



**Luan Carlos Fronza**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA  
MONTAGEM E TESTE DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

**Horizontalina**

**2015**

**Luan Carlos Fronza**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA  
MONTAGEM E TESTE DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Felipe Dal Piva Ely, Especialista.

**Horizontina**

**2015**

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**“Desenvolvimento de uma bancada didática para montagem e teste de  
circuitos elétricos”**

**Aprovado em: 10/11/2015  
Pela Comissão Examinadora**

**Elaborada por:**

**Luan Carlos Fronza**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Mecânica

---

**Prof. Esp. Felipe Dal Piva Ely  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

---

**Prof. Dr. Richard Thomas Lermen  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

---

**Prof<sup>a</sup>. Me. Betine Rost  
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina  
2015**



## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho principalmente à minha família e a minha namorada que sempre me apoiaram em meus estudos, aos mestres pelos conhecimentos transmitidos, e a todos mais que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais e aos demais familiares pelo suporte aos estudos durante toda a jornada acadêmica e à minha namorada pelo apoio incondicional.

Aos professores que contribuíram para o minha formação em especial ao professor orientador Felipe Dal Piva Ely que esteve sempre presente durante o desenvolvimento do trabalho.

“Escolha um trabalho que você ame, e não terá  
que trabalhar um único dia de sua vida”.

Confúcio

## RESUMO

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de uma bancada didática de circuitos elétricos. O trabalho foi iniciado com o intuito de buscar uma solução que possa auxiliar os alunos no estudo de circuitos elétricos simples e seus componentes. Para isso, o trabalho tem como objetivo desenvolver uma bancada que simule os circuitos elétricos através do uso de peças individuais, cada uma com um componente elétrico com conexões padronizadas, possibilitando a combinação com quaisquer outros elementos da bancada, podendo assim variar os parâmetros afim de buscar e observar os resultados. Através de softwares e literaturas referentes ao assunto buscou-se levantar os dados referentes aos componentes, materiais e instrumentos para desenvolver o protótipo da bancada. Além da descrição dos componentes, materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento, o trabalho também apresenta alguns testes práticos, cujos resultados são comparados com os resultados teóricos.

Palavras-chaves: Bancada didática; circuitos elétricos; projeto.



## **ABSTRACT**

This paper presents the development of a didactic bench for electrical circuits. The paper was initiated with the aim of finding a solution that can assist students in the study of simple electrical circuits and his components. For this, the study aims to develop a bench that simulates the electrical circuits through the use of individual pieces, each with an electrical component with standard connections, enabling combination with any other elements of the bench, thus being able to vary the parameters in order to seek and observe the results. Through software's and literatures related to the subject matter, sought to the data collection on the components, materials and tools to develop the bench prototype. Apart of the description of these components, materials and methods used for the development, the work also presents some practical tests, whose results are compared to theoretical results.

Keywords: Didactic bench; Electric circuits; Project.



## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Bancada Didática em de Instalações Elétricas Residenciais.</i>	5
<i>Figura 2: 2902IPC Painel de Instalação Elétricas Industriais</i>	6
<i>Figura 3: ED-1000B – Logic lab unit</i>	7
<i>Figura 4: Resistores Fixos</i>	11
<i>Figura 5: Simbologia para Resistores Fixos.</i>	12
<i>Figura 6: Código de cores para resistores fixos.</i>	12
<i>Figura 7: Resistor variável</i>	13
<i>Figura 8: Simbologia para resistores variáveis.</i>	14
<i>Figura 9: Resistores em série</i>	14
<i>Figura 10: Resistores em paralelo</i>	15
<i>Figura 11: Representação de um capacitor.</i>	16
<i>Figura 12: Capacitores.</i>	17
<i>Figura 13: Simbologia para capacitores.</i>	17
<i>Figura 14: Gráfico de carregamento de capacitores</i>	18
<i>Figura 15: Gráfico de descarregamento de capacitores.</i>	19
<i>Figura 16: Diodo</i>	20
<i>Figura 17: Simbologia para Diodo.</i>	20
<i>Figura 18: LEDs</i>	21
<i>Figura 19: Suporte para componentes elétricos.</i>	22
<i>Figura 20: Suportes especiais.</i>	23
<i>Figura 21: Suportes dos Equipamentos de medição.</i>	24
<i>Figura 22: Suportes da Fonte</i>	25
<i>Figura 23: Plugs banana fêmea</i>	26
<i>Figura 24: Suportes conectados</i>	26
<i>Figura 25: Suportes com ímãs</i>	27
<i>Figura 26: Chapa da Bancada</i>	28
<i>Figura 27: Peça fatiada no Slic3r®.</i>	30
<i>Figura 28: G-code.</i>	30
<i>Figura 29: Multímetro digital convencional.</i>	31
<i>Figura 30: Multímetro M-meter.</i>	32
<i>Figura 31: Componentes montados</i>	33
<i>Figura 32: resistência real do resistor</i>	34
<i>Figura 33: resistência real do resistor montado.</i>	35
<i>Figura 34: Circuito em série</i>	36
<i>Figura 35: Circuito em série bancada</i>	37
<i>Figura 36: Circuito em paralelo</i>	38
<i>Figura 37: Circuito em paralelo bancada.</i>	39
<i>Figura 38: Circuito de carga do capacitor.</i>	39
<i>Figura 39: Circuito de carga do capacitor na bancada</i>	40
<i>Figura 40: Circuito de descarga do Capacitor</i>	41
<i>Figura 41: Circuito de descarga do Capacitor na Bancada</i>	42

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1. JUSTIFICATIVA.....	2
1.2. OBJETIVOS .....	4
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
2.1. BANCADAS DIDÁTICAS DE ELETRONICA .....	5
2.1.1. Bancada Didática em Eletricidade e Instalações Elétricas Residenciais.....	5
2.1.2. 2902IPC – Painel de Instalação Elétricas Industriais .....	6
2.1.3. ED-1000B – Logic lab unit .....	6
2.2. MODELAGEM CAD .....	7
2.2.1. SolidWorks™ .....	8
2.3. IMPRESSÃO 3D .....	8
2.3.1. Impressoras 3D .....	8
2.4. CIRCUITOS ELÉTRICOS.....	8
2.4.1. Componentes do Circuito Elétrico .....	9
2.5. VARIÁVEIS EM CIRCUITOS .....	9
2.5.1. Corrente elétrica.....	9
2.5.2. Tensão .....	10
2.6. RESISTORES .....	10
2.6.1. Resistores fixos.....	11
2.6.2. Resistores Variáveis .....	13
2.6.3. Associação de Resistores em Série.....	14
2.6.4. Associação de Resistores em Paralelo .....	15
2.7. CAPACITORES .....	16
2.7.1. Capacitância .....	17
2.7.2. Carga de Capacitores .....	18
2.7.3. Descarga de Capacitores .....	19
2.8. DIODO .....	20
2.8.1. Diodo emissor de luz (LED) .....	20
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
3.1. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS .....	22
3.1.1. Suportes para conexão dos componentes .....	22
3.1.2. Suportes Especiais .....	23
3.1.3. Suportes dos equipamentos de medição .....	24
3.1.5. Conectores .....	25
3.1.4. Fixação dos suportes.....	26
3.1.5. Bancada.....	28
3.2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS .....	29
3.2.1. Confecção da chapa da bancada.....	29
3.2.2. Impressão 3D dos componentes .....	29
3.2.3. Equipamentos de medição.....	31
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	33
4.1. PEÇAS DA BANCADA .....	33
4.1.1. Teste de condutibilidade .....	33
4.1.2. Teste de fixação.....	35
4.2. TESTES DOS CIRCUITOS .....	36
4.2.1. Teste de circuitos em série .....	36
4.2.2. Teste de circuitos em paralelo.....	38
4.2.3. Teste de carga e descarga do capacitor.....	39
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>43</b>
<b>6. SUJESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>44</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>45</b>



## 1. INTRODUÇÃO

As atividades práticas em sala de aula têm ganhado cada vez mais importância nas instituições de ensino, com o objetivo de contribuir para o aprendizado dos alunos, pois, segundo Krasilchik (1996), quanto mais as experiências educacionais desenvolvidas pelos discentes se assemelharem às futuras situações em que irão aplicar seus conhecimentos, mais fácil se tornará o aprendizado.

Desta forma as atividades experimentais devem possibilitar significados reais, provocando a elaboração e construção pessoal do conceito, a fim de que seja utilizado para interpretação e para construção de novos conceitos (ZABALA, 1998).

Neste sentido, buscou-se no presente trabalho uma forma de simular na prática um circuito elétrico, o qual pode ser definido como sendo um “conjunto de componentes, corpos ou meios onde é possível que haja corrente elétrica.” (COTRIM, 2009, p. 01). Pretende-se que o usuário possa perceber a relação entre a teoria e a prática ao relacionar as equações teóricas com os resultados práticos que podem variar devido às propriedades intrínsecas dos componentes usados, propriedades essas que podem causar variações na condutibilidade elétrica dos materiais, variações de valores dos componentes elétricos, formas de medição, e demais fatores físicos, afim de antever as influencias e consequências dessas variações no resultado final.

Para tal, foi proposta a construção de uma bancada didática onde os vários componentes do circuito possam ser montados de forma fácil e intuitiva. Para Giordani, Jurach e Rodrigues (2003), as bancadas didáticas são ferramentas que auxiliam na realização de experimentos práticos, na qual o operador pode montar diferentes sistemas apenas variando seus parâmetros, familiarizando-se com os componentes e ao mesmo tempo comparando a teoria vista em sala de aula com os resultados obtidos na prática.

Para isso, foram desenvolvidas peças plásticas, modeladas através do programa SolidWorks™, e confeccionadas através de uma impressora 3D, nas quais foram fixados os componentes elétricos dos quais pode-se destacar: resistores, capacitores, diodos, LEDs, dentre outros componentes elétricos que após conectados formam o circuito elétrico. Devido à variedade de componentes e formas de montagem, a bancada possibilita a montagem de uma alta gama de circuitos.

A importância da construção desta bancada deve-se ao fato de ser mais uma forma de incentivar o aluno no estudo de circuitos elétricos e seus componentes, uma vez que é perceptível a diferença no nível de interesse dos alunos no que se diz respeito as atividades práticas em relação as teóricas desenvolvidas em sala de aula. Nestas aulas os alunos podem interagir com a montagem e funcionamento de instrumentos e componentes específicos, dos quais normalmente não se tem contato no dia-a-dia, tudo isso em um ambiente de caráter mais informal do que o da sala de aula (LEITE; SILVA; VAZ, s.d.).

A busca de informações para a construção da bancada e seus componentes foi em sua maior parte obtida através da pesquisa bibliográfica de obras relacionadas ao assunto, com ênfase no livro de J. David Irwin e R. Marks Nemls (2013) “ ANÁLISE BÁSICA DE CIRCUITOS PARA ENGENHARIA”, do qual serão obtidas informações referentes aos circuitos elétricos e de como ocorre o funcionamento específico de cada componente, o que serviu como embasamento para o desenvolvimento físico da bancada didática.

### 1.1. JUSTIFICATIVA

As instituições de ensino têm como principal função preparar seus alunos para as situações que eles irão enfrentar em sua vida profissional, portanto, faz-se necessário encontrar meios para facilitar o aprendizado, afim de aumentar o interesse do aluno para que o mesmo possa adquirir conhecimento com maior facilidade.

Um dos métodos mais comumente utilizados para facilitar este aprendizado é o uso de atividades práticas que simulam os conteúdos desenvolvidos em sala de aula. Isto faz com que as instituições busquem profissionais que, além do conhecimento teórico, tenham também um bom conhecimento prático referente aos assuntos que irão ministrar aos seus discentes. Como prova disso pode-se citar a frase de Mauri Fortes, diretor geral do IETEC, *PhD e Post-Doctoral Fellow (Purdure University-Indiana/USA)*; mestre em ciências e Técnicas Nucleares (UFMG) e graduado em Engenharia Elétrica (UFMG), que afirma que: “O IETEC se preocupa com prática e teoria. Escolhe seus professores principalmente pela sua experiência prática em várias áreas, pela sua capacidade de ensinar e pela sua ética” (FORTES, 2012, p. 5).

