamentos de física. v.1]

$$v_{\text{média}} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}, \quad (9)$$

onde x_1 é a posição da partícula no instante t_1 e x_2 é a sua posição no instante t_2 . A unidade de $v_{\text{média}}$ no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o metro por segundo (m/s).

15.3 Aceleração

Quando a velocidade de uma partícula varia, diz-se que a partícula sofreu uma **aceleração** (ou foi acelerada). Para movimentos ao longo de um eixo, a **aceleração média** $a_{\text{média}}$ é dada por:

$$a_{\text{média}} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \quad (10)$$

A unidade da aceleração no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o metro por segundo² (m/s²).

15.4 Leis de Newton

Primeira Lei de Newton.

Se nenhuma força resultante atua sobre um corpo ($\vec{F}_{\text{res}} = 0$), sua velocidade não pode mudar, ou seja, o corpo não pode sofrer uma aceleração.

Assim, um corpo pode estar submetido a várias forças, mas se a resultante dessas forças for zero o corpo não sofre uma aceleração.

Segunda Lei de Newton

A força resultante que age sobre um corpo é igual ao produto da massa do corpo pela sua aceleração.

Em termos matemáticos,

$$\vec{F}_{\text{res}} = m\vec{a} \text{ (segunda lei de Newton)} \quad (11)$$

Para resolver problemas que envolvem a segunda lei de Newton frequentemente desenha-se um **diagrama de corpo livre**, no qual o único corpo mostrado é aquele pelo qual esta somando-se as forças. Um sistema de coordenadas é normalmente incluído, e a aceleração do corpo é algumas vezes mostrada através de outra seta (acompanhada por um símbolo adequado para mostrar que se trata de uma aceleração).

Força

Sabe-se que uma força pode causar aceleração de um corpo. Assim, define-se a unidade de força em termos da aceleração que uma força imprime a um corpo de referência, que se toma como sendo o quilograma-padrão como o representado na **Figura 61**. A esse corpo foi atribuída, exatamente e por definição, uma massa de 1 Kg.

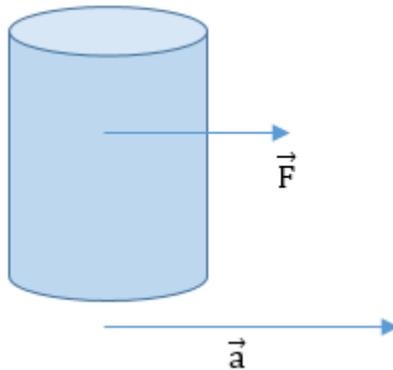
Figura 61 – O quilograma-padrão internacional de massa, um cilindro de platina-irídio com 3,9 cm de altura e 3,9 cm de diâmetro. (Cortesia do Bureau Internacional de Pesos e Medidas, França).



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Para isto, pode-se o corpo-padrão sobre uma mesa horizontal sem atrito e o puxamos para a direita como mostrado a **Figura 62** até que por tentativa e erro, ele adquira uma aceleração de 1 m/s^2 . Declara-se então, a título de definição, que a força que está se exercendo sobre o corpo-padrão tem um módulo de 1 Newton (1 N).

Figura 62 – Uma força \vec{F} aplicada ao quilograma-padrão provoca uma aceleração \vec{a} .



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

15.5 O que é energia?

“**Energia**” algo que pode mudar a condição da matéria. Normalmente definida como a capacidade de realização de trabalho; de fato, pode ser descrita somente por meio de exemplos. (Física conceitual 11a ed. pag. 716. Paul G. Hewaitt)

15.6 Energia Cinética

A energia cinética K é a energia associada ao estado de movimento de um objeto. Quanto mais depressa o objeto se move, maior é a energia cinética. Quando um objeto está em repouso, a energia cinética é nula.

Para um objeto de massa m cuja velocidade v é muito menor que a velocidade da luz

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (12)$$

A unidade de energia cinética (e de qualquer outra forma de energia) no SI é o Joule (J).

15.7 Trabalho

Quando você aumenta a velocidade de um objeto aplicando a ele uma força, a energia cinética ($K = mv^2/2$) do objeto aumenta. Da mesma forma, quando você diminui a velocidade do objeto aplicando a ele uma força, a energia cinética do objeto diminui. Explicamos essas variações de energia cinética dizendo que a força que você aplicou transferiu energia de você para o objeto ou do objeto para você. Nas transferências de energia através de uma força, dizemos que um trabalho W é realizado pela força sobre o objeto^[6]. Mais formalmente, definimos o trabalho da seguinte forma:

Trabalho (W) é a energia transferida para um objeto ou de um objeto através de uma força que age sobre o objeto. Quando a energia é transferida para o objeto, o trabalho é positivo; quando a energia é transferida do objeto, o trabalho é negativo.

