

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CAMPUS CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**KELSON GOMES SANTANA**

**DESENVOLVIMENTO DE MÓDULOS DIDÁTICOS PARA A DISCIPLINA DE  
LABORATÓRIO DE DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS**

**CAMPINA GRANDE**

**2018**

**KELSON GOMES SANTANA**

**DESENVOLVIMENTO DE MÓDULOS DIDÁTICOS PARA A DISCIPLINA DE  
LABORATÓRIO DE DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS**

Relatório de Estágio Supervisionado apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

.

Orientador: Professor Jalberth Fernandes de Araujo.

**CAMPINA GRANDE**

**2018**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

Área de Concentração: Instrumentação e Metrologia Científicas

### **BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. Jalberth Fernandes de Araujo**  
Orientador – UFCG

**Prof. Dr. Ronimack Trajano de Souza**  
Membro Arguidor – UFCG

## RESUMO

Neste trabalho são apresentadas as atividades realizadas durante o estágio supervisionado no Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas, no período de 09/11/2017 a 29/12/2017. As atividades compreenderam o desenvolvimento de um módulo didático para a disciplina de Laboratório de Dispositivos Eletrônicos. O kit educacional tem por objetivo facilitar o ensino-aprendizagem, de forma a promover a correlação entre teoria e prática no laboratório, bem como estimular o aprendizado da eletrônica juntamente com suas diversas aplicações.

**Palavras-chave:** dispositivos eletrônicos, módulo didático, ensino-aprendizagem.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS DO ESTÁGIO</b>	<b>12</b>
3.1	OBJETIVO GERAL	12
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
<b>4</b>	<b>PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>14</b>
<b>5.1</b>	SELEÇÃO DOS CIRCUITOS DO MÓDULO EDUCACIONAL	14
<b>5.2</b>	ELABORAÇÃO DO CONCEITO DIDÁTICO DO KIT	16
<b>5.3</b>	PROJETO DOS <i>LAYOUTS</i> DAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO	20
<b>5.4</b>	MONTAGEM DOS PROTÓTIPOS EXPERIMENTAIS E TESTES	21
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>APÊNDICES</b>	<b>26</b>
	APÊNDICA A	26
	APÊNDICA B	27

## 1 INTRODUÇÃO

Este relatório tem o objetivo de descrever as atividades realizadas pelo aluno Kelson Gomes Santana, sob a orientação do professor Jalberth Fernandes Araujo; durante o estágio supervisionado nas dependências do Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas (LIMC). As atividades foram realizadas no período de 20/11/2017 ao dia 29/12/2017 – período que compreende 6 (seis) semanas, cuja dedicação de aproximadamente 30h semanais totalizou as 218h (7 créditos) necessárias para a finalização do estágio supervisionado no qual o aluno está matriculado.

O estágio na área de Instrumentação Eletrônica teve atividades relacionadas ao desenvolvimento de módulos educativos que auxiliassem o ensino de disciplinas como Dispositivos Eletrônicos e Eletrônica, especialmente no seu âmbito experimental, ou seja, dos Laboratórios. Os kits didáticos foram desenvolvidos de forma a promover uma aprendizagem significativa por parte dos alunos, correlacionando teoria e prática. Além disso, foram considerados diversos circuitos de aplicação dos dispositivos semicondutores envolvidos na ementa das disciplinas, de forma a encorajar os usuários dos módulos a buscar e compreender a eletrônica do ponto de vista do projetista, abrindo caminhos para aspectos como autodidatismo, inovação, desenvolvimento, etc.

Constam neste relatório, primeiramente a devida revisão Bibliográfica acerca do tema, junto com os Objetivos gerais e específicos do estágio. Além disso, o Plano de Atividades empregado também foi disponibilizado, bem como os Resultados e Discussões acerca do que foi produzido. Por fim, também são dadas algumas ideias sobre Trabalhos Futuros, destacando melhorias a serem feitas. As devidas Referências no fim como também alguns Anexos e Apêndices adicionais à leitura também podem ser verificados.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em se tratando de um estágio cujas atividades tem por objetivo o desenvolvimento de um produto, no caso o módulo didático, faz-se necessário observar na bibliografia disponível quais os tipos e conceitos de kits existentes, bem como suas vantagens e desvantagens.

Em resumo, todo e qualquer kit didático trata-se de um conjunto de determinados componentes e materiais necessários à realização de uma determinada atividade de ensino-aprendizagem. O objetivo dos kits é tornar esta atividade produtiva, significativa e por vezes até divertida para o aluno. Desta forma, a depender do tipo de tarefa ou experimento a ser realizado (neste caso, experimentos sobre dispositivos eletrônicos), a escolha adequada das peças/componentes do kit torna-se vital, pois define como cada parte irá interagir com o todo e permitir que o aluno construa seu próprio conhecimento. Diversos kits consistem basicamente e simplesmente no agrupamento adequado destes componentes, de forma a permitir executar tarefas/experimentos específicos, como é o caso do kit abaixo:

Figura 1 – Conjunto de componentes relacionado a vários experimentos específicos.



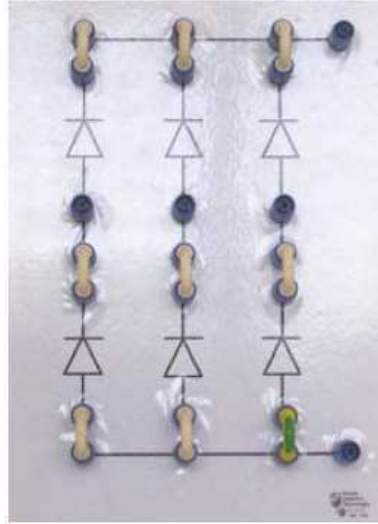
**FONTE:** Retirado de [1].

O kit acima exemplifica bem a ideia do parágrafo anterior. Em se tratando de um kit voltado para o microcontrolador Arduino, é de se esperar que o kit possua os periféricos necessários para a realização de atividades que vão desde o acionamento de LEDs e Displays, até o uso de sensores e módulos *Bluetooth*.