A instituição de ensino também deve fornecer ao professor meios que possibilitem a aplicação de seus conhecimentos práticos, de forma que o mesmo possa transferir estes conhecimentos aos alunos. Um destes meios é através do uso de bancadas didáticas, que são “ferramentas fundamentais ao ensino, considerando o fato de que os conceitos abordados apenas em sala de aula são em muitos casos insuficientes para o aprendizado” (AMORIM, 2006).

O estudo dos circuitos elétricos e seus componentes, faz-se presente em vários cursos, e é perceptível a dificuldade de assimilação deste tipo de conteúdo por parte dos alunos, devido ao fato da maioria não ter contato direto com circuitos elétricos e seus componentes no dia-a-dia.

A criação de uma bancada didática que reunisse estes componentes elétricos, com a possibilidade de testá-los e observar seu comportamento, seria uma forma de aproximar os alunos dos circuitos elétricos, “despertando a curiosidade e, conseqüentemente, o interesse do estudante, visto que a estrutura pode facilitar entre outros fatores, a observação dos fenômenos estudados em aulas teóricas” (LEITE; SILVA; VAZ, s.d.).

No mercado já existem várias bancadas didáticas voltadas à eletrônica, cada uma tem um foco e uma forma de montagem específica. Porém elas possuem os circuitos pré-montados, possibilitando pouca variação de configuração, pois são mais voltadas para treinamentos, nos quais os operadores apenas observam o funcionamento do circuito afim de compreender os fenômenos envolvidos. Isso impede que sejam testadas novas hipóteses e/ou montados tipos diferentes de circuitos, prendendo o aluno a uma única situação

Neste contexto, justifica-se a construção da bancada a fim de ser mais uma ferramenta que contribua para o aprendizado sobre circuitos elétricos, na qual se pode mudar os parâmetros, criando inúmeras possibilidades de montagens e a realização de experiências práticas, que em geral, despertam um maior interesse por parte dos alunos e proporcionando uma situação de investigação (DELIZOICOV; ANGOTTI, 2000).



## 1.2. OBJETIVOS

Para promover a realização deste estudo determinou-se os objetivos, geral e específicos. Definiu-se como objetivo geral:

Desenvolver uma bancada de testes de eletrônica para fins didáticos, possibilitando a montagem prática de circuitos das mais diferentes formas e finalidades, afim de analisar os fatores mensuráveis do circuito criado, podendo assim compreender melhor o seu funcionamento e todas as variáveis envolvidas no mesmo.

Para se atingir o objetivo geral primeiramente deve-se concluir os objetivos específicos abaixo:

- Realizar pesquisa bibliográfica sobre as características e aplicações de circuitos elétricos, resistores, capacitores, díodos, LEDs, e demais componentes que serão utilizados na criação da bancada.
- Determinar quais instrumentos de medição e análise serão utilizados para obter e mensurar os resultados desejados.
- Fazer a modelagem 3D da bancada com todos os seus componentes.
- Construir a bancada conforme projeto 3D e aplicar na prática os conhecimentos adquiridos durante o estudo.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. BANCADAS DIDÁTICAS DE ELETRONICA

Comercialmente pode-se encontrar bancadas didáticas voltadas aos testes de circuitos elétricos.

Essas bancadas geralmente são usadas para treinamento, porém, algumas delas possuem características semelhantes à bancada proposta no presente trabalho

#### 2.1.1. Bancada Didática em Eletricidade e Instalações Elétricas Residenciais

A Bancada Didática em Eletricidade e Instalações Elétricas Residenciais (Figura 1), desenvolvida pela empresa Algetec possibilita a aprendizagem dos princípios básicos da eletricidade, porém é voltada para testes de componentes elétricos residenciais, tais como: interruptores, lâmpadas, campainhas, sensor de presença, etc.



Figura 1: Bancada Didática em de Instalações Elétricas Residenciais. Fonte: Algetec (s.d.)

De acordo com a Algetec (s.d.) “a bancada contempla as configurações mais usuais em sistemas elétricos residenciais. O aluno levantará as características funcionais dos componentes utilizados comercialmente”.

### 2.1.2. 2902IPC – Painel de Instalação Eléctricas Industriais

O 2902IPC – Painel de Instalação Eléctricas Industriais (Figura 2), produzido pela empresa Datapool possibilita a aprendizagem dos princípios básicos nas áreas relacionadas à eletricidade, com foco em controle e comando.

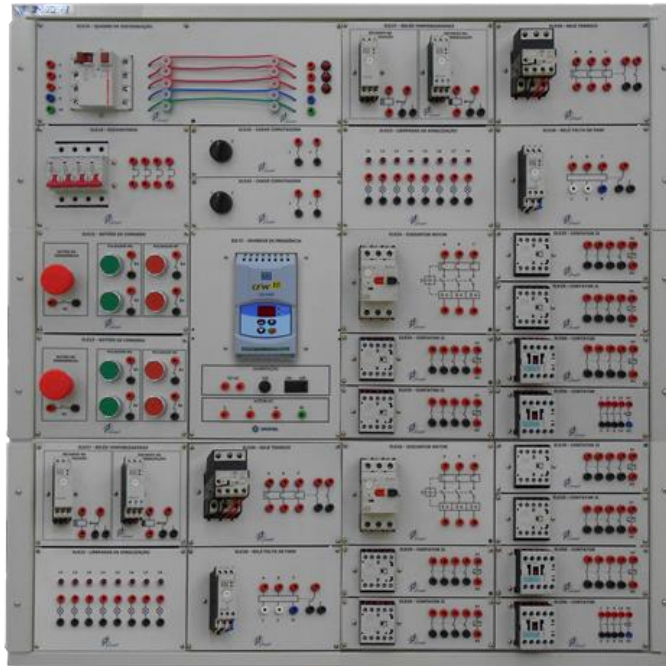


Figura 2: 2902IPC Painel de Instalação Eléctricas Industriais. Fonte: Datapool (s.d.)

De acordo com a Datapool (s.d.), “o painel é composto por circuitos que viabilizam o estudo de técnicas ou ainda permitindo a flexibilidade de auxiliar em experiências relacionadas a conhecimentos sobre comando, acionamento e máquinas eléctricas” com configurações e aplicações mais usuais em sistemas eléctricos industriais”.

### 2.1.3. ED-1000B – Logic lab unit

A bancada ED100B fabricado pela Minipa, é o produto no mercado que mais se assemelha à bancada proposta neste trabalho, pela variedade de possibilidades de variação de parâmetros, montagem de diversos componentes eléctricos, aparelhos de teste e medição, dentre outros. Porém ao utilizar vários componentes, torna-se complicada a compreensão do circuito, devido aos vários cabos e conectores

necessários para conectar os componentes uns aos outros ou aos elementos da bancada, conforme pode ser utilizado na Figura 3.

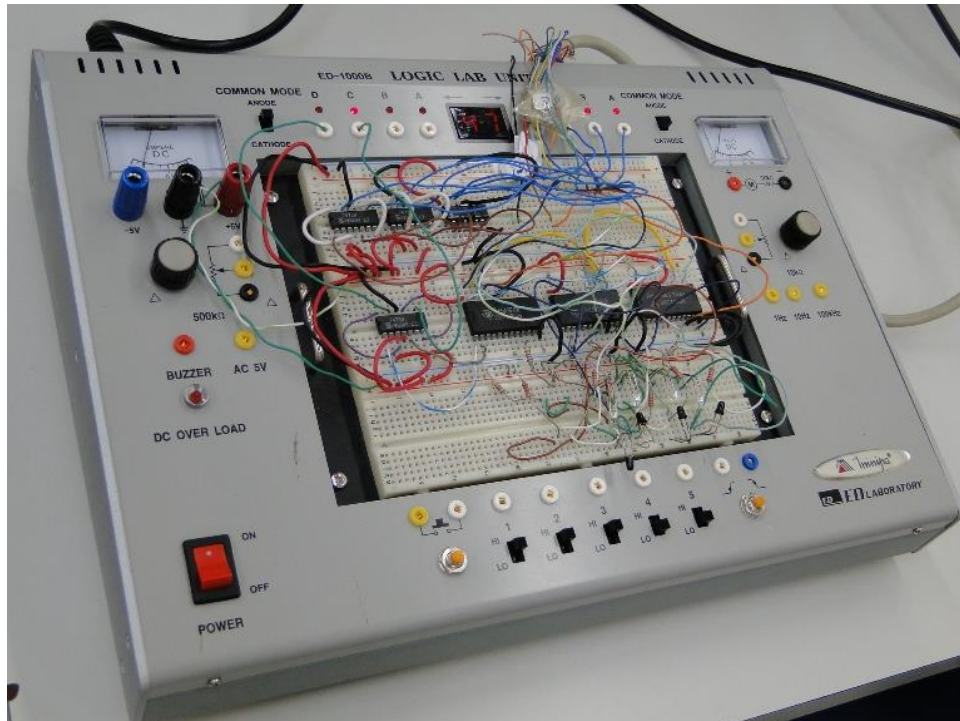


Figura 3: ED-1000B – Logic lab unit. Fonte: Minipa (s.d.)

## 2.2. MODELAGEM CAD

Antes de partir para a construção da bancada, é necessário definir como ela será construída. Para tal, existem vários softwares de modelagem 3D, que permitem a modelagem computadorizada dos componentes do projeto, afim de definir as formas geométricas dos componentes, formas de montagem, detectar interferências, visualizar o projeto completo, etc.

De acordo com Predabom e Boocchese (2004) os modelos 3D servem para saber como um modelo vai se comportar se ele for mudado. Portanto, no ambiente computadorizado pode-se fazer alterações nas geometrias dos componentes facilmente, algo que seria difícil e em alguns casos impossível caso este modelo já tivesse sido criado fisicamente.

### 2.2.1. SolidWorks™

O SolidWorks™ é um software de modelagem 3D, que permite a modelagem e dimensionamento dos componentes.

O software de automação de projeto mecânico SolidWorks™ é uma ferramenta de projeto baseada em entidades paramétricas, muito fácil de utilizar porque utiliza a interface Windows™. Você pode criar modelos sólidos 3D totalmente associativos com ou sem restrições utilizando relações automáticas ou definidas pelo usuário para capturar as intenções do projeto.

(PREDABOM; BOCCHESI, 2004, p.23)

### 2.3. IMPRESSÃO 3D

A impressão 3D ou prototipagem rápida consiste em uma tecnologia de fabricação aditiva, ou seja, o objeto tridimensional é formado através da adição de material em camadas sucessivas (FABRICA DE IMAGENS, s.d.). O material usado na impressão 3D é um filamento de PLA ou ABS.

O objeto a ser construído é primeiramente modelado no computador em um ambiente 3D por meio de softwares específicos, esse conjunto de dados gerados pelo software. Esse conjunto de dados gerados pelo software, que representa matematicamente o objeto, é enviado para o equipamento de prototipagem rápida. O equipamento de prototipagem rápida ou impressora 3D, interpreta estes dados e produz fisicamente o objeto modelado anteriormente no ambiente virtual (FABRICA DE IMAGENS, 2015).

#### 2.3.1. Impressoras 3D

Hausman e Horne (2014) comparam as impressoras 3D às impressoras de textos, documentos e imagens, que assim como as impressoras 3D, recebem os dados enviados por um computador. A diferença é que uma imprime em um plano bidimensional, e a outra em tridimensional, possibilitando a criação de objetos sólidos a partir de uma variedade de materiais plásticos.

### 2.4. CIRCUITOS ELÉTRICOS

A bancada proposta tem como foco possibilitar a montagem de circuitos elétricos, o qual pode ser definido como:

Um circuito elétrico é um conjunto corpos, componentes ou meios no qual é possível que haja corrente elétrica. Um sistema elétrico é um circuito ou um conjunto de circuitos elétricos inter-relacionados constituído para determinada finalidade, e é formado essencialmente por componentes elétricos que conduzem (ou podem produzir) corrente. (COTRIM, 2009, p. 01).

### **2.4.1. Componentes do Circuito Elétrico**

Para Irwin e Nelms (2013) os componentes de um circuito elétrico podem ser caracterizados de duas formas, pela tensão entre os terminais do componente ou pela corrente que passa por este componente. Estes componentes podem ser divididos em duas classes ativos ou passivos (IRWIN; NELMS ,2013).

A distinção entre as duas classes depende essencialmente de um único aspecto: se os componentes fornecem ou absorvem energia. Como os próprios nomes sugerem, um componente ativo é capaz de gerar energia e um componente passivo não pode gerar energia. (IRWIN E NELMS, 2013, p. 07).