O termo transferência pode ser enganador. Ele não significa que um objeto material entre ou saia do objeto; a transferência não é como um fluxo de água. Ela se parece mais com a transferência eletrônica de dinheiro entre duas contas bancárias: o valor de uma das contas aumenta, enquanto o valor da outra conta diminui, mas nenhum objeto material é transferido de uma conta para outra.

15.8 Trabalho e Energia Cinética

Encontrando uma expressão para o trabalho

Para encontrar-se uma expressão para o trabalho, considere uma conta que pode deslizar ao longo de um fio sem atrito ao longo de um eixo x horizontal como indicado na **Figura 63** uma força constante \vec{F} , fazendo um ângulo ϕ com o fio, é usada para acelerar a conta. Podemos relacionar a força à aceleração através da segunda lei de Newton, escrita para as componentes em relação ao eixo x :

$$F_x = ma_x \quad (13)$$

Onde m é a massa da esfera. Quando a conta sofre um deslocamento \vec{d} , a força muda a velocidade da conta de um valor inicial \vec{v}_0 para um outro valor, \vec{v} . Como a força é constante, sabemos que a aceleração também é constante. Assim podemos usar a equação

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \quad (14)$$

Para escrever, para as componentes em relação ao eixo x ,

$$v^2 = v_0^2 + 2a_x d \quad (15)$$

Explicitando a_x , substituindo na equação $F_x = ma_x$ e reagrupando os termos, obtem-se:

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 = F_x d \quad (16)$$

O primeiro termo do lado esquerdo da equação é a energia cinética K_f da conta no fim do deslocamento d ; o segundo termo é a energia cinética K_i da conta no início do deslocamento. Assim, o lado esquerdo da **Eq. 16** indica que a energia cinética foi alterada pela força, e o lado direito indica que esta mudança é igual a $F_x d$. Assim, o trabalho W realizado pela força sobre a conta (a transferência de energia em consequência da aplicação da força) é

$$W = F_x d \quad (17)$$

Se os valores de F_x e d forem conhecidos, pode-se usar esta equação para calcular o trabalho W realizado pela força sobre a conta.

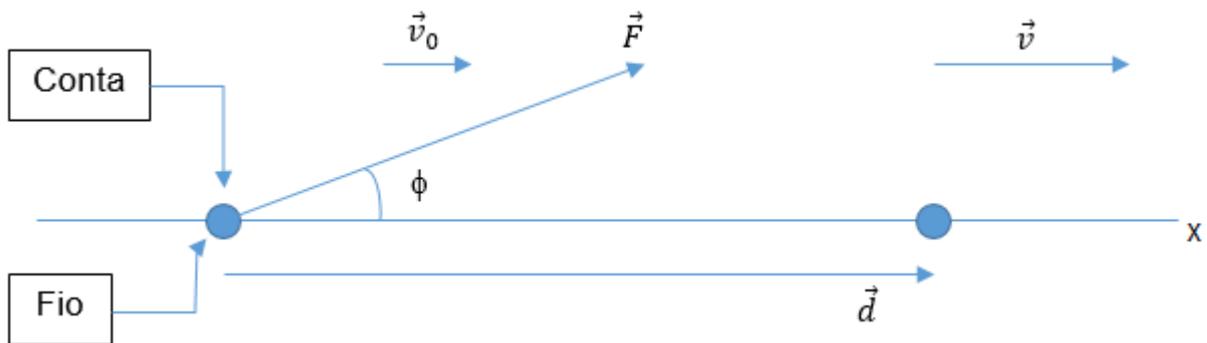
Para calcular o trabalho que uma força realiza sobre um objeto quando este sofre um deslocamento, usa-se apenas a componente da força em relação ao

deslocamento do objeto. A componente da força perpendicular ao deslocamento não realiza trabalho.

Como se pode ver na **Figura 63**, pode-se escrever F_x na forma $F \cos \phi$, onde F é o módulo de \vec{F} e ϕ é o ângulo entre o deslocamento \vec{d} e a força \vec{F} . Assim,

$$W = Fd \cos \phi. \quad (\text{Trabalho executado por uma força constante}) \quad (18)$$

Figura 63 – Uma força constante \vec{F} , que faz um ângulo ϕ com o deslocamento d de uma conta ao longo do fio fazendo sua velocidade mudar de \vec{v}_0 para \vec{v} .