Tratando mais especificamente da área de eletrônica analógica e dispositivos eletrônicos, os kits a serem concebidos devem facilitar a análise dos circuitos e a montagem a ser realizada, sempre maximizando a interação do aluno com o projeto. Uma das estratégias

utilizadas muitas vezes em casos como esse é “virtualizar” os componentes elétricos e eletrônicos. Ou seja, o aluno passa a enxergar a montagem de uma forma mais próxima aos circuitos encontrados no livro, associando os símbolos convencionais aos respectivos componentes, fazendo com que o aprendizado seja gradual e significativo. Um exemplo é o kit encontrado abaixo:

Figura 2 – Painel com componentes virtualizados.

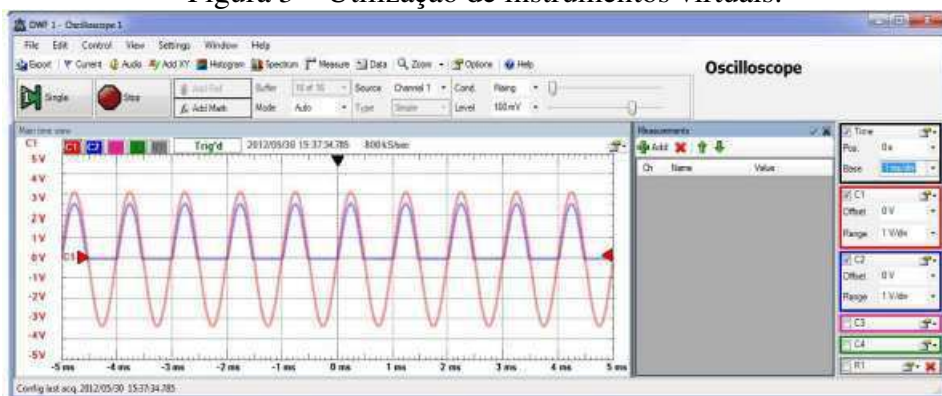


FONTE: Retirado de [2].

Veja que a forma como os componentes virtualizados são dispostos, nesse caso os diodos, permite que o aluno faça uma montagem mais próxima dos esquemáticos encontrados nos livros didáticos.

Muitas vezes, além de virtualizar componentes, são virtualizados os equipamentos de leitura e instrumentação, como osciloscópios e geradores de onda. Nesse caso, virtualizados no sentido mais puro da palavra, ou seja, utilizando *softwares* para realizar as medições:

Figura 3 – Utilização de instrumentos virtuais.



FONTE: Retirado de [3].



As vantagens<sup>1</sup> deste conceito didático estão associadas principalmente à economia de tempo para que o aluno, que acaba de adentrar no mundo da eletrônica, realize determinada tarefa. Muitas vezes é gasto um tempo excessivo com o treinamento inicial para a utilização dos equipamentos de instrumentação, além do fato de que, nem sempre estes estão disponíveis. Estas e outras considerações foram observadas antes de definir o conceito de kit didático a ser empregado, o que facilitou as montagens e testes posteriores.

---

<sup>1</sup> A ideia deste tipo de kit mencionado é facilitar o ato de leituras e medições para o aluno que ainda não tem habilidades para trabalhar com instrumentos reais. No entanto, isto não significa que o uso de tais instrumentos é considerado obsoleto. Pelo contrário, uma das características de um bom engenheiro é exatamente conhecer bem os equipamentos de instrumentação que estão à sua disposição.

## **2 OBJETIVOS DO ESTÁGIO**

### **3.1 OBJETIVO GERAL**

- Melhoria do ensino-aprendizagem das disciplinas de Teoria e Laboratório de Dispositivos Eletrônicos.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Desenvolvimento de módulos educativos que auxiliem experimentos e projetos das disciplinas de Teoria e Laboratório de Dispositivos Eletrônicos;
- Criação de projetos com os circuitos estudados na disciplina de forma a motivar e estimular nos alunos a prática da eletrônica e suas aplicações;
- Documentação do módulo didático que permita futuras modificações e melhorias.

#### 4 PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES

O Plano de Atividades do estágio seguiu diversas etapas, as quais podem ser resumidas nos itens abaixo:

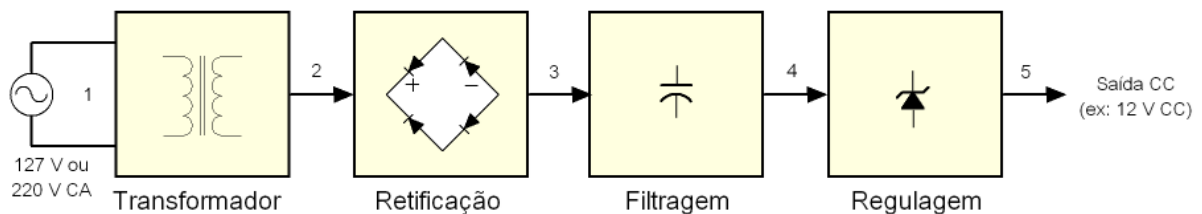
1. Revisar bibliografia a respeito dos principais tópicos das disciplinas envolvidas e sobre os principais conceitos de módulos educacionais disponíveis atualmente;
2. Elaborar os circuitos relacionados aos módulos educativos para fundamentação dos conceitos da disciplina de Dispositivos Eletrônicos;
3. Elaborar os circuitos relacionados aos módulos educativos com aplicações dos dispositivos semicondutores estudados na disciplina;
4. Simular os circuitos e validar os conceitos definidos para os módulos educativos;
5. Projetar as placas de circuito impresso e fazer montagem dos kits didáticos;
6. Fazer testes finais de validação dos *kits* e aperfeiçoá-los;
7. Elaborar a devida documentação dos módulos desenvolvidos, incluindo vídeos didáticos e documentar atividades realizadas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 SELEÇÃO DOS CIRCUITOS DO MÓDULO EDUCACIONAL

Os primeiros resultados gerados pelas atividades de estágio estão relacionados à escolha dos circuitos empregados no kit. Em se tratando de um curso de dispositivos eletrônicos, os experimentos iniciais são relacionados à teoria e aplicação dos diversos tipos de diodos. Dessa forma, foi utilizada uma abordagem direcionada a projetos, nesse caso, um projeto de fonte simétrica, para explicar o funcionamento do diodo como retificador:

Figura 4 – Diagrama de blocos de uma fonte simétrica simples.