Após montado o circuito com todos os seus componentes na bancada, segundo Cotrim (2009) ele também pode ser caracterizado como uma instalação elétrica, pois será montado com componentes que não conduzem corrente elétrica, mas que de forma direta ou indireta contribuem para seu funcionamento.

Componente de uma instalação elétrica é um termo empregado para designar itens da instalação que, dependendo do contexto podem ser materiais, acessórios, dispositivos, instrumentos e equipamentos (de geração, conversão, transformação, transmissão, armazenamento, distribuição ou utilização de eletricidade), máquinas, conjuntos, ou mesmo segmentos ou partes da instalação (como linhas elétricas). Assim um eletroduto é um conjunto de condutores isolados por exemplo são componentes de uma usina elétrica vista ser ela construída por autores dos alados contidos em um eletroduto. (COTRIM, 2009, p. 03).

## **2.5. VARIÁVEIS EM CIRCUITOS**

### **2.5.1. Corrente elétrica**

Cotrim (2009) define a corrente elétrica como sendo o “ movimento sistemático dos elétrons livres dentro do condutor, influenciado pela diferença de potencial ou fonte de tensão”

Azevedo e Nunes (2012) afirmam que a corrente elétrica produz um campo magnético que varia dependendo do tipo de corrente, se a corrente for contínua o campo magnético também será contínuo, se a corrente for alternada o campo magnético acompanhará a variação da corrente.

No SI (Sistema Internacional) a corrente elétrica é representada por (I) e sua unidade de medição é o ampère (A), na qual se define o fluxo de cargas elétricas que percorrem o condutor (GUSSOW, 1997). Desta forma a corrente só existirá quando houver carga no circuito (CAVALIN; CERVELIN;2006).

### **2.5.2. Tensão**

A tensão em um circuito pode ser definida como a diferença de potencial entre dois polos diferentes (LUQUETA,1994), ou como a energia necessária para transportar a carga elétrica entre dois pontos (BURIAN JR.; LYRA, 2006).

Essa diferença de potencial (d.d.p) é conceituada por Gussow (1997) como sendo a capacidade de duas cargas diferentes realizarem trabalho. O mesmo autor também define que a diferença de potencial pode ser denominada como tensão elétrica.

No SI (Sistema Internacional) a tensão elétrica é representada por (U), porém em algumas literaturas possa ser representada por (V), e sua unidade de medição é o Volt (GUSSOW, 1997).

## **2.6. RESISTORES**

Para Irwin e Nelms (2013), um componente de um circuito que ofereça resistência à passagem decorrente elétrica é chamado de resistor. Os resistores fazem parte dos elementos mais simples do circuito, pois não envolvem armazenamento de energia em campos (BURIAN JR.; LYRA, 2006).

Burian Jr. e Lyra (2006), também definem que a resistência de um resistor é medida em Ohm ( $\Omega$ ). Esta unidade provem da Lei de Ohm, é assim denominada em homenagem a Georg Simon Ohm que pelos seus resultados pioneiros em estabelecer a relação entre tensão e corrente, a resistência elétrica recebeu como unidade seu nome (IRWIN; NELMS, 2013).

“A lei de Ohm estabelece que a tensão entre os terminais de uma resistência é diretamente proporcional à corrente que flui através dela. A resistência medida em ohms, é a constante de proporcionalidade que relaciona tensão e a corrente. ” (IRWIN; NELMS, 2013). Portanto a lei de ohm pode ser expressa pela equação (1):

$$V = I.R \quad (1)$$

A equação estabelece que a tensão (V) é igual à corrente (I) multiplicada pela resistência (R) (LUQUETA, 1994).

Para Luqueta (1994) as principais funções de um resistor em um circuito elétrico são a de atuar como um limitador de corrente ou como divisor de tensão. Portanto os resistores podem ser divididos em duas categorias, os fixos e variáveis (BURIAN JR.; LYRA, 2006).

### 2.6.1. Resistores fixos

Os resistores fixos são representados na Figura 4, possuem tensão e corrente proporcionais, (BURIAN JR.; LYRA, 2006). Este tipo de resistor possui dois terminais, os quais por sua vez são ligados nas extremidades do circuito resistivo, adicionando sua resistência total ao circuito, portanto, um resistor fixo possui apenas um valor e resistência (MILEAF, 1982).

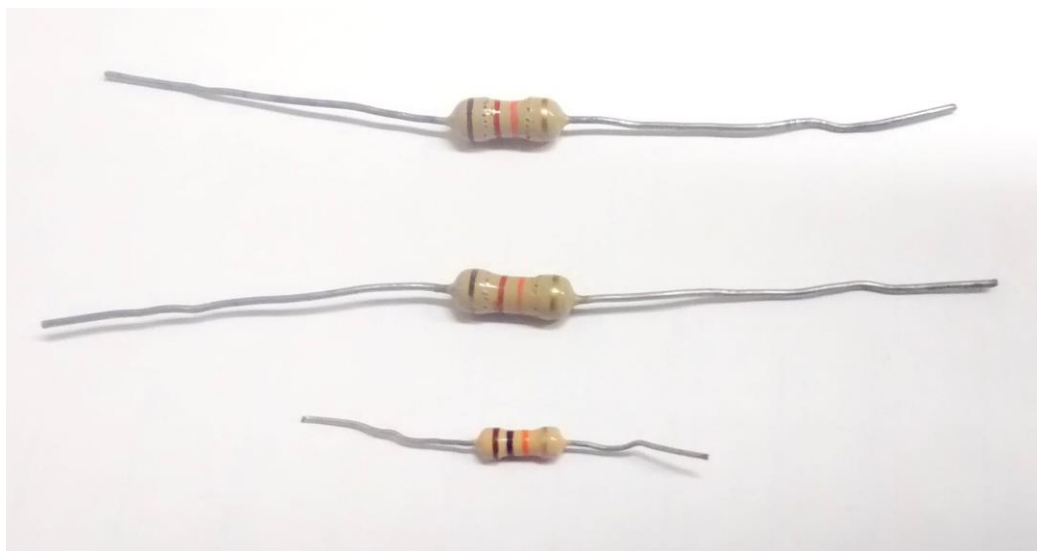


Figura 4: Resistores Fixos



De acordo com Luqueta (1994) os resistores fixos podem ser representados de acordo com a Figura 5.

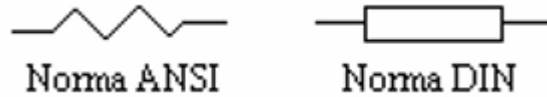


Figura 5: Simbologia para Resistores Fixos. Fonte: Luqueta, 1994, p.17

Segundo Luqueta (1994) cada resistor fixo tem um valor nominal padronizado comercialmente, este valor pode ser obtido através do código de cores (Figura 6) de acordo com as faixas de cor impressas no corpo do resistor.

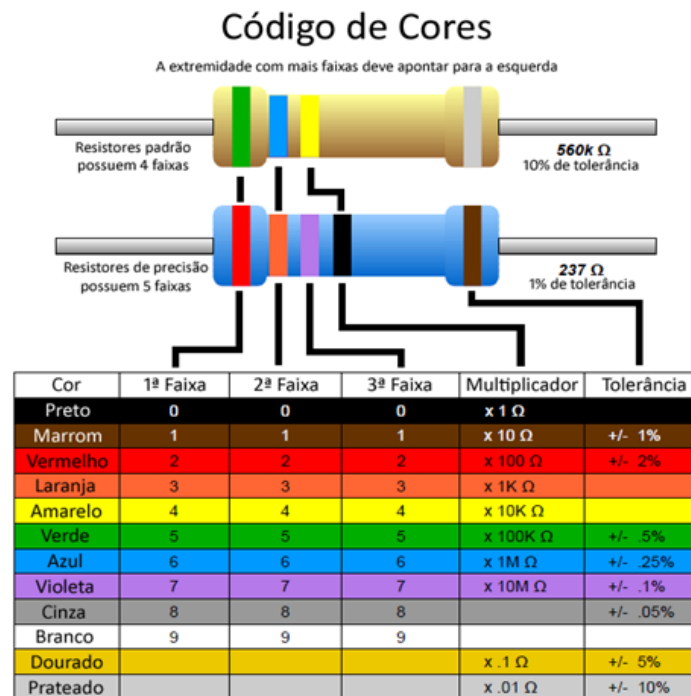


Figura 6: Código de cores para resistores fixos. Fonte: Arduino e cia.

Como observado na Figura 6, o código de cores associa cada cor a um valor e função específica. No caso dos resistores padrão com 4 faixas, as duas primeiras faixas representam os dois primeiros algarismos do valor nominal, a terceira faixa representa o multiplicador dos dois algarismos já encontrados, e a quarta faixa representa em porcentagem a tolerância em que essa resistência poderá variar. Para exemplificar, tomemos como exemplo um resistor com a seguinte sequência de cores: 1º Faixa = Vermelha; 2º Faixa = Preta; 3º Faixa = Laranja; 4º Faixa =

Dourada. Ao compararmos essas cores com a tabela obtemos o valor de 2 e 0 para as duas primeiras faixas, que serão multiplicados pelo valor encontrado na terceira faixa que é 1000 ou 1k, portanto obtemos o valor de 20.000  $\Omega$  ou 20k  $\Omega$ , e a tolerância para este valor é de 5% para mais ou para menos de acordo com a quarta faixa.

### 2.6.2. Resistores Variáveis

Existem resistores que podem variar sua resistência dentro de um limite estabelecido pelo valor nominal, são denominados resistores variáveis, porém o termo mais usual empregado para denomina-los é como potenciômetro (Figura 7).

Segundo Mileaf (1982) todo resistor em que se pode variar a resistência de modo fácil, e que resista a ajustes frequentes, podem ser definidos como resistores variáveis.

Normalmente um resistor variável consiste em um elemento resistivo de forma circular envolvido por um invólucro. Esse elemento pode ser de carvão de fio ou de película. Um contato móvel desliza sobre o elemento resistivo fazendo contato elétrico com o mesmo. O contato móvel é deslocado por meio de um eixo A resistência entre as extremidades do elemento resistivo e o contato móvel depende da posição do eixo.  
(MILEAF, 1982, p.40)



*Figura 7: Resistor variável*

De acordo com Luqueta (1994) os resistores variáveis podem ser representados de acordo com a Figura 8.

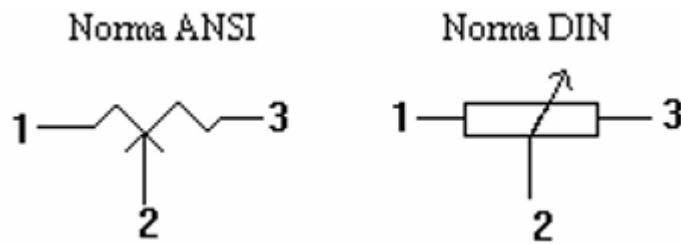


Figura 8: Simbologia para resistores variáveis. Fonte: Luqueta, 1994, p.19

Os resistores variáveis não possuem faixas de cor para definição de seu valor como os resistores fixos, eu sua leitura exata só poderá ser feita através do uso de algum equipamento de medição que possa fazer a leitura da resistência em ohms. Essa resistência encontrada através do equipamento de medição, ficara entre  $0 \Omega$  e o valor nominal do resistor variável, gravado sobre o invólucro (MILEAF, 1982).

Desta forma ao analisar o resistor variável da figura 3, pode-se visualizar o valor de 50k que representa  $50.000 \Omega$ , portanto podemos dizer que a resistência deste resistor sempre deverá estar entre  $0 \Omega$  e  $50k \Omega$ .

### 2.6.3. Associação de Resistores em Série

A Figura 9 mostra dois resistores associados em série, “os dois são atravessados pela mesma corrente, o resistor equivalente que irá substituir os dois, deve ser atravessado por essa corrente quando a tensão entre seus terminais for a soma das tensões entre os terminais dos resistores” (BURIAN JR.; LYRA, 2006, p.4)



Figura 9: Resistores em série

De acordo com Irwin e Nelms (2013) a resistência equivalente a  $N$  resistores e série pode ser pela equação (2):

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_N \quad (2)$$

Portanto, “a resistência total de um circuito em série, será a soma das resistências independentes, individuais” (DAWES ,1977, p.12)

#### 2.6.4. Associação de Resistores em Paralelo

Para Milaef (1982) um circuito em paralelo é aquele em que existe mais de um ponto onde a corrente se divide e segue por caminhos diferentes. A Figura 10 mostra dois resistores associados em paralelo, “os dois tem entre seus terminais a mesma tensão, o resistor que irá substituir os dois deve, para esta mesma tensão entre terminais, ser atravessado por uma corrente igual à soma das correntes que atravessam os resistores” (BURIAN JR.; LYRA, 2006, p.4)



*Figura 10: Resistores em paralelo*

De acordo com Irwin e Nelms (2013) a resistência equivalente a  $N$  resistores e paralelo pode ser expressa por:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N} \quad (3)$$

Portanto, a resistência total de um circuito em paralelo deve ser sempre menor do que as resistências de cada resistor, uma vez que a quanto mais resistores são adicionados à associação em paralelo, mais se aumenta a seção transversal, fazendo com que diminua a resistência à passagem de corrente (DAWES ,1977).