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

15.9 Teorema do trabalho e energia cinética

Seja ΔK a variação de energia cinética do objeto e W o trabalho resultante realizado sobre ele. Nesse caso, pode-se escrever

$$\Delta K = K_f - K_i = W, \quad (19)$$

Esta equação significa:

$$\left(\begin{array}{c} \text{variação da energia cinética} \\ \text{de uma partícula} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{trabalho total executado} \\ \text{sobre a partícula} \end{array} \right)$$

Pode-se também escrever

$$K_f = K_i + W \quad (20)$$

Que significa:

$$\left(\begin{array}{l} \text{energia cinética depois} \\ \text{da execução do trabalho} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{energia cinética antes da} \\ \text{execução do trabalho} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{trabalho} \\ \text{executado} \end{array} \right)$$

15.10 Trabalho realizado pela força gravitacional

Examinemos agora o trabalho realizado sobre um objeto por uma força gravitacional. A **Figura 64** mostra um tomate de massa m que se comporta como partícula arremessado para cima com velocidade inicial v_0 e, portanto, com uma energia cinética inicial $K_i = \frac{1}{2}mv_0^2$. Na subida o tomate é desacelerado por uma força gravitacional \vec{F}_g , ou seja, a energia cinética do tomate diminui porque \vec{F}_g realiza trabalho sobre o tomate durante a subida. Uma vez que o tomate pode ser tratado como uma partícula, podemos usar a **Eq. 18** ($W = Fd \cos\phi$) para expressar o trabalho realizado durante um deslocamento \vec{d} . No lugar de F , mg , o módulo de \vec{F}_g . Assim o trabalho W_s realizado pela força gravitacional \vec{F}_g é

$$W_s = mgd \cos\phi \quad (\text{Trabalho executado por uma força gravitacional}) \quad (21)$$

Durante a subida, a força \vec{F}_g tem sentido contrário ao do deslocamento \vec{d} , como mostra a **Figura 65**. assim, $\phi = 180^\circ$ e

$$W_s = mgd \cos 180^\circ = mgd(-1) = -mgd \quad (22)$$

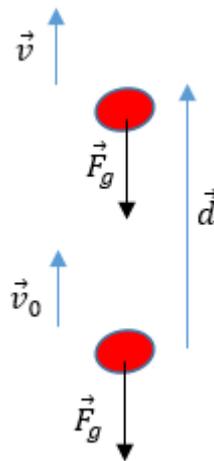
O sinal negativo indica que durante a subida, a força gravitacional remove uma energia mgd da energia cinética do objeto. Isto está de acordo com o fato de que o objeto perde velocidade na subida.

Depois que o objeto atinge a altura máxima e começa a descer, o ângulo ϕ entre a força \vec{F}_g e o deslocamento \vec{d} é zero. Assim,

$$W_s = mgd \cos 0^\circ = mgd(+1) = +mgd. \quad (23)$$

O sinal positivo significa que agora a força gravitacional transfere uma energia mgd para a energia cinética do objeto. Isto está de acordo com o fato de que o objeto ganha velocidade na descida. (Na realidade, transferências de energia associadas à subida e à descida de um objeto envolvem o sistema completo objeto-Terra.)

Figura 64 – Por causa da força gravitacional \vec{F}_g , um tomate de massa m atirado para cima diminui a velocidade de \vec{v}_0 para \vec{v} .



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

15.11 Trabalho realizado para levantar e baixar um objeto

Suponha agora, que se levanta um objeto, que se comporta como uma partícula, aplicando a ele uma força vertical \vec{F} . Durante o deslocamento para cima, esta força aplicada realiza trabalho positivo W_a sobre o objeto, enquanto a força gravitacional realiza um trabalho negativo W_g . A força aplicada tende a remover energia do objeto. De acordo com a **Eq. 19** a variação ΔK da energia cinética do objeto devido a essas duas transferências de energia é

$$\Delta K = K_f - K_i = W_a + W_g, \quad (24)$$

onde K_f é a energia cinética no fim do deslocamento K_i é a energia cinética no início do deslocamento. Esta equação também se aplica à descida do objeto, mas nesse caso a força gravitacional tende a transferir energia para o objeto, enquanto a força aplicada tende a remover energia do objeto. Em muitos casos, o objeto está em

repouso antes e depois do levantamento. Nesse caso, K_f e K_i são nulas e a **Eq. 24** se reduz a