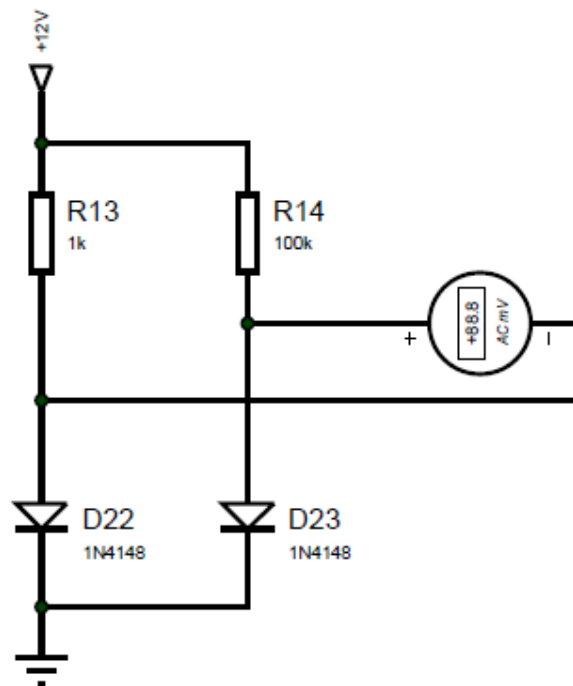


**FONTE:** Adaptado de [7].

O circuito completo utilizado no estudo de diodos está disponível no apêndice A. Perceba que o passo-a-passo do projeto da fonte simétrica permite que o aluno conceba as transformações dos sinais em cada etapa, compreendendo o funcionamento do diodo quando diretamente e inversamente polarizado [4]. Esta abordagem permite ainda, que sejam inseridos novos componentes no aprendizado do usuário do kit, como é o exemplo dos reguladores de tensão LM7812 e LM7912, bastante simples e úteis em montagens deste tipo. Além disso, a montagem permite a compreensão do funcionamento de dois novos tipos de diodos, o diodo zener, explanado na etapa de regulagem da tensão e o LED, que pode ser usado como indicador de tensão nas saídas 12V, -12V e +5V. Como estas tensões são as mais comuns em circuitos eletrônicos, fica justificada a funcionalidade do circuito estudado. Diversos questionamentos produtivos podem surgir a partir daí, como por exemplo: qual o valor de resistência utilizar em série com o LED? Como dimensionar adequadamente o capacitor de filtro? Tais questionamentos produzem no aluno a busca do conhecimento, justificando a relevância do módulo didático.

Além dos supracitados, também foram buscados circuitos que tivessem uma vertente mais relacionada às aplicações, a fim de motivar o aluno a construir seus experimentos tendo sempre em mente o objetivo final daquele determinado circuito. Um dos exemplos que pode ser dado, foi o circuito abaixo que permite verificar uma tensão que varia linearmente com a temperatura<sup>2</sup>.

Figura x – Circuito exemplo para medição de temperatura.



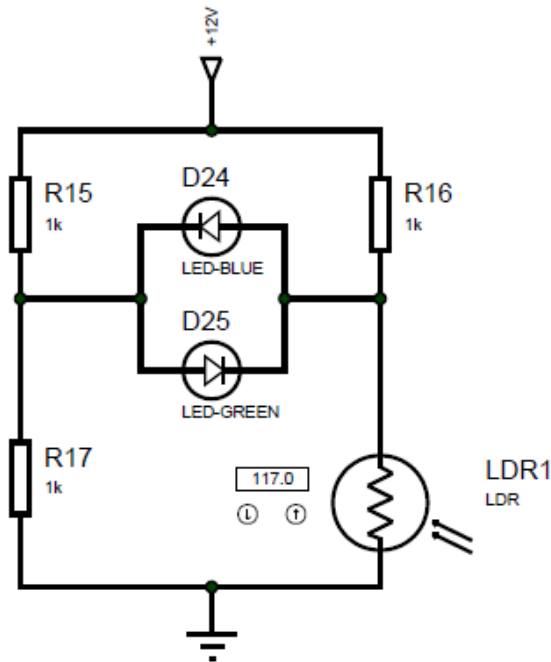
**FONTE:** Ilustração produzida pelo autor.

Percebe-se que o circuito não só tem a vertente de *hobby*, no sentido de estimular a observação das aplicações, mas também permite a modelagem e análise dos componentes em questão. A fim de verificar que o circuito tem uma tensão de saída que varia linearmente com a temperatura, o aluno precisa aplicar as leis de análise de circuitos [5] e conhecer a equação característica do diodo.

Outro circuito também escolhido, foi a ponte de Wheatstone, que foi modificada numa aplicação que utiliza também diodos LED e introduz o componente LDR, que varia sua resistência com a luz.

<sup>2</sup> O modelo do circuito de fato, possui fontes de corrente com diferentes valores no lugar das resistências. Com fins de facilitação da montagem, as fontes de corrente podem ser substituídas pelas resistências, uma vez que a modificação percentual da corrente com a temperatura é bastante baixa.

Figura 5 – Ponte de Wheatstone com dois LEDs indicando balanceamento da ponte.



**FONTE:** Ilustração produzida pelo autor.

Perceba que a interação produzida neste caso, está relacionada aos LEDs que indicam para que lado a ponte está desbalanceada. E a resistência que varia e pode desbalancear a ponte, é a resistência do LDR, que modifica seu valor com a intensidade luminosa.