## 2.7. CAPACITORES

Os capacitores consistem em duas superfícies condutoras também conhecidas como armaduras, que estão separadas por um material não condutor, conhecido como *dielétrico* (IRWIN; NELMS, 2013), conforme demonstrado na Figura 11.

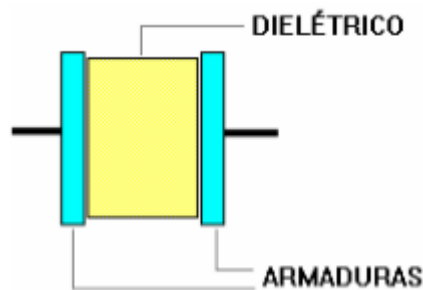


Figura 11: Representação de um capacitor. Fonte: Luqeta, 1994, p.20

Irwin e Nelms (2013) definem que o tipo de material usado como dielétrico entre as placas, é o que classifica o capacitor, os mais comuns são os eletrolíticos (a), poliéster (b) e os de cerâmica(c), demonstrados na Figura 12.

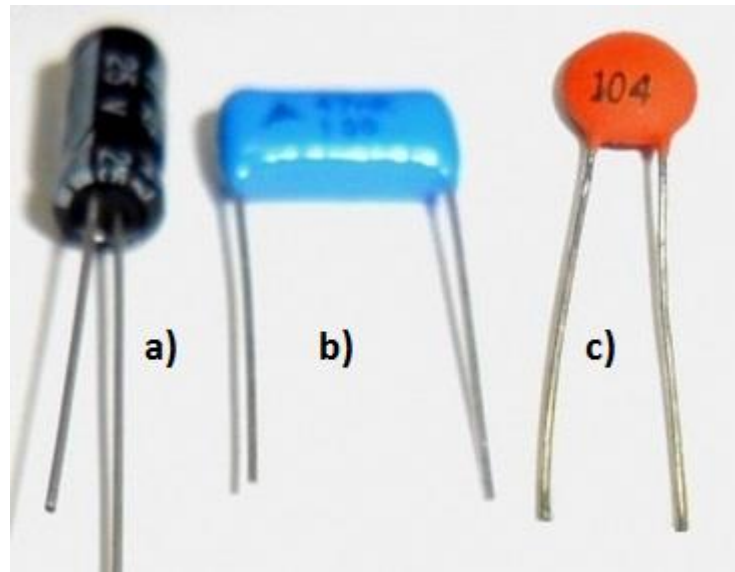


Figura 12: Capacitores

Para Burian Jr. E Lyra (2006), ao se aplicar tensão nos terminais de um capacitor ele armazena cargas elétricas, essas cargas são positivas em uma das placas e negativas na outra. O mesmo autor também ressalta que quando o capacitor está sendo carregado, passa por ele uma corrente chamada corrente de carga, e quando o capacitor já está completamente carregado essa corrente para de circular, e para descarregá-lo basta apenas conectar os terminais um ao outro, gerando assim uma corrente de descarga.

De acordo com Luqueta (1994) a simbologia mais usual para definir os capacitores são as demonstradas na Figura 13:



Figura 13: Simbologia para capacitores. Fonte: Luqueta, 1994, p.21

### 2.7.1. Capacitância

A capacitância pode ser medida em Coulombs por volt ou Farad (F) (IRWIN; NELMS, 2013). Logo podemos dizer que 1 farad = 1 Coulomb/volt.

Para Penteado (1998) a quantidade de carga (Q) contida em um capacitor, é diretamente proporcional à tensão elétrica (U) nos terminais. Portanto a capacitância (C) pode ser expressa da seguinte forma:

$$C = \frac{Q}{U} \quad (4)$$

Analicamente:  $Q=C.U$ . Nessa expressão a constante de proporcionalidade C depende de características do condutor e do meio no qual ele se comporta. Se considerarmos dois fios condutores, colocados num mesmo meio, e sujeitos a um mesmo potencial elétrico, podemos concluir, também, pela expressão  $Q=C.U$ , que o condutor que tiver um maior valor de C armazenará uma maior carga elétrica Q. Desse modo, podemos entender essa constante de proporcionalidade C como uma medida da capacidade de o condutor armazenar cargas elétricas, denominada Capacitância ou capacidade eletrostática do condutor. (PENTEADO, 1998, p. 84).

### 2.7.2. Carga de Capacitores

De acordo com Anzolini (2014) o tempo necessário para que um capacitor seja carregado com 63,2% da tensão total da fonte de alimentação é representado por ( $\tau$ ). A Figura 14 mostra a tabela e o gráfico de carga de um capacitor, onde: ( $V_c$ ) representa a tensão no capacitor; ( $V_0$ ) representa a tensão na fonte e (t) o tempo de carga em segundos.

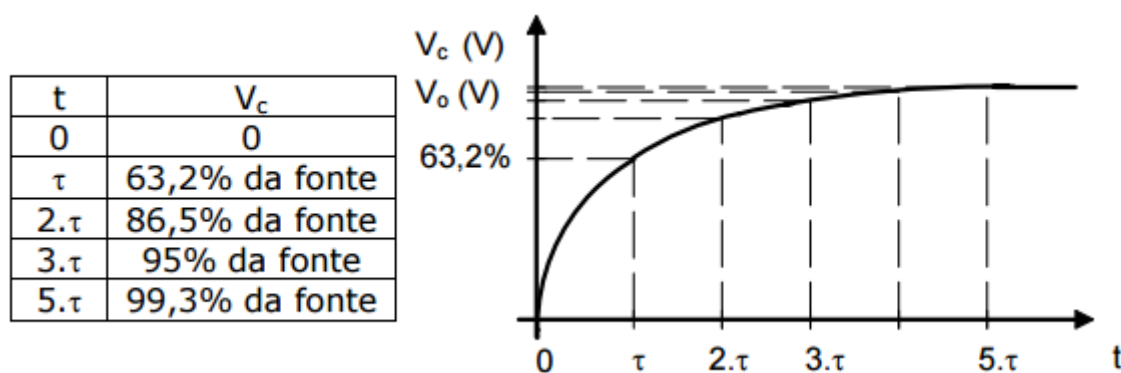


Figura 14: Gráfico de carregamento de capacitores. Fonte: Anzolini, 2014, p.41

Na prática considera-se  $5 \cdot \tau$  como sendo totalmente carregado sabendo que  $\tau = R \cdot C$  (ANZOLINI, 2014) Pode-se deduzir então que a carga total pode ser expressa por:

$$\text{Carga total} = 5 \cdot R \cdot C \quad (5)$$

Já a carga parcial pode ser expressa por:

$$V_C = V_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{R \cdot C}}) \quad (6)$$

Onde:  $V_C$ =tensão no capacitor;  $V_0$ =tensão da fonte;  $e$ =constante (base)=2,72;  $t$ =tempo de carga em segundos;  $R$ =resistência em Ohm;  $C$ =capacitância em Farad.

### 2.7.3. Descarga de Capacitores

De acordo com Anzolini (2014) o tempo necessário para que um capacitor seja descarregado até 36,8% da tensão total da fonte na descarga é representado por  $(\tau)$ . A Figura 15 mostra o gráfico a tabela e o gráfico de descarga de um capacitor, onde:  $(V_C)$  representa a tensão final no capacitor;  $(V_0)$  representa a tensão inicial adquirida na fonte  $(t)$  o tempo de descarga em segundos.

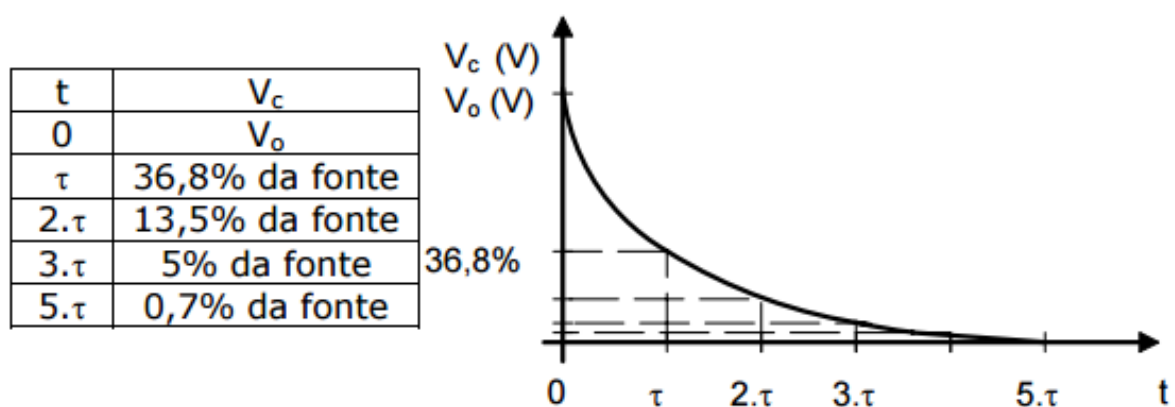


Figura 15: Gráfico de descarregamento de capacitores. Fonte: Anzolini, 2014, p.44



A descarga parcial de um capacitor pode ser expressa por:

$$V_C = V_0 \cdot (e^{\frac{-t}{R \cdot C}}) \quad (7)$$

## 2.8. DIODO

O diodo é caracterizado como um semicondutor, pois permite a passagem de corrente em apenas uma direção. De acordo com Matos (2007) “um semicondutor caracteriza-se pela banda proibida, que é uma região em que os elétrons não podem ocupar, isto cria uma barreira de potencial para os elétrons”.

Esta barreira pode ser identificada no diodo por uma faixa gravada em seu corpo, como pode ser percebido na Figura 16:



Figura 16: Diodo

A simbologia utilizada para definir o diodo é demonstrada na Figura 17, onde A representa o ânodo e K o catodo. em polarização direta, a corrente só fluirá no sentido do anodo para o catodo (MATOS, 2007)

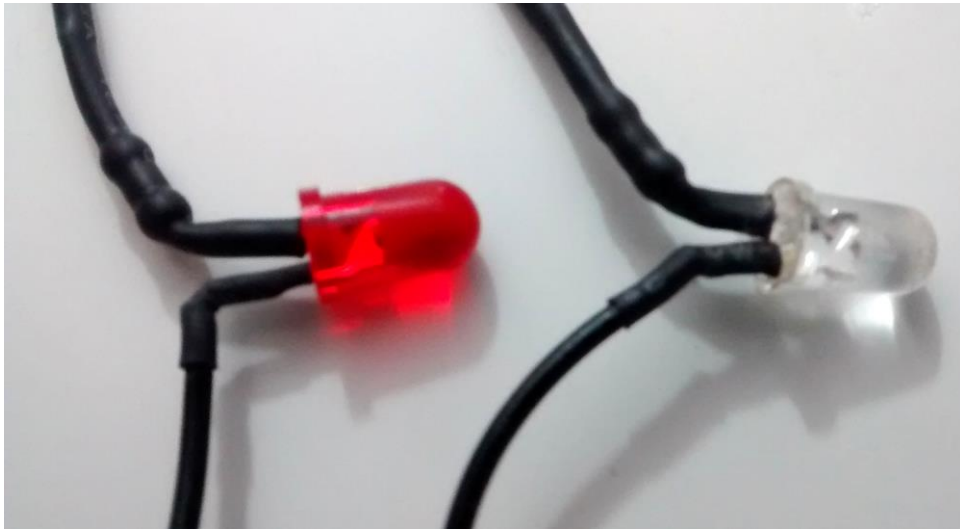


Figura 17: Simbologia para Diodo. Fonte: Matos, 2007, p.27.