$$W_a + W_g = 0 \quad \text{ou}$$

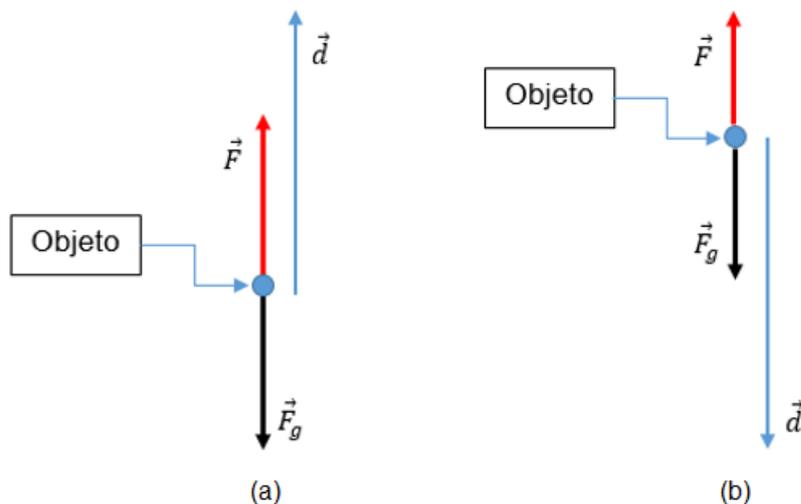
$$W_a = -W_g \quad (25)$$

Usando a **Eq. 22**, pode-se escrever a **Eq. 26** na forma

$$W_a = -mgd \cos\phi \quad (\text{Trabalho para levantar e baixar: } K_f = K_i) \quad (26)$$

onde ϕ é o ângulo entre \vec{F}_g e \vec{d} . Se o deslocamento é verticalmente para cima como indicado na **Figura 65a**, $\phi = 180^\circ$ e o trabalho realizado pela força aplicada é igual a mgd . Se o deslocamento é verticalmente para baixo **Fig. 65b**, $\phi = 0^\circ$ e o trabalho realizado pela força aplicada é igual a $-mgd$.

Figura 65 – (a) Uma força \vec{F} faz um objeto subir. O deslocamento \vec{d} do objeto faz um ângulo $\phi = 180^\circ$ com a força gravitacional \vec{F}_g . A força aplicada realiza um trabalho positivo sobre o objeto. (b) A força \vec{F} é insuficiente para fazer o objeto subir. O deslocamento \vec{d} do objeto faz um ângulo $\phi = 0^\circ$ com a força gravitacional \vec{F}_g . A força aplicada realiza um trabalho negativo sobre o objeto.



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

15.12 Energia potencial gravitacional

Considere inicialmente uma partícula de massa m que se move verticalmente ao longo de um eixo y (com o sentido positivo para cima). Quando a partícula se move

do ponto y_i para o ponto y_f a força gravitacional \vec{F}_g realiza trabalho sobre ela. Para determinar a variação correspondente da energia potencial gravitacional do sistema partícula-Terra usa-se a equação

$$\Delta U = - \int_{x_i}^{x_f} F(x) dx \quad (27)$$

Com duas modificações: (1) integra-se ao longo do eixo y em vez do eixo x , já que a força gravitacional age na direção vertical. (2) substitui-se a força F por $-mg$, pois \vec{F}_g possui módulo mg e está orientada no sentido negativo do y . Assim obtém-se:

$$\Delta U = - \int_{y_i}^{y_f} (-mg) dy = mg \int_{y_i}^{y_f} dy = mg[y]_{y_i}^{y_f}$$

e, portanto

$$\Delta U = mg(y_f - y_i) = mg \Delta y \quad (28)$$

Para simplificar um cálculo ou uma discussão às vezes gosta-se de dizer que um certo valor de energia potencial gravitacional U está associado ao certo sistema partícula-terra quando a partícula está a uma certa altura y . para isso, escreve-se a **Eq. 28** na forma,

$$U - U_i = mg(y - y_i). \quad (29)$$

Toma-se U_i como sendo a energia potencial gravitacional do sistema quando ele se encontra em uma configuração de referência na qual a partícula está em um ponto de referencia y_i . Normalmente tomamos $U_i = 0$ e $y_i = 0$. Fazendo isso, a **Eq. 29**. Se torna

$$U(x) = mgy. \quad (\text{Energia potencial gravitacional}) \quad (30)$$

Esta equação nos diz o seguinte:

A energia potencial gravitacional associada a um sistema partícula-Terra depende apenas da posição vertical y (altura) da partícula em relação a posição de referência $y = 0$, e não da posição horizontal.

15.13 Conservação da energia mecânica

A energia mecânica E_{mec} de um sistema é a soma da energia potencial U do sistema com a energia cinética K dos objetos que compõem o sistema:

$$E_{mec} = K + U \quad (31)$$

Nesta seção, será discutido o que acontece com essa energia mecânica quando as transferências de energia dentro do sistema são produzidas apenas por forças conservativas, ou seja, quando os objetos do sistema não estão sujeitos a forças de atrito e de arrasto.