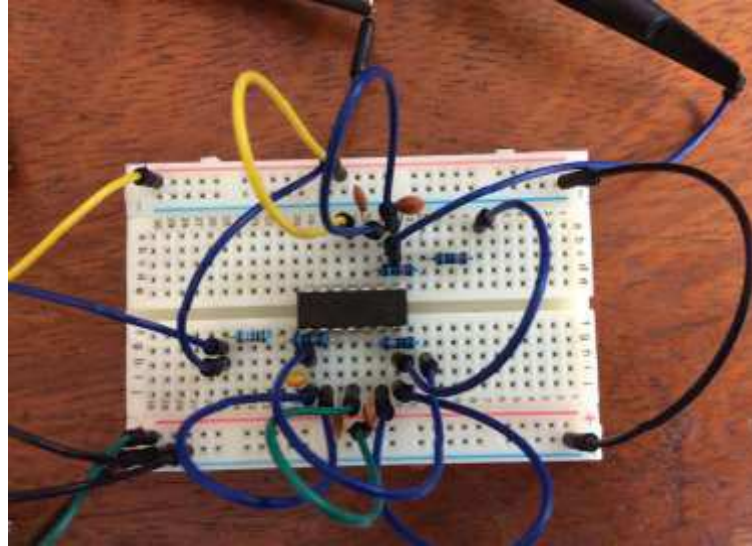
O conjunto destes circuitos juntamente com outros elaborados, permite o aprendizado de toda a teoria e aplicação de diodos, de acordo com o que está disponível em [4] e [7], a saber: o seu funcionamento com polarização direta e reversa; alguns diodos especiais, caso do LED e do zener; aplicações dos diodos em circuitos para medição de temperatura e intensidade luminosa; até o uso dos diodos no projeto de uma fonte simétrica com tensão de saída compatível com a maioria dos experimentos de eletrônica e dispositivos.

## 5.2 ELABORAÇÃO DO CONCEITO DIDÁTICO DO KIT

Havendo definido os principais circuitos a serem empregados no kit, fazia-se necessário definir o conceito de módulo didático desejado, a fim de se iniciar a sua concepção e construção. Foi preciso atentar para as facilidades que se desejava que o kit didático trouxesse para o aluno. Em primeiro lugar, a grande razão para uso de módulos educacionais em situações deste tipo na eletrônica, é tentar promover uma aproximação maior entre os diagramas de montagem verificados nos livros, e a própria montagem realizada. Não é raro

que iniciantes na prática da eletrônica tenham dificuldade ao perceber que numa montagem um pouco mais complexa, os arranjos realizados numa matriz de contato não se assemelham mais aos circuitos que se desejava montar inicialmente.

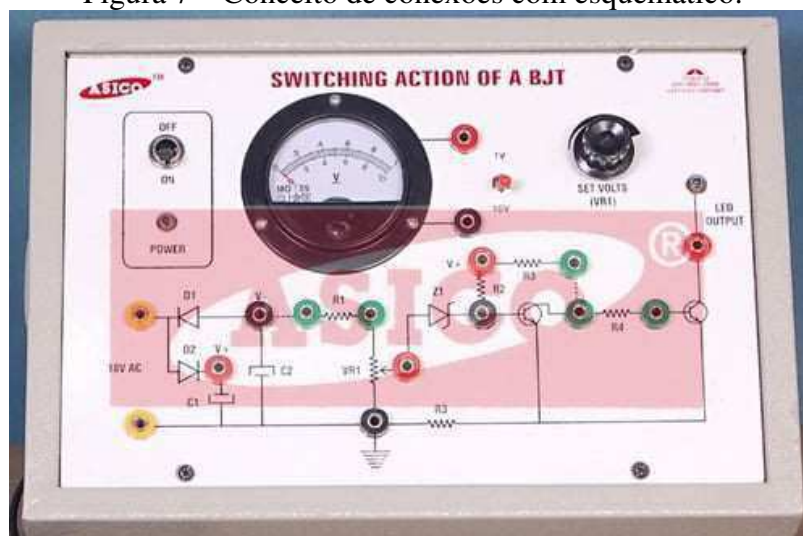
Figura 6 – Exemplo de montagem um pouco mais complexa numa matriz de contatos.



**FONTE:** Fotografia de uma das montagens desenvolvidas durante os trabalhos.

Diversos modelos de kits didáticos tentam evitar que isso aconteça, principalmente utilizando-se da técnica de virtualizar componentes, como já explicitado na Revisão Bibliográfica. Veja que na figura abaixo é possível realizar uma montagem bem mais organizada e que se assemelha aos diagramas do modelo do circuito:

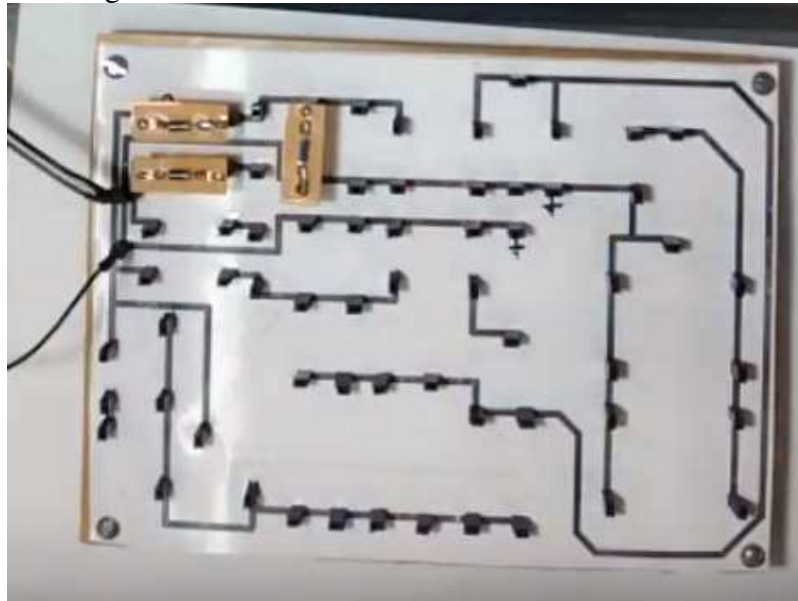
Figura 7 – Conceito de conexões com esquemático.