### 2.8.1. Diodo emissor de luz (LED)

Os LEDs (Figura 18) são um tipo de diodo fabricado com matérias diferentes dos diodos comuns, nos quais pode se perceber a emissão de luz gerada pela transferência de energia entre os átomos (MATOS ,2007).

A observação de que quando um diodo conduz a corrente no sentido direto há emissão de radiação normalmente infravermelho é antiga. Este efeito pode ser modificado para a obtenção de radiação em outra faixa de luz visível. Os diodos emissores de luz ou LEDs podem produzir uma luz incrivelmente pura, pois como a emissão ocorre por um processo de transferência de energia entre elétrons que estão em órbitas definidas nos átomos, sua frequência é única (este processo é semelhante ao LASER, daí os LEDs serem considerados dispositivos „aparentados” dos LASERs). A resistência elétrica de um LED é muito baixa, assim os LEDs precisam de algum meio para limitar corrente elétrica, pois ela pode superar o valor Máximo que ela suporta, causando queima (BRAGA 2001, p. 57).



*Figura 18: LEDs*

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Para o desenvolvimento da bancada foram utilizados os seguintes procedimentos metodológicos:

- Coletar informações sobre os componentes elétricos utilizados na bancada através da pesquisa bibliográfica em livros e artigos relacionados, buscando informações específicas referentes a cada componente elétrico;
- Definir como e onde estes componentes elétricos serão fixados e conectados uns aos outros, e simula-los em ambiente 3D, com foco na praticidade sem interferir no funcionamento dos mesmos;
- Definir as medidas e materiais utilizados na bancada;

##### 3.1.1. Suportes para conexão dos componentes

Primeiramente, é necessário definir como os componentes serão conectados um aos outros, sempre com foco na praticidade, ou seja, os componentes deverão ser montados de forma rápida, sem a necessidade de algum processo adicional para uni-los. Para tal, foi desenvolvido o suporte da Figura 19.

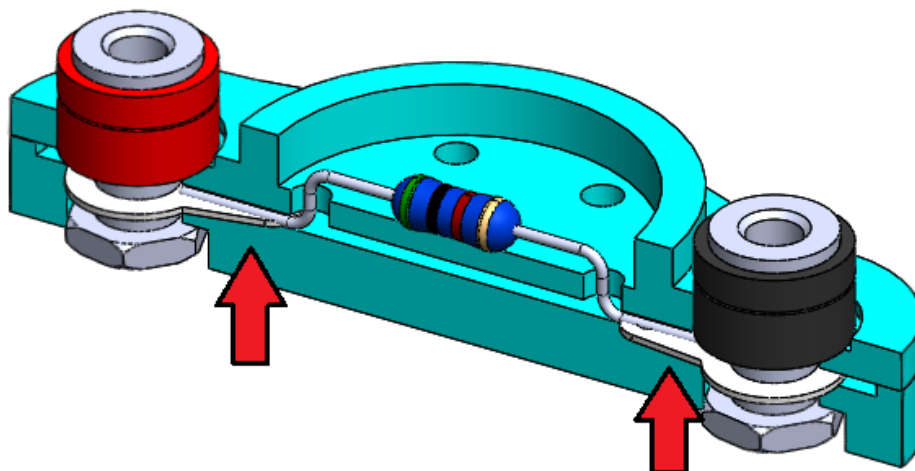


Figura 19: Suporte para componentes elétricos.

O suporte foi projetado no software de desenho SOLIDWORKS™, foi desenvolvido para que atenda aos requisitos acima citados.

O formato do suporte permite que componentes como os resistores, diodos, capacitores e LEDs, de diferentes tamanhos e especificações sejam montados.

### 3.1.2. Suportes Especiais

Existem componentes elétricos que não possuem polos de fácil conexão como que os resistores, os diodos, os capacitores e os LEDs possuem. Para eles foram desenvolvidos suportes diferenciados, porém com a mesma forma de conexão, padronizando assim as conexões entre os componentes da bancada, para eliminar a necessidade do uso de outros componentes que não façam parte da bancada. A Figura 20 apresenta alguns destes suportes, para componentes como: chave interruptora, potenciômetro, e uma placa com uma matriz de LEDs conectados em série.

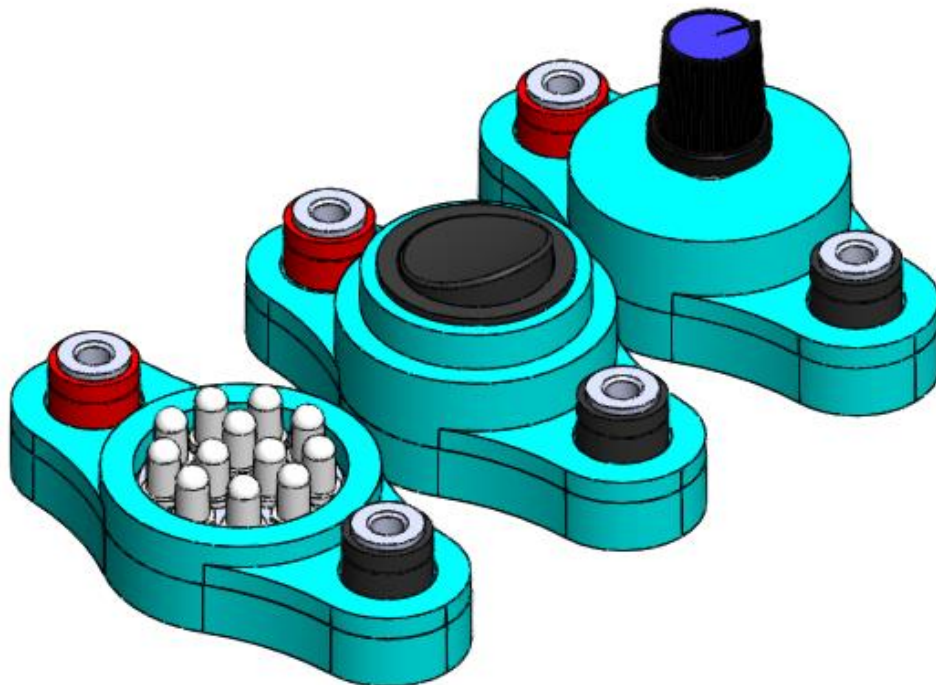


Figura 20: Suportes especiais.

### 3.1.3. Suportes dos equipamentos de medição

O voltímetro e o medidor M-meter, não possuem conexões para o padrão de plugs utilizados na bancada, portanto, foram desenvolvidos suportes que seguem o padrão adotado nos outros componentes, com imãs para fixação e plugs banana para conexão com quaisquer outros componentes. O multímetro digital já possui as conexões padrão utilizadas na bancada, logo, foi desenvolvido apenas um suporte com imãs para fixação. Os suportes desenvolvidos para os equipamentos são mostrados na Figura 21.

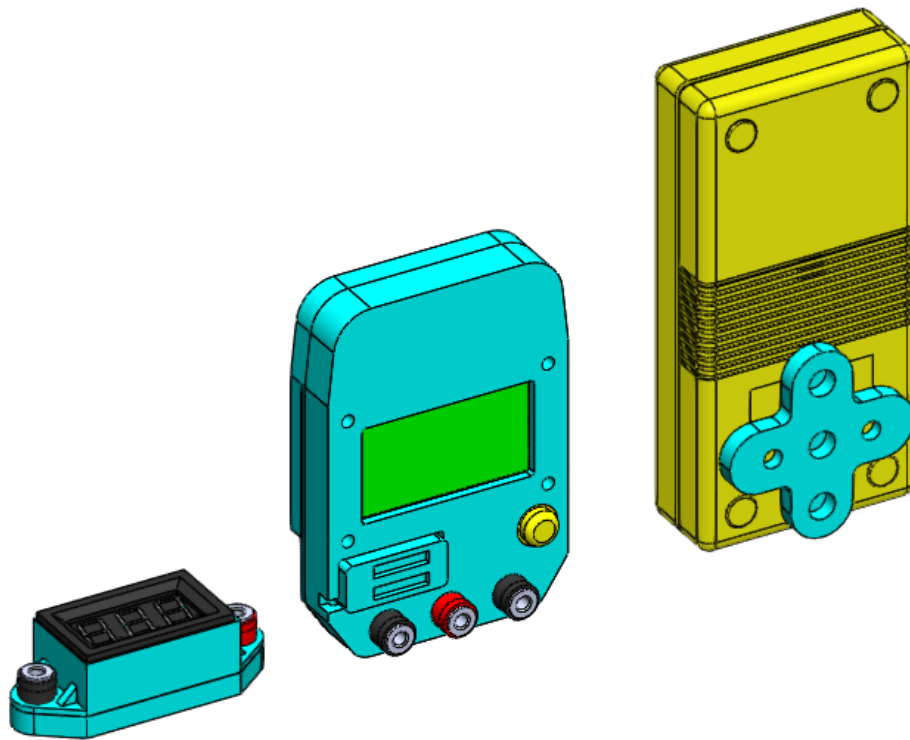
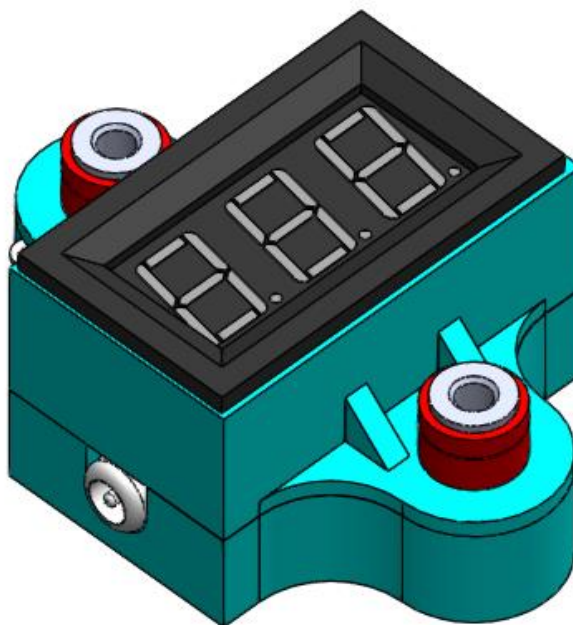


Figura 21: Suportes dos Equipamentos de medição.

### 3.1.4. Suporte para fonte

Para o desenvolvimento do suporte da fonte de tensão e corrente (Figura 22) foi utilizado um conector P4 fêmea, a escolha deste conector foi baseada no fato de ser um conector que encaixa na maioria dos pinos das fontes de tensão contínua disponíveis comercialmente, possibilitando o uso de fontes de tensão e corrente diversas.

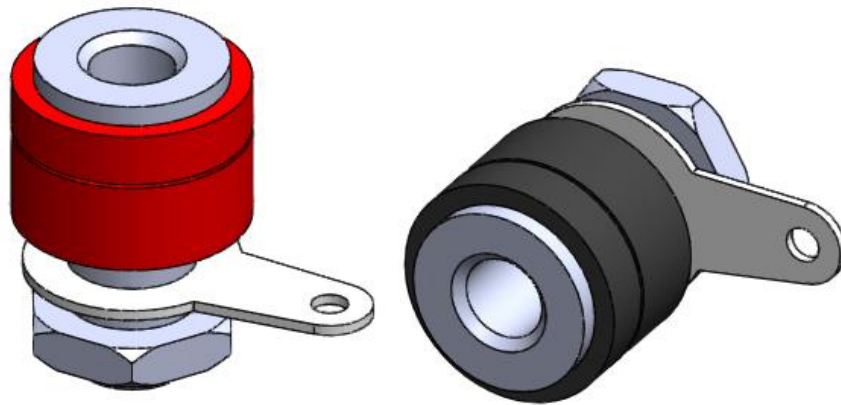
Este suporte também possuirá um voltímetro, a fim de demonstrar em tempo real a tensão em volts que está entrando no circuito. E assim como os demais suportes, terá fixação através dos ímãs de neodímio e plugs banana fêmea.