Quando uma força conservativa realiza um trabalho W sobre um objeto dentro do sistema, essa força é responsável por uma transferência de energia entre a energia cinética K do objeto e a energia potencial U do sistema. De acordo com a **Eq. 19**, a variação ΔK da energia cinética é

$$\Delta K = W \quad (32)$$

e de acordo com a equação,

$$\Delta U = -W$$

a variação ΔU da energia potencial é

$$\Delta U = -W \quad (33)$$

Combinando as **Eqs. 32 e 33**, temos

$$\Delta K = -\Delta U \quad (34)$$

Em palavras, uma dessas energias aumenta exatamente da mesma quantidade que a outra diminui.

Pode-se escrever a **Eq. 33** na forma

$$K_2 - K_1 = -(U_2 - U_1) \quad (35)$$

Reagrupando os termos da **Eq. 35**, obtém-se a seguinte expressão:

$$K_2 + U_2 = K_1 + U_1 \quad (\text{conservação da energia mecânica}) \quad (36)$$

15.14 Potência

A taxa de variação com o tempo do trabalho realizado por uma força recebe o nome de potência. Se uma força realiza um trabalho W em um intervalo de tempo Δt , a potência média desenvolvida durante esse intervalo de tempo é

$$P_{\text{média}} = \frac{W}{\Delta t}. \quad (\text{Potência média}) \quad (37)$$

Montagem – FAÇA VOCÊ MESMO!

- ✓ Conecte os jumpers (pino macho macho) de acordo com o esquema elétrico da **Figura 58** para a instalação do módulo eletrônico arduino e ponte H no elevador robodidático.
- ✓ Confira todas as conexões;
- ✓ Conecte o cabo USB no arduino para o computador;
- ✓ Substitua o jumper (vermelho +12 V) do conector de saída da fonte de tensão ajustável ao conector de entrada de alimentação da ponte H, pela chave liga/desliga indicado na **Figura 59** (observe a posição 1 → LIGA, 0 → DELIGA) mantenha a chave na posição desligada.

MATERIAL

- Módulo B.
- Módulo D.
- Protótipo do elevador de carga.
- Notebook.
- Cabo USB.
- Chave de fenda.
- Multímetro.
- Cronômetro (pode ser o do celular).
- Chave de fenda.
- Chave liga/desliga
- Duas garras jacaré (vermelho e preto) com terminais jumper macho.

PROCEDIMENTOS

- P1. Ligue o computador. Dê dois clicks no arquivo do sistema labVIEW na área de trabalho do computador.
- P2. Remova o sensor 2.
- P3. Configure a tela do painel frontal do labVIEW indicado na **Figura 46**.
- P4. Execute o programa do labVIEW pressionando a função (\Rightarrow) no painel frontal conforme mostra a **Figura 47**.
- P5. Dê um click na função STOP no painel de controle e responda as questões de 01 a 05.
- P6. Ligue a alimentação da ponte H, através da chave liga/desliga (pressione na posição 1).
- P7. Remova o jumper do terminal 5 para o 6 do conector 2.
- P8. Insira e prenda o terminal macho do jacaré (preto) no terminal 5 do conector 2.
- P9. Insira e prenda o terminal macho do jacaré (vermelho) no terminal 6 do conector 2.
- P10. Prenda as pontas de prova do multímetro nos jacarés de P5 e P6 coincidindo as cores.
- P11. Posicione o seletor de escala do multímetro na função amperímetro.
- P12. Ligue o amperímetro.
- P13. Execute o programa do labVIEW.

P14. Calcule e preencha a tabela 1. Construa os gráficos: (massa transportada x corrente elétrica), (Potência elétrica x Corrente elétrica) e (massa transportada x potência elétrica).

SUGESTÃO DE QUESTÕES DO MÓDULO D

01. Após os procedimentos de P1 a P4, controle a descida e a subida da cabine pressionando o botão descida (vermelho) /subida (verde), e observe as velocidades da cabine. A velocidade da cabine na descida é a mesma da subida (OBS: o botão libera – motor tem por finalidade ativar o motor elétrico quando em repouso. Quando a cabine estiver no sensor 1 → pressione: subida e libera motor, sensor 3 → descida e libera motor).

02. É possível calcular essas velocidades com os materiais disponíveis? Estabeleça uma proposta para a obtenção destas velocidades.

03. Podemos estabelecer um resultado quantitativo? Calcule as V_{subida} e $V_{descida}$ no deslocamento do sensor 1 ao sensor 2.