**FONTE:** <http://www.asicoindia.com/study-of-switching-action-of-a-transistor-bjt--2635312.html>.

A partir destes questionamentos foi tomada a decisão de desenvolver um kit que conseguisse ser um meio-termo entre a virtualização dos componentes e a montagem completa de diagramas (como seria numa protoboard). Uma versão inicial apresentou as características verificadas na imagem a seguir:

Imagem 1 – Conceito inicial de kit didático formulado.



**FONTE:** Fotografia retirada durante as montagens.

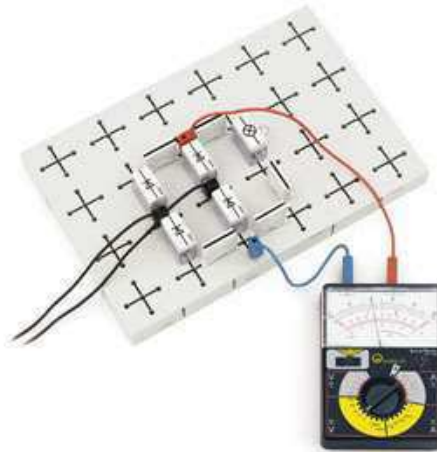
Perceba que foram fixadas trilhas para uma determinada montagem pré-estabelecida. Isso permite que a montagem física de assemelhe mais aos diagramas que se deseja montar. Além disso, os componentes não foram virtualizados completamente, ou seja, não foram substituídos pelos seus símbolos na confecção das peças. Isso faz com que se promova uma facilitação no aprendizado, mas sem retirar do aluno a possibilidade de enxergar os componentes que está utilizando. O ato de conseguir identificar os terminais de um diodo ou um capacitor polarizado, bem como o valor de uma resistência também é algo didático.

O grande problema desta versão inicial foi que, imaginando o conteúdo da disciplina dividido em diodos, BJTs e MOSFETs, seria necessária uma placa para cada experimento, já que as trilhas indicam uma montagem pré-estabelecida. Isto não é desejável até mesmo pelo fato de que não permite a inclusão de novos circuitos e novas conexões ao longo do tempo, dando pouca liberdade para o professor/examinador ao entregar atividades ao aluno.

Uma maneira de solucionar este problema, seria utilizar um conceito mais universal, como o da figura 8 a seguir:



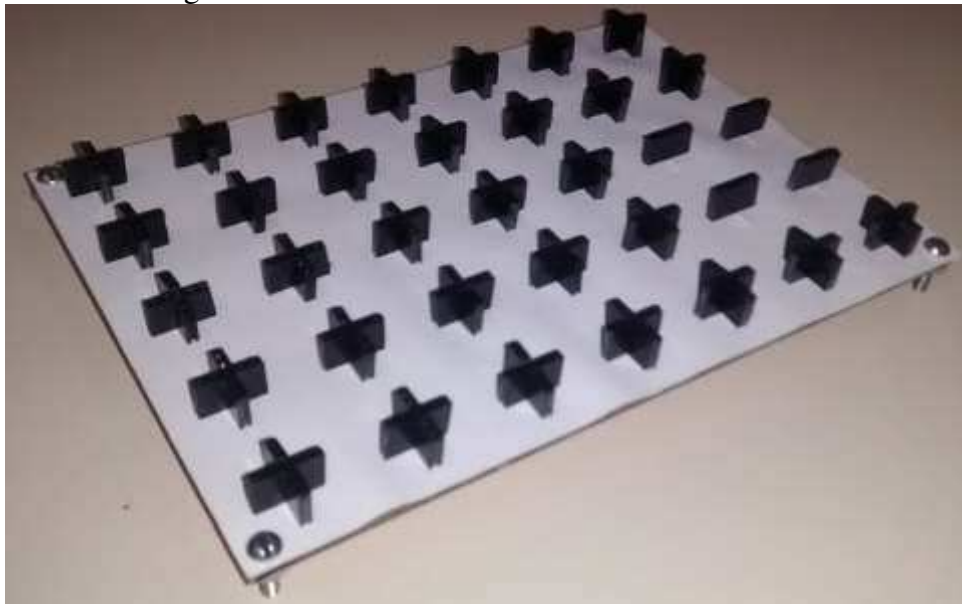
Figura 8 – Conceito universal de placa comum.



**FONTE:** Retirado de [11].

Veja que esta placa comum não tem uma montagem pré-estabelecida, pelo contrário, existem determinados contatos dispostos geometricamente de forma a permitir a inserção de novos componentes na montagem. Esta ideia foi considerada bastante promissora, pelo que sendo aplicada ao nosso contexto, gerou o seguinte resultado:

Imagem 2 – Conceito inicial de kit didático formulado.



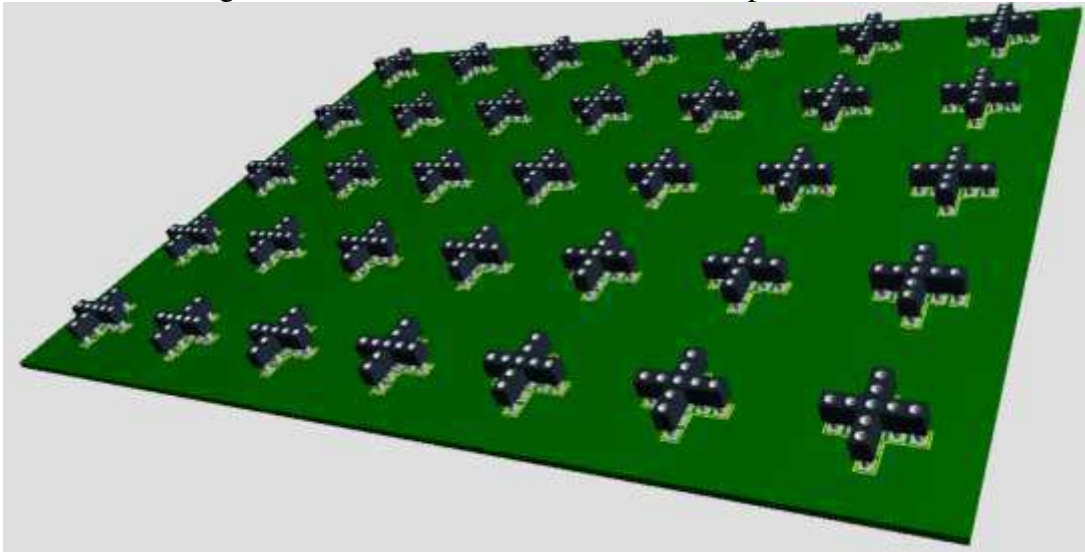
**FONTE:** Fotografia retirada durante as montagens.