*Figura 22: Suportes da Fonte*

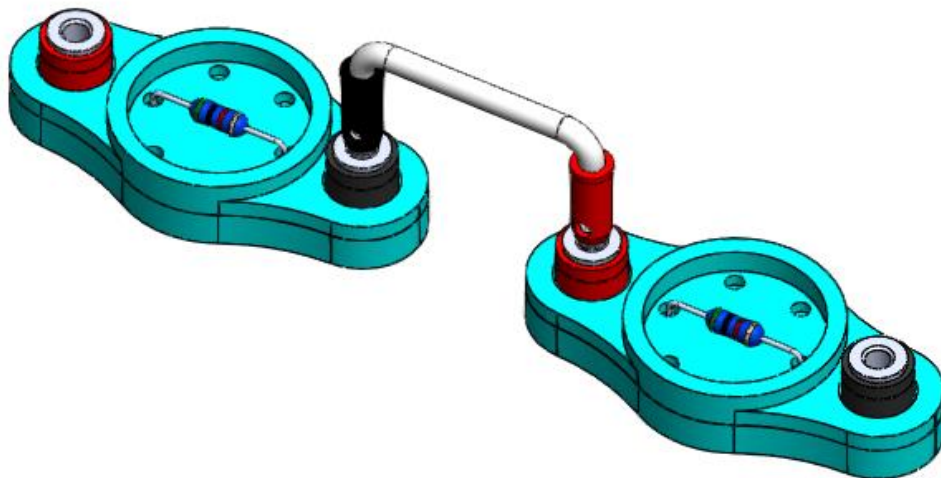
### **3.1.5. Conectores**

Após montado, os polos do componente farão contato com os denominados plugs banana fêmea ou borne banana (Figura 23), nas cores vermelho representando o polo positivo, e preto representando o polo negativo. Presentes nas extremidades do suporte, essa conexão fica entre as duas peças plásticas do suporte, que são fixadas pela rosca do próprio plug. Além disso, o conector faz pressão e fixa o polo do componente à chapa metálica do plug, dispensando assim o uso de solda e/ou fios para conecta-los. Isso facilita a montagem e desmontagem do suporte para eventuais trocas de componentes por motivos que podem variar desde a troca componente queimado até a troca para um componente de diferente valor.



*Figura 23: Plugs banana fêmea*

Os plugs banana fêmea por sua vez serão conectados aos plugs dos outros suportes através de um cabo com terminais denominados plug banana macho (Figura 24).



*Figura 24: Suportes conectados*

#### **3.1.4. Fixação dos suportes**

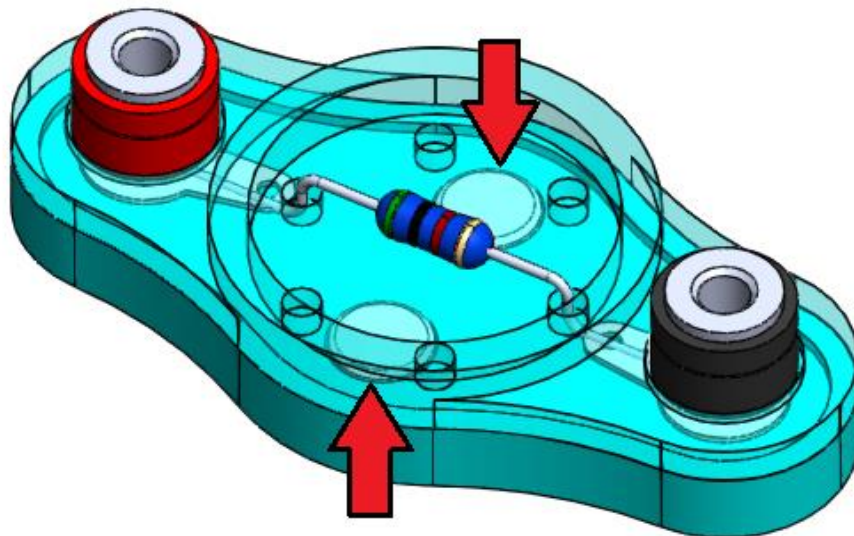
É necessário que estes suportes fiquem presos de alguma forma à bancada, para que o operador possa ter as duas mãos livres para manusear outros componentes e os instrumentos de medição.



Para isso determinou-se que os suportes serão fixados através de ímãs de neodímio, que possuem pequeno tamanho e grande força de atração, podendo assim fixar os componentes de forma que os mesmos não se movam durante a montagem.

A escolha das dimensões do ímã de neodímio baseou-se no formato do suporte dos componentes, que pelo seu pequeno tamanho limita a áreas onde se pode inserir este ímã. Portanto buscando dentro das dimensões padrões dos fabricantes, optou-se por utilizar os ímãs de 8x5, que se referem ao diâmetro e a altura respectivamente medidos em milímetros.

De acordo com o fabricante, este ímã em contato direto com uma superfície metálica pode suportar até 4 kg de peso. Como no caso dos suportes da bancada o ímã não terá contato direto com a bancada esse valor será reduzido, vale também ressaltar que o uso de apenas um ímã poderia fazer com que o suporte girasse mesmo estando fixo, portanto, determinou-se o uso de dois ímãs com esta especificação para cada suporte, garantindo assim a uma forte fixação permitindo que o operador o manuseie sem que o mesmo se desprenda da bancada ou gire. Os ímãs foram dispostos no suporte de acordo com a Figura 25.



*Figura 25: Suportes com ímãs*



Os ímãs serão colados na peça para que não haja a possibilidade dos mesmos caírem ou serem atraídos um pelo outro ao desmontar o suporte para troca de componentes.

### 3.1.5. Bancada

Como os componentes serão fixados através de ímãs de neodímio, logo, faz-se necessário o uso de uma superfície metálica para fixação dos componentes.

Portanto, a bancada foi feita com uma chapa metálica com as dimensões de 100cmX60cm, que foram definidas para que a bancada possa ser usada também em sala de aula, e ser colocada em cima de uma mesa, por exemplo.

Para fins didáticos a esta chapa foi revestida com adesivo branco para lousa, possibilitando que sejam feitas anotações, tais como valor dos componentes, direção da corrente, resultados, etc. Como função secundária, este adesivo atuará também como um isolante, impedindo que os cabos de polos diferentes dos componentes entrem em contato através da chapa podendo gerar um curto-circuito.

A Figura 26, mostra formato da chapa metálica, com recortes na parte superior para transporte e dobras nas laterais para que a chapa fique em pé com uma leve inclinação para facilitar a visualização dos componentes.

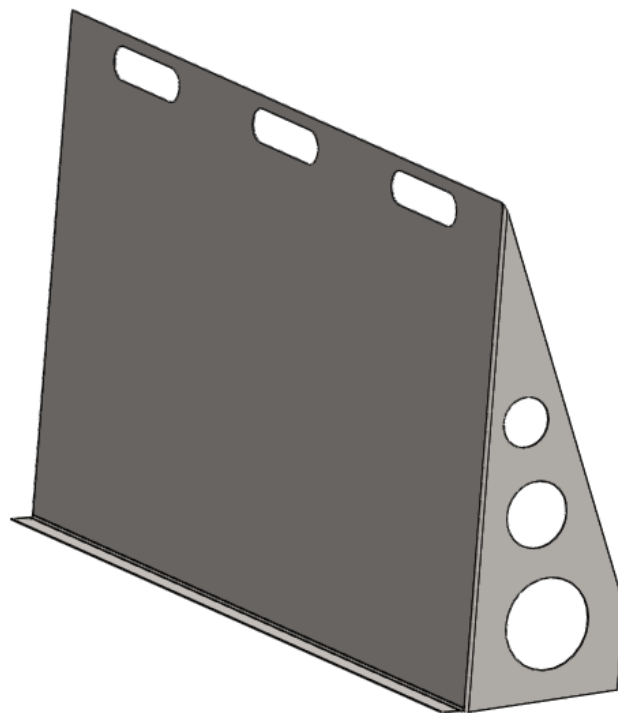


Figura 26: Chapa da Bancada

## 3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

### 3.2.1. Confeção da chapa da bancada

Após definidos as formas e materiais dos componentes da bancada, pode-se partir da fase de projeto para a fase de construção.

A chapa metálica onde os componentes foram fixados foi feita em aço carbono 1020 com 0,9mm de espessura em uma máquina CNC de corte laser, que faz o corte na chapa de acordo com o contorno gerado a partir do modelo 3D planificado desenvolvido no programa SolidWorks™. Este método de corte de chapas metálicas foi escolhido devido à geometria da chapa, que possui vários contornos e recortes não poderiam ser feitos com precisão através de qualquer tipo de corte manual.

Após cortada, a chapa vai para o processo de dobra, para que sejam feitas as abas de sustentação, tomando assim sua forma final. Para evitar a oxidação a chapa foi revestida com uma camada de tinta, para só então ser aplicado o adesivo branco para lousa.

### 3.2.2. Impressão 3D dos componentes

Como definido anteriormente, as peças plásticas serão confeccionadas em uma impressora 3D de pequeno porte, que utiliza como matéria prima um polímero denominado PLA. Após modelados no SolidWorks™ os componentes plásticos precisam passar por mais dois programas para finalmente serem impressos.

O primeiro deles é o slic3er®, um programa que faz o “fatiamento” da peça, ou seja, divide a peça em várias camadas, e define o caminho que o extrusor da impressora 3D irá percorrer para formar a peça desejada. A Figura 27 mostra uma das peças da bancada já fatiada.

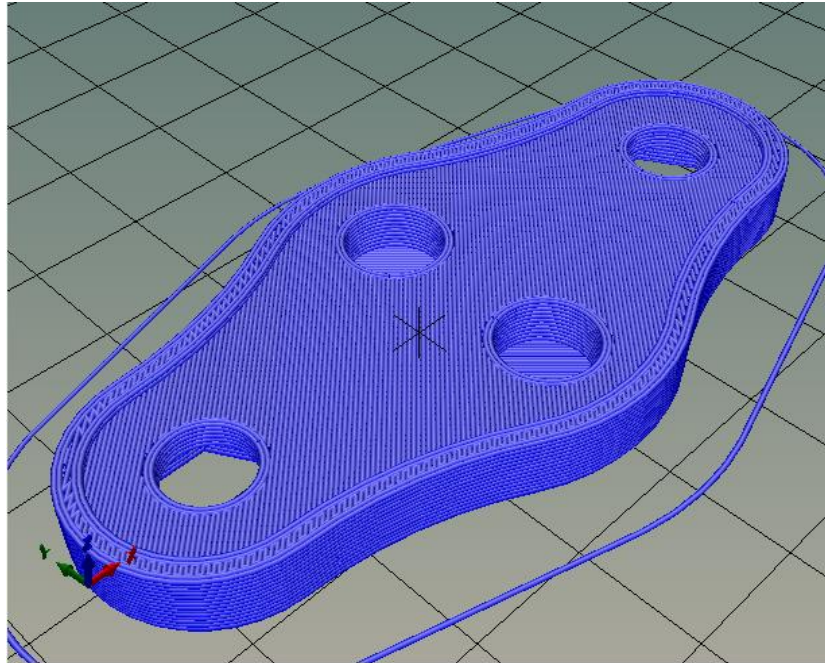


Figura 27: Peça fatiada no Slic3r®

As coordenadas deste caminho criado são salvos em um código de comando denominado G-code (Figura 28). Este código é interpretado pelo programa que se comunica com a impressora, neste caso o programa utilizado foi o Repetier Host®. Este código consiste em uma série de comandos que definem a velocidade e o sentido que os motores de passo devem girar para fazer com que o extrusor percorra o caminho determinado.

```

2086 G1 X70.545 Y102.855 F6000.000
2087 G1 X65.888 Y98.198 E0.34770 F3000.000
2088 G1 X65.827 Y98.612 E0.02209
2089 G1 X71.195 Y103.979 E0.40072
2090 G1 X68.101 Y106.112 F6000.000
2091 G1 X69.121 Y107.132 E0.07613 F3000.000
2092 G1 X70.610 Y108.146 F6000.000
2093 G1 X66.857 Y104.393 E0.28019 F3000.000
2094 G1 X66.466 Y103.526 F6000.000
2095 G1 X71.552 Y108.613 E0.37977 F3000.000
2096 G1 Z1.600 F6000.000
2097 G1 X95.511 Y108.552 F6000.000
2098 G1 X95.478 Y107.785 E0.04053 F900.000
2099 G1 X95.576 Y107.024 E0.04053
2100 G1 X95.800 Y106.290 E0.04053
2101 G1 X96.146 Y105.604 E0.04053

```

Figura 28: G-code

### 3.2.3. Equipamentos de medição.

Como visto anteriormente, cada componente tem uma forma de leitura do seu valor, porém, a bancada proposta tem como finalidade possibilitar uma montagem rápida dos circuitos elétricos, no caso de um circuito com vários componentes, torna-se demorada a leitura dos valores de cada componente de através das tabelas (como a tabela de faixas de cores dos resistores). Neste contexto faz-se necessário a utilização de equipamentos que permitam a leitura rápida dos valores dos componentes.