04. Após as observações da questão 3, quais as hipóteses e argumentos dos resultados.

05. A energia cinética na subida da cabine é igual a energia cinética na descida? É possível justificar os resultados obtidos, Qual(is) a(s) proposta(s)?

06. Logo após as execuções de P1 a P5, vamos investigar o comportamento da corrente elétrica exercida no motor. Siga os procedimentos P6 a P13, podemos afirmar que a intensidade da corrente elétrica na descida e subida da cabine, são as mesmas? Argumente sua afirmação?

07. Quanto ao sentido da corrente elétrica da questão 6, são os mesmos? O multímetro pode auxiliar nesta informação? Faça os comentários e sugestões.

08. Execute o P14.

09. Há um limite de carga a ser transportada pela cabine do elevador? Na sua opinião qual(is)?

10. Vamos admitir que a potência elétrica (máxima) do motor seja de 1 W, a massa da cabine é 100g, qual a máxima carga possível de transportar de modo a não exceder a potência do motor?

11. Como você relaciona o comportamento das grandezas físicas envolvidas nestes gráficos? Eles podem justificar a questão 1? Faça suas considerações e argumentem.

REFERÊNCIAS

- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física III - Eletromagnetismo**, 14. ed. São Paulo. Pearson, 2016.
- YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física I – Mecânica**, 14. ed. São Paulo, Pearson, 2016.
- HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. v.1.
- HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v.3.
- GRAF. **Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. Leituras de Física: Eletromagnetismo**. Instituto de Física – USP, 1998. Disponível em: <<http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/eletro4.pdf>> Acesso: em mai. 2018.
- REZENDE, Sérgio M. **Materiais e Dispositivos Eletrônicos**. 4ª ed. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.
- MONK, Simon. **Programação com arduino – começando com sketches**. 2. ed. Porto Alegre: bookman, 2017.
- GRAF. **Física 1 Mecânica**. 5. ed. São Paulo: Edusp. 2012. v. 1
- GRAF. **Física 3 Eletromagnetismo**. 5. ed. São Paulo: Edusp. 2012. v. 3
- BRAGA, Nilton C. **Como funcionam os sensores de efeito Hall**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/6640-como-funcionam-os-sensores-de-efeito-hall-art1050>>. Acesso em: 01 março 2019
- BRAGA, Nilton C. **Retificação – Como funciona**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/15161-retificacao-como-funciona-art3972>>. Acesso em: 05 de março 2019.
- BRAGA, Nilton C. **Retificação – Como funcionam potenciômetros e trimpot**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3379-art472>>. Acesso em 05 de março 2019.
- USINAINFO. **Regulador de Tensão Ajustável LM2596 DC Step Down (Para Menos) com Display - Saída 1,25V a 37V**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/reguladores-de-tensao/regulador-de-tensao-ajustavel-lm2596-dc-step-down-para-menos-com-displaysaida125va37v2553.html?search_query=modulo+regulador+ajustavel&results=9>. Acesso em: 05 de março 2019.

USINAINFO. **Driver Ponte H ou Motor de Passo - L298N**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/drivers-para-motores/driver-ponte-h-ou-motor-depasso-l298n-2302.html>.> Acesso em: 05 de março 2019.

USINAINFO. **Módulo Sensor de Efeito Hall**. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-efeito-hall-arduino/modulo-sensor-de-efeito-hall-para-arduino-2633.html?search_query=modulo+sensor+efeito+hall&results=9>. Acesso em: 05 de março 2019.

APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO QUALITATIVO

 <p>SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA Mestrado Nacional em Ensino de Física - Pólo UFPE - CAA</p>  <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO</p>	<h1>QUESTIONÁRIO QUALITATIVO</h1> <p>Data: ____/____/____</p>
ESCOLA AARÃO LINS DE ANDRADE Aluno: _____ Série: _____	

01. Na sua concepção, estudar física é importante? Porque?

02. Você já havia vivenciado antes as aulas de Física com experimentação investigativa? Comente sua resposta.

03. Quais questões você teve mais dificuldade na avaliação diagnóstica?

04. O estudo por investigação ajudou você na compreensão dos conceitos Físicos? Comente sua resposta.

05. O elevador Robodidático contribuiu para a sua aprendizagem na disciplina de Física? Comente sua resposta.

ANEXO A - SUGESTÕES COMPLEMENTARES DE QUESTÕES PROPOSTAS

	FÍSICA TEÓRICA
ESCOLA AARÃO LINS DE ANDRADE Aluno: _____	SUGESTÕES COMPLEMENTARES DE QUESTÕES PROPOSTAS

01. (UECE-CE) A matéria, em seu estado normal, não manifesta propriedades elétricas. No atual estágio de conhecimentos da estrutura atômica, isso nos permite concluir que a matéria:

- a) é constituída somente de nêutrons.
- b) possui maior número de nêutrons que de prótons.
- c) possui quantidades iguais de prótons e elétrons.
- d) é constituída somente de prótons.