Com o objetivo de manter o módulo didático em patamares considerados de baixo custo, foram utilizadas simples “barras de pinos” para as conexões na placa. Este novo conceito foi adotado para a continuação dos trabalhos e posteriormente foram produzidos os componentes adequados à montagem nesta placa.

### 5.3 PROJETO DOS *LAYOUTS* DAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

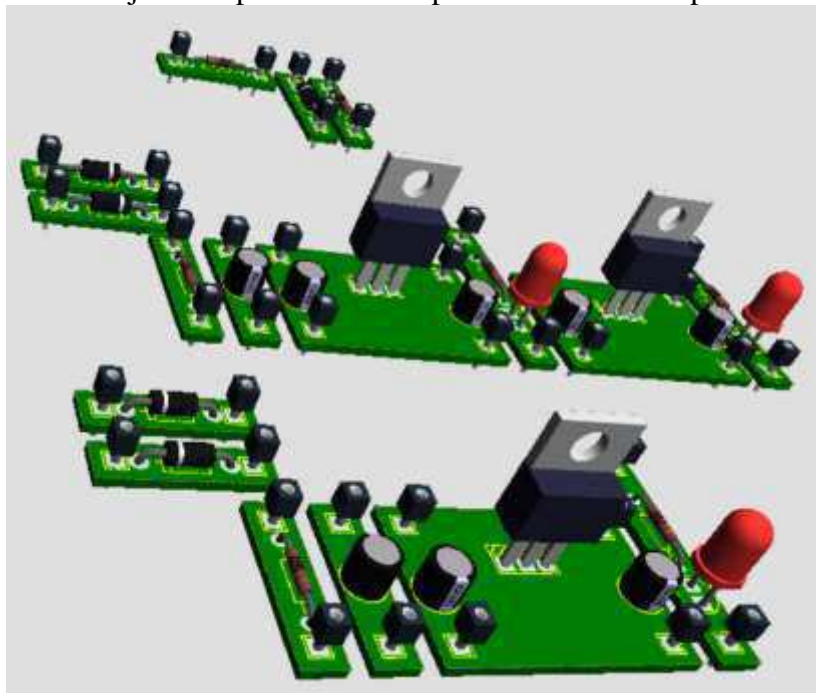
Também devem ser destacados os resultados das atividades relacionadas ao *layout* das placas de circuito impresso, afinal, foi a partir dos modelos 3D gerados com o *software* ARES do Proteus, adequado a este tipo de projetos, que foi possível fabricar as PCIs. Os resultados para a placa comum e para os componentes a serem inseridos na placa comum, podem ser visualizados nas figuras 9 e 10 a seguir:

Figura 9 – Placa de contatos comum aos experimentos.



FONTE: Ilustração criada pelo autor.

Figura 10 – Projeto das placas dos componentes com os respectivos *shields*.



FONTE: Ilustração criada pelo autor.

#### 5.4 MONTAGEM DOS PROTÓTIPOS EXPERIMENTAIS E TESTES

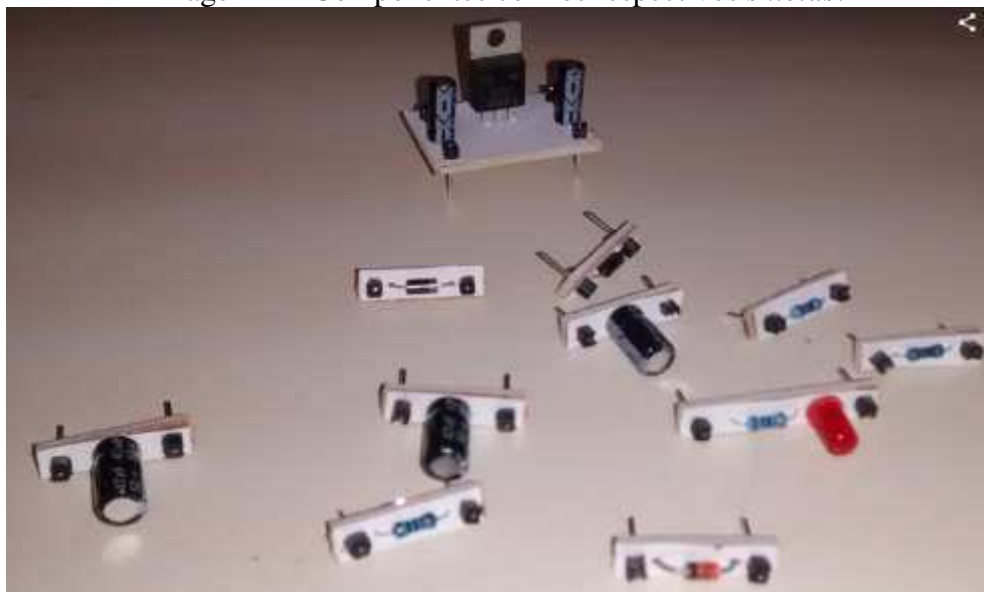
Após os projetos de layout das placas, vieram as atividades de fabricação das mesmas, incluindo a soldagem dos componentes e a realização dos devidos testes. As placas do módulo didático desenvolvido podem ser vistas a seguir:

Imagem 3 – Protótipo experimental montado para transferência de energia sem fio.



FONTE: Fotografia retirada durante as montagens.

Imagem 4 – Componentes com os respectivos *shields*.



FONTE: Fotografia retirada durante as montagens.

As placas desenvolvidas se referem aos experimentos de teoria e aplicações de diodos. Com relação aos demais temas da disciplina, foram deixados documentações e *scripts* que podem auxiliar a confecção dos mesmos.