Um dos equipamentos utilizados para leitura é o multímetro (Figura 29), que permite a leitura de várias grandezas, como a resistência em Ohms, a tensão em volts, a corrente em amperes, etc. Foi utilizado na bancada para a leitura da resistência total do circuito e a tensão e a corrente em cada ponto do circuito.



Figura 29: Multímetro digital convencional

As novas tecnologias trazem formas mais simplificadas de leitura dos componentes elétricos. Uma delas é o M-meter, que ao contrário do multímetro convencional que requer certo conhecimento para utiliza-lo, este não requer

conhecimentos específicos, basta conectar os polos dos componentes nas saídas, que são numeradas de 1 a 3, tomando cuidado apenas para não utilizar mais de uma vez a mesma saída, após conectado, basta apertar o botão “testar”, e o equipamento por sua vez identifica o componente conectado e trará as informações referentes, tais como o nome do componente, a polaridade, o valor, e o símbolo do componente. Conforme mostrado na Figura 30.



Figura 30: Multímetro M-meter

## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1. PEÇAS DA BANCADA

As peças plásticas da bancada confeccionadas na impressora 3D atingiram os resultados desejados, tendo em vista que possuem as medidas determinadas e possibilitaram a montagem dos componentes comerciais conforme especificado no projeto 3D. A Figura 31 mostra algumas das peças impressas já montadas com seus respectivos componentes, como o medidor M-meter (a), um suporte montado com um capacitor (b), três suportes montados com resistores (a, b e c), o suporte para a chave (f), um suporte do LED (g), um suporte para o voltímetro (h) e o suporte para o multímetro (i).

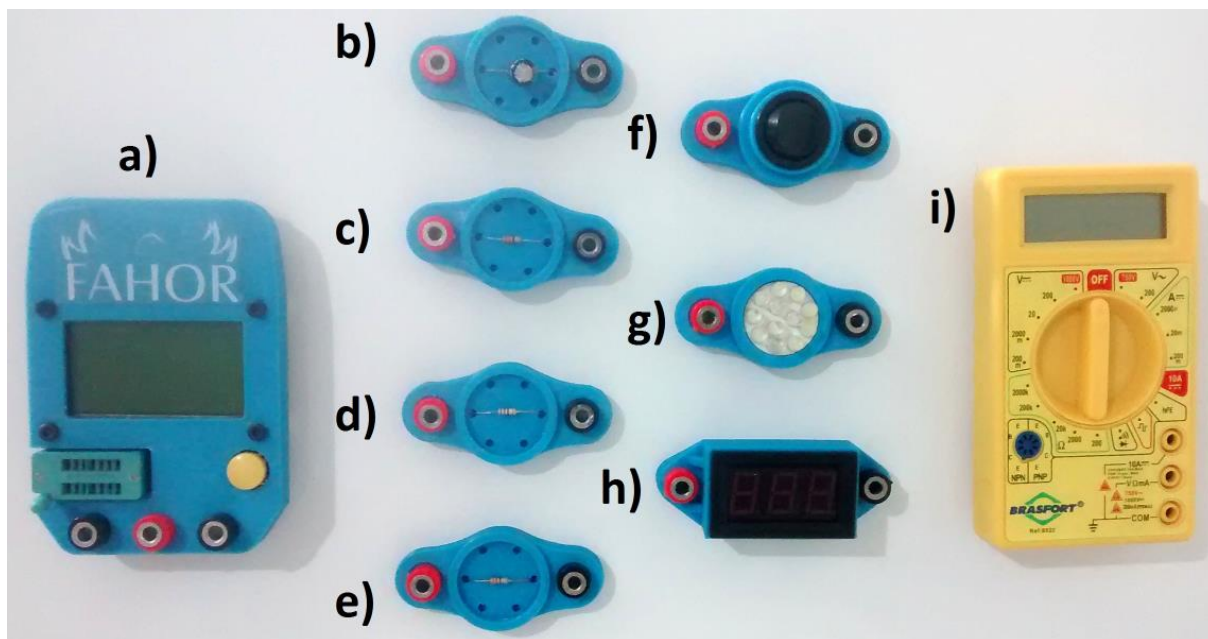


Figura 31: Componentes montados

Em seguida, foram feitos os testes de condutibilidade entre os plugs banana e o componente elétrico, e o teste de fixação dos suportes através dos ímãs.

#### 4.1.1 Teste de condutibilidade

Após montados os suportes dos componentes, foi utilizado um multímetro digital para testar a resistência em ohms do circuito, a fim de verificar se os



condutores usados ofereciam alguma resistência à passagem de corrente elétrica que poderia influenciar no resultado final.

Para o teste foi montado um suporte com um resistor com valor nominal de  $22\Omega$ , que foi primeiramente testado conectando as pontas de teste diretamente aos polos do resistor, obtendo-se a leitura real  $22,4\Omega$  (Figura 32), essa variação entre a leitura nominal e a real deve-se à margem de tolerância do resistor, que no caso do resistor testado é de  $\pm 5\%$ , logo a leitura de  $22,4\Omega$  obtida está dentro da tolerância.



*Figura 32: resistência real do resistor*

Em seguida foi montado o mesmo resistor ao suporte, e feito o mesmo teste, porém com as pontas de teste conectadas aos plugs banana, obtendo-se o resultado de  $22,5\Omega$ , conforme mostrado na Figura 33.



*Figura 33: resistência real do resistor montado*

Através das leituras obtidas pode-se concluir que os condutores usados não ofereceram resistência significativa à passagem de corrente, logo, não irão influenciar no resultado final.

#### **4.1.2 Teste de fixação**

O teste de fixação dos componentes foi feito para verificar se os componentes não se desprenderiam da bancada ao serem manuseados, algo que caso ocorresse reduziria a praticidade desejada. Para isso, após suportes serem fixados na chapa metálica da bancada através dos imãs, foram conectados e desconectados os plugs diversas vezes, nestes testes a força necessária para remover ou conectar o plug não foi suficiente para mover o suporte, validando assim o uso dos imãs de neodímio para realizar a fixação.



## 4.2. TESTES DOS CIRCUITOS

Os testes de circuitos foram primeiramente desenvolvidos de forma teórica para que os resultados teóricos fossem posteriormente comparados aos obtidos através dos equipamentos de medição.

### 4.2.1. Teste de circuitos em série

Para mensurar as variáveis em um circuito em série foi montado o diagrama conforme mostrado na Figura 34.

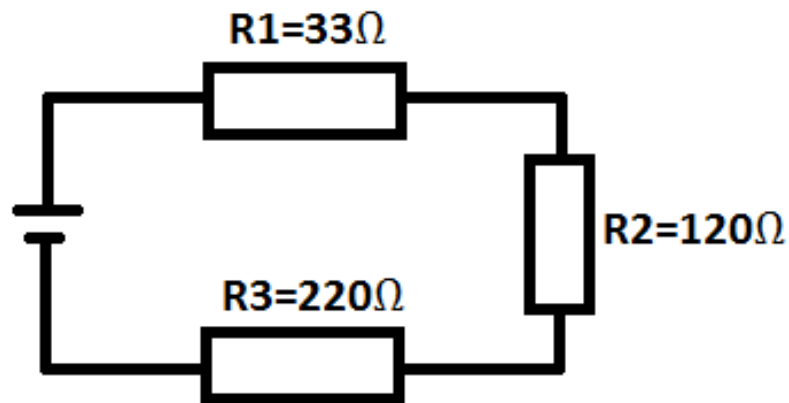


Figura 34: Circuito em série

O circuito é composto por 3 resistores de 33Ω, 120Ω e 220Ω respectivamente. Para o cálculo da resistência total ( $R_s$ ) utiliza-se a equação (2), portanto:

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_s = 33\Omega + 120\Omega + 220\Omega$$

$$R_s = 373\Omega$$

Ao montar o mesmo circuito da bancada Figura 35 foi realizada a leitura da resistência de cada resistor individualmente, obtendo os valores reais de  $34,4\Omega$ ,  $119,7\Omega$  e  $224,7\Omega$ .



Figura 35: Circuito em série bancada

Aplicando estes valores reais à equação (2), obtém-se a seguinte resistência total.

$$\begin{aligned}R_s &= R_1 + R_2 + R_3 \\R_s &= 34,4\Omega + 119,7\Omega + 224,7\Omega \\R_s &= 378,8\Omega\end{aligned}$$

Portanto o valor de resistência real do circuito em série proposto seria de  $378,8\Omega$ .

#### 4.2.2. Teste de circuitos em paralelo

Para mensurar as variáveis em um circuito em paralelo foi montado o diagrama conforme mostrado na Figura 36.

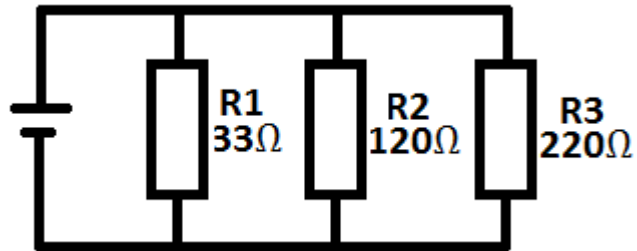


Figura 36: Circuito em paralelo

O circuito foi composto por 3 resistores de 33Ω, 120Ω e 220Ω respectivamente. Para o cálculo da resistência total ( $R_p$ ) utilizamos a equação (3) portanto:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{33} + \frac{1}{120} + \frac{1}{220}$$

$$R_p = 23,15\Omega$$

Com o mesmo circuito montado à bancada (Figura 37), foram utilizados os valores de resistência reais de cada resistor já usados anteriormente na equação (2).

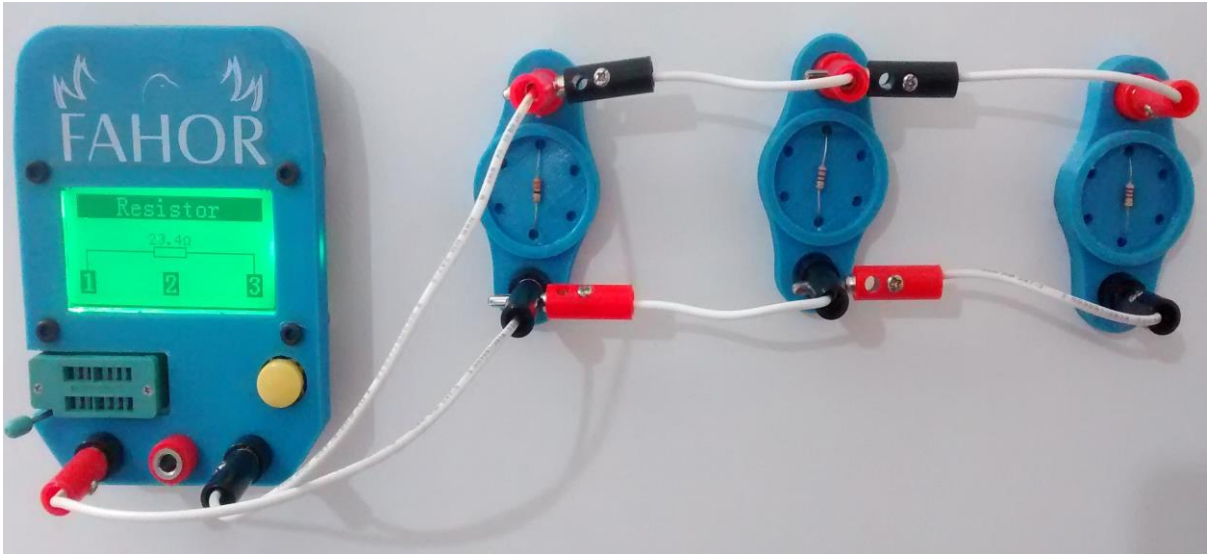


Figura 37: Circuito em paralelo bancada

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{33,4} + \frac{1}{119,7} + \frac{1}{224,7}$$

$$R_p = 23,4\Omega$$

#### 4.2.3. Teste de carga e descarga do capacitor

Para o teste de carga e descarga do capacitor foi utilizado uma fonte de tensão de 13 volts, um resistor de 100 K $\Omega$  e um capacitor 63 volts e 100  $\mu$ F, montados de acordo com o circuito da Figura 38.