02. (UFB) Quando você liga um televisor, o material que reveste a tela internamente, perde uma

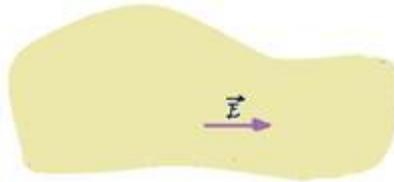


grande quantidade de elétrons e se torna eletricamente carregado. Você pode verificar a presença dessa carga aproximando o braço da tela e notando como os pêlos ficam “em pé”. Qual é o sinal da carga adquirida pela tela?

03. (UNIFESP-SP) Duas partículas de cargas elétricas $Q_1 = 4,0 \times 10^{-16} \text{ C}$ e $q_2 = 6,0 \times 10^{-16} \text{ C}$ estão separadas no vácuo por uma distância de $3,0 \cdot 10^{-9} \text{ m}$. Sendo $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$, a intensidade da força de interação entre elas, em newtons, é de

- a) $1,2 \cdot 10^{-5}$
- b) $1,8 \cdot 10^{-4}$
- c) $2,0 \cdot 10^{-4}$
- d) $2,4 \cdot 10^{-4}$
- e) $3,0 \cdot 10^{-3}$

04. (FATEC-SP) Em um ponto P do espaço existe um campo elétrico \vec{E} horizontal de intensidade $E=5.104\text{N/C}$, voltado para a direita.



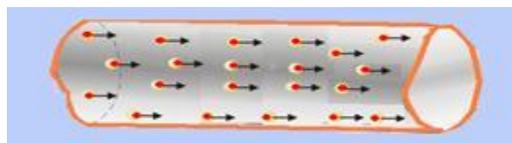
- Se uma carga de prova de $1,5\mu\text{C}$, positiva, é colocada em P, qual será o valor da força elétrica que atua sobre ela?
- Em que sentido a carga de prova tenderá a se mover, se for solta?
- Responda às questões a e b supondo que a carga de prova seja negativa.

05. (UEMG-MG)

Há situações na natureza que são impossíveis de ocorrer. Com base nessa afirmação, assinale, abaixo, a alternativa em que se apresenta um fenômeno físico que não ocorre.

- Uma massa, ao ser abandonada numa região do espaço onde há um campo gravitacional, passa a se movimentar no sentido do campo gravitacional.
- Uma carga elétrica, ao ser abandonada numa região do espaço onde há um campo elétrico, passa a se movimentar em sentido contrário ao campo elétrico.
- Dois corpos, a temperaturas diferentes, são colocados em contato e isolados da vizinhança. O calor flui do corpo de temperatura mais baixa para o de temperatura mais alta.
- Uma carga elétrica, ao ser abandonada numa região do espaço onde há um campo elétrico, passa a se movimentar no sentido do campo elétrico.

06. (UEPG-PR). Considere um fio metálico no qual foi estabelecido um campo elétrico \vec{E} , conectando suas extremidades aos polos de uma bateria. Os elétrons livres do fio metálico estarão sujeitos à ação da força elétrica devida ao campo e assim serão postos em movimento, dando origem a uma corrente elétrica através do fio condutor. Sobre este fenômeno, assinale o que for correto.



01. Ao longo do fio metálico a intensidade da corrente elétrica pode variar.

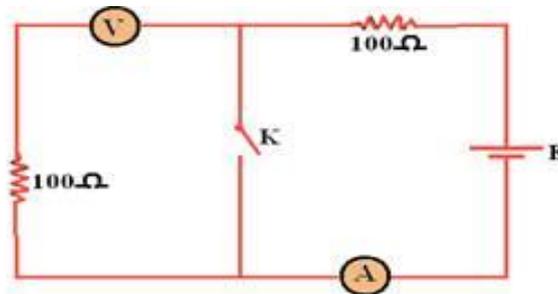
02. O sentido convencional da corrente elétrica através do fio é no sentido do ponto de maior potencial para o ponto de menor potencial.

04. Ao passar através do fio, parte da energia da corrente elétrica é dissipada em outras formas de energia.

08. O movimento dos elétrons livres através do fio será no sentido contrário ao do campo elétrico.

16. Se o sentido do campo elétrico estabelecido no fio metálico for invertido periodicamente, a corrente elétrica também sofrerá inversões periódicas.