Os testes realizados foram bem-sucedidos, e constatou-se que de fato o kit contempla a ideia inicial de baixo custo, pelo que, de acordo com a lista que pode ser verificada no apêndice B, os custos relacionados aos materiais e componentes não ultrapassaram o valor de R\$40,00. É muito provável que incluindo os componentes relacionados aos experimentos de MOSFETs e BJT, os custos ainda assim não ultrapassem o valor de R\$50,00.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as atividades realizadas durante o estágio, incluindo as simulações, montagens, elaboração de planilhas, projeto de *layout*, entre outras, foram importantíssimas no desenvolvimento do aluno, especialmente no âmbito de projetos.

A sequência de procedimentos adotados – iniciando-se com revisão bibliográfica acerca dos kits didáticos disponíveis no mercado, partindo para a escolha e simulação dos circuitos e por conseguinte as definições acerca do conceito didático do kit junto com sua respectiva montagem – foram bastante estratégicas e geraram resultados bastante satisfatórios. Destaca-se também, o desenvolvimento do senso crítico de engenharia durante o trabalho, no momento em que foi necessário conceber o kit didático como produto, pensando não somente nos custos materiais e operacionais relacionados à sua fabricação, mas também raciocinando do ponto de vista do aluno, o usuário do módulo didático.

Por fim, as atividades foram importantes para o auxílio do ensino-aprendizagem da disciplina de Laboratório de Dispositivos Eletrônicos, que era o objetivo inicial dos trabalhos. Os módulos desenvolvidos podem não só auxiliar as atividades no presente, mas principalmente servir de pontapé inicial a possíveis melhorias no kit a fim de, por exemplo, contemplar uma extensão maior de conteúdos de eletrônica.

## **7 TRABALHOS FUTUROS**

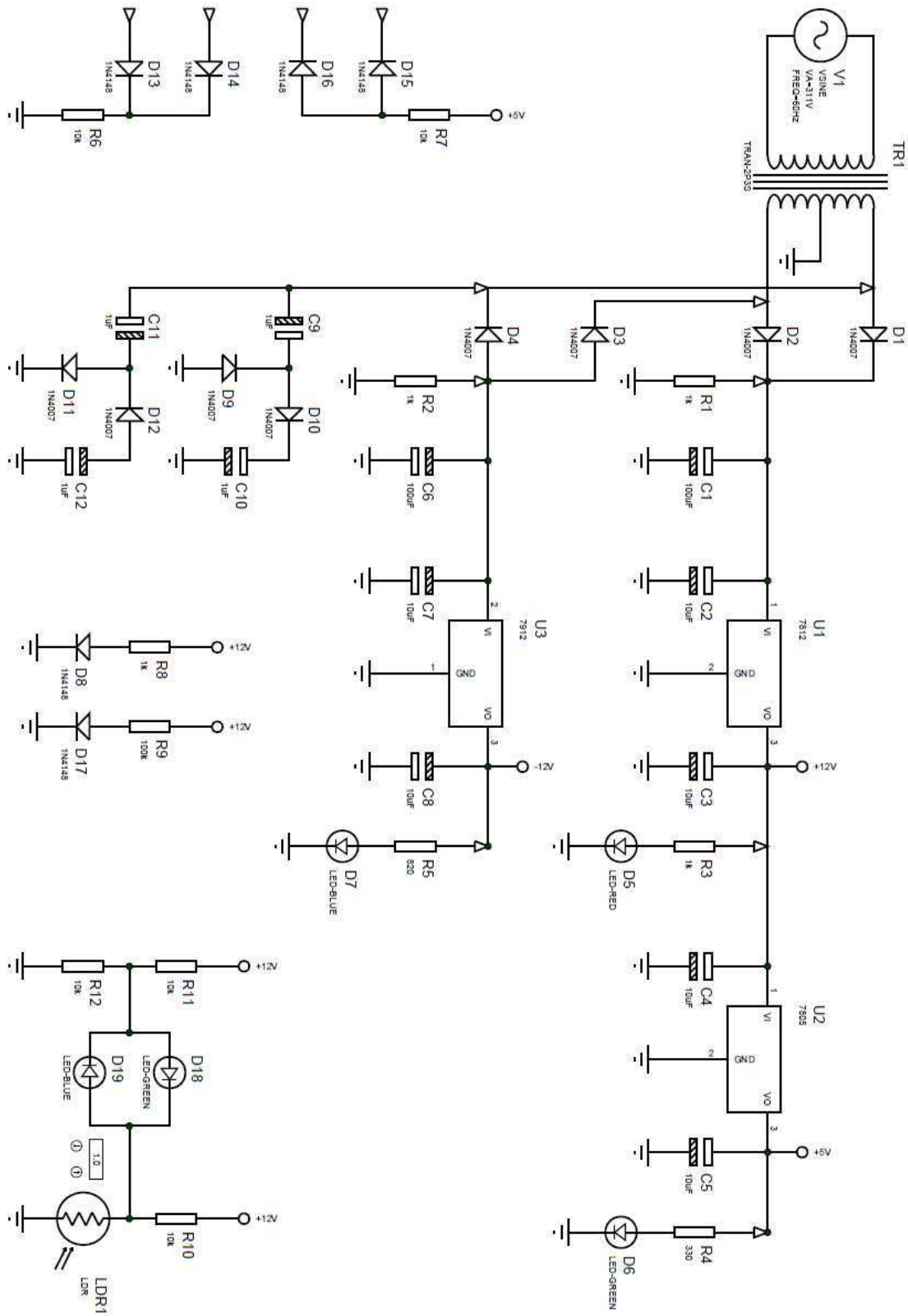
Objetivando futuras publicações, os trabalhos podem ser estendidos para experimentos com transistores BJTs e MOSFETs, esgotando o conteúdo da disciplina de Laboratório de Dispositivos Eletrônicos. Além disso, a documentação deixada como legado para o laboratório permite a fabricação de novas versões e novos modelos de kit didático, se necessário, bem como o aprimoramento do módulo já existente. Não há dúvidas de que os trabalhos daqui para frente terão um ponto de partida bastante sólido contendo um conjunto de referências, vídeos, resumos, modelos 3D, entre outros, que serão bastante úteis na continuação das atividades.