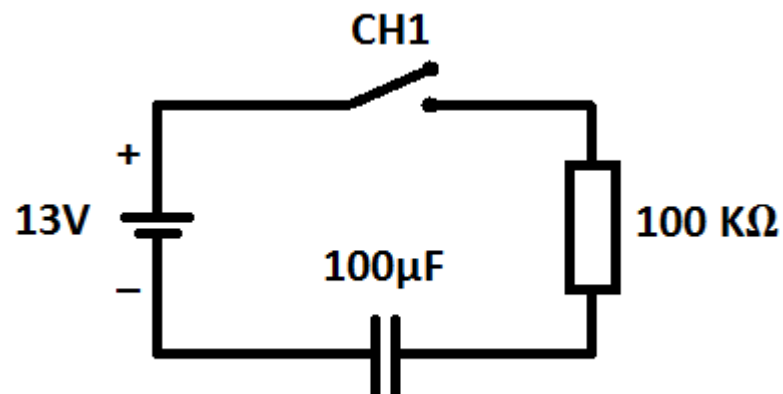


Figura 38: Circuito de carga do capacitor

Para dar início ao carregamento do capacitor, liga-se a chave (CH1). Como visto anteriormente, o tempo que um capacitor necessita para carregar por completo é de  $5.\tau$ , e pode ser calculado pela (5).

Aplicando os valores dos componentes do circuito proposto obtém-se:

$$C_t = 5.100000\Omega. 0,0001f = 50$$

Portanto a chave teria que ficar ligada por um tempo mínimo de 50 segundos para que o capacitor esteja carregado por completo. Este tempo para carga total independe da fonte de tensão.

Após montar o circuito na bancada (Figura 39), com os mesmos parâmetros especificados na Figura 38, é possível cronometrar o tempo ( $\tau$ ) real de carga do capacitor, obtendo-se um tempo de 46,5 segundos.

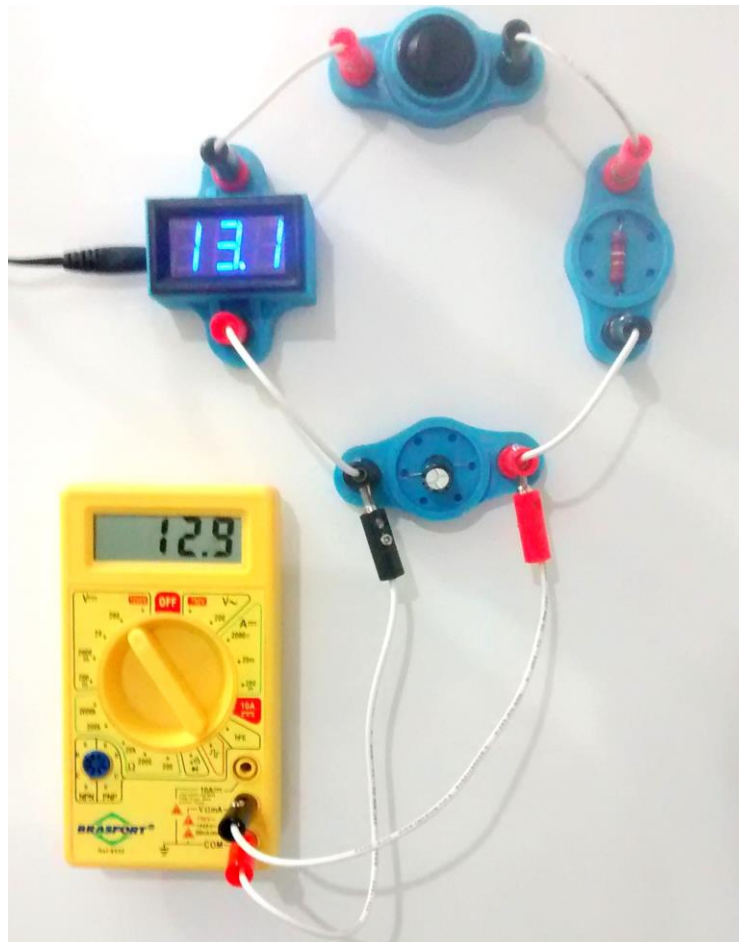


Figura 39: Circuito de carga do capacitor na bancada

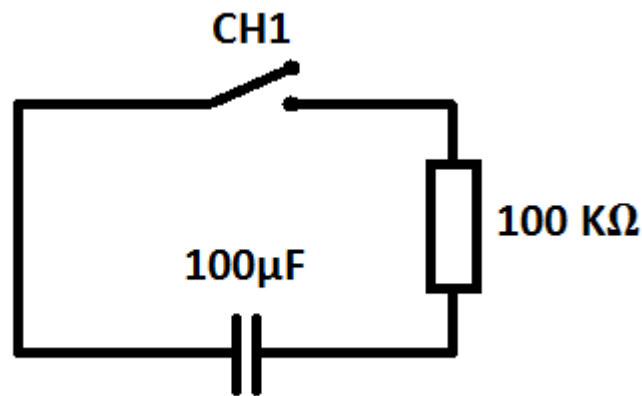
Aplicando este valor à equação (6) obtém-se o seguinte resultado:

$$V_C = V_0 \cdot (1 - e^{\frac{-t}{R \cdot C}})$$

$$V_C = 13 \cdot \left( 1 - 2,72^{-\frac{46,5}{100000 \cdot 0,0001}} \right)$$

$$V_C = 12,87 V$$

Ao desligar a fonte de tensão, interrompe-se a alimentação do capacitor, iniciando o processo de descarga de acordo com o diagrama da Figura 40. Sabe-se que o tempo de descarga total é igual a  $5 \cdot t$ , logo o tempo de carga e descarga são iguais em teoria.



*Figura 40: Circuito de descarga do Capacitor*

Com o capacitor carregado, foi removida a fonte de alimentação do circuito da bancada (Figura 41) afim de avaliar o tempo real de descarga, no qual foi obtido um tempo de 48 segundos até o valor no multímetro chegar a 0 volts.



Figura 41: Circuito de descarga do Capacitor na Bancada

Aplicando este tempo cronometrado na equação **Erro! Fonte de referência não encontrada.** obtêm-se:

$$V_C = 13.2,72^{-\frac{48}{100000.0,0001}}$$

$$V_C = 0,106 V$$

Esta diferença entre os tempos de carga e descarga encontrados na teoria e na prática deve-se ao fato de que o resistor usado para o teste possui um valor de resistência abaixo do nominal, o que diminui a resistência fazendo com que o resistor carregue alguns segundos mais rápido. Também pode ser levado em consideração uma margem de erro na cronometragem.

## **5. CONCLUSÕES**

O trabalho realizado teve como objetivo apresentar uma ferramenta de auxílio para o estudo de circuitos elétricos através do desenvolvimento de uma bancada que pode ser usada tanto pelos alunos como pelos professores nos componentes curriculares referentes ao assunto.

A bancada juntamente com seus componentes será de grande relevância para a aprendizagem, uma vez que possibilitou a montagem e conexão dos componentes conforme especificado na fase de projeto, bem como a coleta de dados através do uso dos equipamentos de medição.

Através dos resultados adquiridos durante os diversos testes da bancada pode-se perceber as diversas variações entre a teoria e a prática, estimulando o questionamento e a busca por respostas, desta forma, atingiu-se os objetivos propostos.



## 6. SUJESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere o estudo da viabilidade de alterar o voltímetro presente no suporte da fonte para um voltímetro-amperímetro, que além da tensão de entrada do circuito, traria informações sobre a corrente em amperes do mesmo, eliminando a necessidade de se fazer a leitura da corrente da fonte com o multímetro digital.

Também é importante avaliar a necessidade de substituição dos plugs banana macho convencionais por plugs banana macho de 90°, que melhoraria o aspecto montagem bem como a visualização do circuito.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALGETEC, [s.d.]. Bancada Didática em Eletricidade e Instalações Elétricas. [S.I.], Disponível em: <<http://www.algetec.com.br/index.php/pt-BR/produtos/product/26-bancada-para-treinamento-em-eletricidade-e-instalacoes-eletricas-residenciais>>. Acesso em: 23 out. 2015.

AMORIM, M. J. **Desenvolvimento de Bancada Didático-Experimental de Baixo Custo para Aplicações em Controle Ativo de Vibrações**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006.

ANZOLINI, Lázaro. Apostila: conhecendo resistores em paralelo, 2014. Disponível em: <<http://www.anzo.com.br/downloads/Apostila-Resistor-Capacitor-v1.0.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2015.

AZEVEDO, Eduardo Ribeiro; NUNES, Luiz Antônio de Oliveira. **Lei da Indução de Faraday**. Disponível em: <<http://www.lla.if.sc.usp.br/ensino/Fisica3/11-LeideInducaodeFaraday.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2015.

BRAGA, Newton C. **Curso básico de eletrônica**. 1 ed. São Paulo: Saber, 2001.

BURIAN JR, Yaro; LYRA, Ana Cristina C.. **Circuitos Elétricos**. Pearson Prentice Hall, 2006.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações elétricas prediais: conforme norma NBR 5410: 2004**. 14. ed. São Paulo: Érica, 2006.

COTRIM, A. **Instalações elétricas**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

DATAPPOOL, [s.d.]. Painel de Instalação Elétricas Industriais. [S.I.]. Disponível em: <http://eletronica.datapool.com.br/produtos/eletricidade/2902ipc-painel-de-instalacao-eletricas-industriais>. Acesso em: 23 out. 2015.

DAWES, CHESTER L. Curso de Eletrotécnica, Corrente Alternada. **A course in electrical engineering**. Trad. de João Protásio Pereira da Costa. 16. ed. Porto alegre: Globo. 1977.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 2000.

FORTES, Mauri. A diferença entre a teoria e a prática é maior na prática do que na teoria. **Revista IETEC**, Belo horizonte, ano 8, v. 1 n. 42, p. 5, abril/maio 2012.

GUSSOW, Milton. **Eletricidade Básica**. Trad. Aracy Mendes da Costa. 2. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1997.

HAUSMAN, Kalani Kirk; HORNE, Richard. **3D Printing For Dummies**. John Wiley & Sons, 2014.

IRWIN, David J.; NELMS, R. Mark. **Análise básica de circuitos para engenharia**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

KRASILCHIK, M. Educação ambiental na escola brasileira: passado, presente e futuro. **Revista Ciência e cultura**, [S.l.] ano 38, n.12, p. 1958- 1961, dezembro de 1996.

LEITE, A. S; SILVA, P. B; VAZ, A. R. **A Importância das Aulas Práticas para Alunos Jovens e Adultos: uma abordagem investigativa sobre a percepção dos alunos do PROEF II**. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/98>>. Acesso em: 10 out. 2015.

LUQUETA, Gerson Roberto. **Curso básico de eletrônica analógica**. Disponível em: [http://www.netsoft.inf.br/aulas/4\\_EAC\\_Eletronica\\_Basica/7.3\\_Apostila\\_eletronica.pdf](http://www.netsoft.inf.br/aulas/4_EAC_Eletronica_Basica/7.3_Apostila_eletronica.pdf) Acesso em: 05 out. 2015.

MANUAL de impressão 3D. São Paulo: Fabrica de imagens, [s.d.]. Disponível em: <http://www.fabricaimagens.com.br/image/arquivo/manual-de-impressao-3d-web-3442682349.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015.

MATOS, Natércia. **Instrumentos e componentes eletroeletrônicos nas aulas de física no ensino médio**. 2007. Dissertação (Graduação em Física) - Faculdade de Física, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2007.

MILEAF, Harry. **Eletricidade** 3. ed. São Paulo: Martins fontes, 1982.

MINIPA, [s.d.], ED-1000B Logic lab unit. [S.l.]. Disponível em: <http://www.minipa.com.br/12/69/241-Minipa-Eletrica-ED-1000B>. Acesso em: 23 out. 2015.

PENTEADO, Paulo César M.. **Física: Conceitos e aplicações. Eletricidade**. São Paulo: Moderna, 1998.

PREDABON, Edilar; BOCCHESI, Cássia. **SolidWorks 2004 – Projeto e Desenvolvimento**. São Paulo: Érica, 2004.

RODRIGUES, M. J; JURACH, P. J; GIORDANI, R. E. **Bancada Didática de Pneumática**. CEFET. Rio Grande do Sul, 2003.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Trad. Ernani F. da Rosa. Porto Alegre: Artimed, 1998.