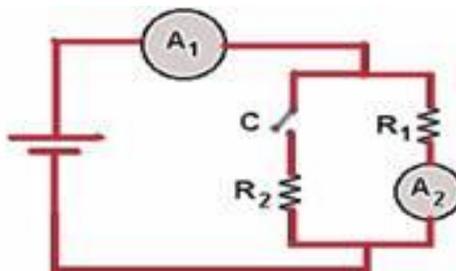
07. (FUVEST-SP) No circuito da figura, o amperímetro e o voltímetro são ideais. O voltímetro marca 1,5V quando a chave K está aberta.



Fechando a chave K, o amperímetro marcará:

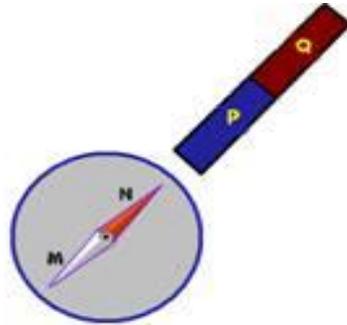
- a) 0mA b) 7,5mA c) 15mA d) 100mA e) 200mA

08. (UFC-CE) No circuito esquematizado adiante, A1 e A2 são amperímetros ideais. Ligando-se a chave C, observa-se que:



- a) a leitura de A1 e a leitura de A2 não mudam.
 b) a leitura de A1 diminui e a leitura de A2 aumenta.
 c) a leitura de A1 não muda e a leitura de A2 diminui.
 d) a leitura de A1 aumenta e a leitura de A2 diminui.
 e) a leitura de A1 aumenta e a leitura de A2 não muda.

08. (UFB) Uma bússola tem sua agulha magnética orientada com um polo (M) indicando Roraima e o outro (N) indicando o Paraná. A seguir, aproxima-se a agulha magnética dessa bússola bem perto da extremidade de um ímã cujos polos são (P) e (Q), até que o equilíbrio estável seja atingido (ver figura).



- a) Quais são os polos magnéticos M e N da agulha magnética da bússola?
 b) Quais são os polos P e Q do ímã?

09 (PUC-PR) Uma carga positiva q se movimenta em um campo magnético uniforme \vec{E} com velocidade \vec{v} . Levando em conta a convenção a seguir, foram representadas três hipóteses com respeito à orientação da força atuante sobre a carga q , devido à sua interação com o campo magnético.



Está correta ou estão corretas:

- a) somente I e III. b) somente I e II. c) somente II. d) I, II e III. e) somente II e III.

10. (UEL-PR) “Trem magnético japonês bate seu próprio recorde de velocidade (da Agência Lusa) – Um trem japonês que levita magneticamente, conhecido por “Maglev”, bateu hoje o seu próprio recorde de velocidade ao atingir 560 km/h durante um teste de via. O comboio de cinco vagões MLX01, cujo recorde anterior de 552 km/h fora alcançado em abril de 1999 com 13 pessoas a bordo, alcançou sua nova marca sem levar passageiros. O trem japonês fica ligeiramente suspenso da via pela ação de magnetos, o que elimina a redução da velocidade causada pelo atrito com os trilhos”. (Disponível:<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciência>. Acesso em: 13 set. 2004).



É possível deixar suspenso um corpo condutor criando uma força magnética contrária à força gravitacional que atua sobre ele. Para isso, o corpo deve estar imerso em um campo magnético e por ele deve passar uma corrente elétrica. Considerando um fio condutor retilíneo como uma linha horizontal nesta folha de papel que você lê, que deve ser considerada como estando posicionada com seu plano paralelo à superfície terrestre e à frente do leitor. Quais devem ser as orientações do campo magnético e da corrente elétrica, de modo que a força magnética resultante esteja na mesma direção e no sentido contrário à força gravitacional que atua sobre o fio? Ignore as ligações do fio com a fonte de corrente elétrica.

- a) A corrente deve apontar para esquerda ao longo do fio, e o campo magnético deve estar perpendicular ao fio, apontando para o leitor
- b) A corrente deve apontar para a esquerda ao longo do fio, e o campo magnético deve estar paralelo ao fio, apontando para a direita.
- c) A corrente deve apontar para a direita ao longo do fio, e o campo magnético deve estar perpendicular ao fio, apontando para fora do plano da folha.
- d) A corrente deve apontar para a direita ao longo do fio, e o campo magnético deve estar paralelo ao fio, apontando para a direita.
- e) A corrente deve apontar para a esquerda ao longo do fio, e o campo magnético deve estar perpendicular ao fio, apontando para dentro do plano da folha.