## 8 REFERÊNCIAS

- [1] MARTINS, Carlos Augusto P. da S., MACHADO, Felipe Mascarenhas Franchini. *DidacTronic: A Low-cost and Portable Didactic Lab for Electronics*. *Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, 2016.
- [2] CORDEIRO, Armando, FOITO, Daniel, GUERREIRO Manuel. *Power Electronics Didactic Modules for Direct Current Machine Control*. *Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2009. POWERENG '09. International Conference on*.
- [3] NERGUIZIAN, Vam, KANE, Hamdjatou, et al. *Lab at Home for Analog Electronic Circuit Laboratory*. *e-Learning in Industrial Electronics (ICELIE)*, 2012 6th IEEE International Conference on.
- [4] MALVINO, Albert. **Eletrônica Vol. 1**. 4ª Edição. São Paulo. Pearson Education, 1997.
- [5] NILSSON, James W., RIEDEL, Susan A. **Circuitos Elétricos**. 6ª Edição. Rio de Janeiro. LTC, 2003.
- [6] BOYLESTAD, Robert. **Introdução à Análise de Circuitos Elétricos**. 10ª Edição. Rio De Janeiro. PHB, 2006.
- [7] BOYLESTAD, Robert. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 10ª Edição. Rio De Janeiro. PHB, 2006.
- [8] SOUZA FILHO, Eurico Bezerra de. **Guia de Experimentos do Laboratório de Dispositivos Eletrônicos**. Campina Grande, 2014.
- [9] ARAUJO, Jalberth Fernandes de. **Guia de Experimentos do Laboratório de Dispositivos Eletrônicos**. Campina Grande, 2017.
- [10] VIANA, Isabelli P., LIMA, Welton S., et al. *Didactic Kit for Pratical Testing of the Basic Switched Mode Power Supply Topologies*. *Power Electronics Conference (COBEP), 2013 Brazilian*.
- [11] [https://www.ld-didactic.de/documents/en-US/GA/GA/7/735/735297de.pdf?\\_ga](https://www.ld-didactic.de/documents/en-US/GA/GA/7/735/735297de.pdf?_ga)  
LEYBOLD. *Universal converter 3 x 230 V*. Hurth, 2017. 7 páginas. Acesso em 05/12/2017.
- [12] [https://www.ld-didactic.de/documents/en-US/EXP/P/P4/P4211\\_e.pdf?\\_ga](https://www.ld-didactic.de/documents/en-US/EXP/P/P4/P4211_e.pdf?_ga)  
LEYBOLD. *Operational Amplifier: Internal design of an operational amplifier*. Hurth, 2017. 7 páginas. Acesso em 06/12/2017.

# 9 APÊNDICES

## APÊNDICE A





## APÊNDICE B

<b>LISTA DE COMPONENTES/MATERIAIS - Kit Didático</b>						
<b>TIPO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIÇÃO NA PLACA</b>	<b>QTD.</b>	<b>VALOR</b>	<b>PREÇO MÉDIO (R\$) (UN.)</b>	<b>TOTAL PARCIAL (R\$)</b>
Transformador	Center Tape	TR1	1	12V+12V	17,78	17,78
Diodo	1N4007	D1-D4, D9-D12	8	-	0,09	0,72
Diodo	1N4148	D8, D13-D17	6	-	0,05	0,3
LED	Vermelho 5mm	D5	1	-	0,10	0,1
LED	Verde 5mm	D6, D18	2	-	0,11	0,22
LED	Azul 5mm	D7, D19	2	-	0,50	1
Resistor	-	R1-R3, R8	4	1k	0,05	0,2
Resistor	-	R4	1	330R	0,05	0,05
Resistor	-	R5	1	820R	0,05	0,05
Resistor	-	R6, R7, R10-R12	5	10k	0,05	0,25
Resistor	-	R9	1	100k	0,05	0,05
Capacitor	-	C1, C6	2	100uF	0,15	0,3
Capacitor	-	C2-C5, C7, C8	6	10uF	0,06	0,36
Capacitor	-	C9-C12	2	1uF	0,04	0,08
Sensor	LDR 5mm	LDR1	1	-	0,41	0,41
CI	LM7812	U1	1	-	0,91	0,91
CI	LM7912	U2	1	-	1,13	1,13
CI	LM7805	U3	1	-	0,86	0,86
Barra de Pinos	Macho	-	2	-	0,45	0,90
Barra de Pinos	Fêmea	-	5	-	0,85	4,25
Placa Fenolite	10x20cm	-	2	-	4,49	8,98
<b>Fonte: <a href="https://www.soldafria.com.br/">https://www.soldafria.com.br/</a>. Acesso em 24/01/2018.</b>						<b>TOTAL:</b>
						38,90

## APÊNDICE C

Lista de componentes relativos às tarefas para projeto da fonte:

- 1 Transformador 12V+12V com derivação central;
- 4 diodos 1N4007;
- 1 capacitor de filtro de 100uF;
- 4 capacitores de 10uF;
- 1 CI LM7812;
- 1 CI LM7912;
- 1 CI LM7805;
- 1 resistor de 820R;
- 1 resistor de 1k;
- 1 resistor de 330R;
- 3 LEDs 5mm (1 azul, 1 vermelho e 1 verde);

Lista de componentes relativos às tarefas de circuitos grampeadores, detectores de pico e multiplicadores de tensão:

- 4 capacitores de 10uF;
- 4 diodos 1N4007;
- 1 resistor 10k;

Lista de componentes relativos às tarefas de circuitos de portas lógicas com diodos:

- 4 diodos 1N4148;
- 2 resistores de 10k;

Lista de componentes relativos às tarefas de circuito sensor de temperatura:

- 2 diodos 1N4148;
- 1 resistor de 1k;
- 1 resistor de 100k;

Circuitos relativos às tarefas de Ponte de Wheatstone com LDR:

- 3 resistores de 10k;
- 2 LEDs (azul e verde);
- 1 LDR 5mm;