

**ETEC EURO ALBINO DE SOUZA**

**ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL DE TÉCNICO**

**EM ELETRÔNICA**

**ANA VITÓRIA CARVALHO  
LUIZ GUSTAVO DIAS SILVA FÉLIX  
GABRIELLY VITÓRIA DO COUTO SANTANA**

**ESTAÇÃO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS ELETRÔNICAS**

Mogi Guaçu – SP  
2024

**ETEC EURO ALBINO DE SOUZA**

**ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL DE TÉCNICO**

**EM ELETRÔNICA**

**ANA VITÓRIA CARVALHO  
LUIZ GUSTAVO DIAS SILVA FÉLIX  
GABRIELLY VITÓRIA DO COUTO SANTANA**

**ESTAÇÃO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS ELETRÔNICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec Euro Albino de Souza, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, submetida à banca examinadora do curso Ensino Médio com Habilitação Profissional, como requisito para obtenção do diploma de Técnico em Eletrônica.

**Orientador:** Prof. Ms. Diogo Pedriali.

C331e Carvalho, Ana Vitória; Félix, Luiz Gustavo Dias Silva; Santana, Gabrielly  
Vitória do Couto.

Estação de Fabricação de Placas Eletrônicas – Mogi Guaçu/SP,  
2024.

48 p.

Trabalho de Conclusão do Curso de Ensino Médio com Habilitação  
Profissional de Técnico em Eletrônica da ETEC Auro Albino de Souza  
de Mogi Guaçu.

Orientador: Professor Mestre Diogo Pedriali

I. Placa de Circuito Impresso II. Eletrônica III. Fabricação de Placa.

CDD: 621.381 2

**ETEC EURO ALBINO DE SOUZA**

**ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL DE TÉCNICO**

**EM ELETRÔNICA**

**ANA VITÓRIA CARVALHO  
LUIZ GUSTAVO DIAS SILVA FÉLIX  
GABRIELLY VITÓRIA DO COUTO SANTANA**

**ESTAÇÃO DE FABRICAÇÃO DE PLACAS ELETRÔNICAS**

Monografia aprovada por banca examinadora em 18 de novembro de 2024.

**Banca Examinadora:**

Prof. Diogo Pedriali – (Orientador)  
Prof. Cícero Augusto Queiroz de Mello  
Prof. Luis Carlos Pompeu

Mogi Guaçu – SP  
2024

## **DEDICATÓRIA**

Dedicamos esta monografia aos professores, coordenadores e colegas, que nos acompanharam nesta jornada, e que, apesar de todos os empecilhos neste caminho, nos ampararam e incentivaram a continuar com o nosso projeto.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos familiares e amigos dos membros do grupo.

A todos os professores do curso de eletrônica, com menção honrosa ao professor Cícero Augusto Queiroz de Mello que foi nosso principal motivador.

Agradeço, especialmente, ao meu orientador, professor Diogo Pedriali pelo seu apoio.

À ETEC Euro Albino de Souza.

E a todos da coordenação.

“Quando a educação não é libertadora,  
o sonho do oprimido é ser o opressor...”

Paulo Freire, 1987.

## RESUMO

Esta monografia apresenta o projeto de uma Estação de Fabricação de Placas Eletrônicas, utilizando técnicas e ferramentas alternativas e acessíveis. Em consequência da ausência de um meio de fabricação de PCI, nos laboratórios de Eletrônica da ETEC Euro Albino de Souza, surge a possibilidade de desenvolvemos um projeto que supra essa necessidade, para auxiliar estudantes da área de eletrônica, na fabricação de placas de circuito impressos para desenvolvimento de projetos. Desta forma, se faz necessário o desenvolvimento desse protótipo. A relevância deste projeto reside no fato de verificar a importância para a área, em razão da inexistência de ferramentas que auxiliam no andamento das aulas. Para elaborar este projeto, as metodologias científicas adotada foram a pesquisa bibliográfica, onde através de um levantamento de informações e conhecimentos acerca de um tema a partir de diferentes materiais bibliográficos já publicados, colocando em diálogo diferentes autores e dados, enquanto a outra metodologia utilizada foi a de pesquisa exploratória que busca sobre determinado fenômeno ou problema, de forma a aumentar a familiaridade com ele e formular problemas e hipóteses mais precisos. Com o desenvolvimento deste projeto, propõe-se a criar um protótipo de baixo custo, onde pode ser facilmente replicável, assim podendo ser útil para várias pessoas.

**Palavras-chave:** Placa de Circuito Impresso (PCI), Eletrônica, Estação de Fabricação de PCB, Placa Eletrônica.

## ABSTRACT

This monograph presents the project of an Electronic Board Manufacturing Station, using alternative and accessible techniques and tools. As a result of the absence of a means of manufacturing PCB, in the Electronics laboratories of ETEC Euro Albino de Souza, the possibility arises of developing a project that meets this need, to help students in the electronics field, in the manufacture of printed circuit boards for project development. Therefore, the development of this prototype is necessary. The relevance of this project lies in the fact that it verifies the importance for the area, due to the lack of tools that help in the progress of classes. To develop this project, the scientific methodologies adopted were bibliographic research, where through a survey of information and knowledge about a topic from different bibliographic materials already published, putting different authors and data into dialogue, while the other methodology used was exploratory research that searches for a specific phenomenon or problem, in order to increase familiarity with it and formulate more precise problems and hypotheses. With the development of this project, it is proposed to create a low-cost prototype, which can be easily replicated, thus being useful to several people.

**Key words:** Printed Circuit Board (PCB), Electronics, PCB Fabrication Station, Electronic Board.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de PCB.....	19
Figura 2 - Placa de uma face.....	19
Figura 3 - Placa de dupla face.....	20
Figura 4 - Placa de Multicamadas.....	20
Figura 5 - Placa rígida.....	21
Figura 6 - Placa Flexível.....	21
Figura 7 - Placa rígida-flexível.....	22
Figura 8 – Fluxograma do desenvolvimento do projeto.....	29
Figura 9 – Fluxograma do processo de fabricação utilizando os protótipos .....	30
Figura 10 – Imagens da Centrífuga (Face Frontal).....	31
Figura 11 – Imagens da Centrífuga (Face Superior).....	31
Figura 12 – Centrífuga finalizada.....	32
Figura 13 – Diagrama Eletrônico Centrífuga.....	32
Figura 14 – Protótipo da Estufa.....	36
Figura 15 – Interior da Estufa.....	37
Figura 16 – Secagem da placa.....	38
Figura 17 – Termostato digital.....	38
Figura 18 – Diagrama Termostato.....	39
Figura 19 – Diagrama Estufa.....	40
Figura 20 – Diagrama CadeSimu Estufa.....	41
Figura 21 – Diagrama Eletrônico Caixa de Luz Negra.....	43
Figura 22– Estrutura Inicial da Caixa de Luz Negra.....	44
Figura 23 – Protótipo da Caixa de Luz Negra.....	44
Figura 24 – Protótipo da Caixa de Luz Negra (Ligada).....	45
Figura 25– Diagrama Eletrônico do Mixer.....	48
Figura 26 – Desenho da Estrutura do Mixer.....	49
Figura 27 – Protótipo do Mixer.....	50
Figura 28 – Protótipo Mixer Finalizado.....	50

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1– Orçamento Centrifuga .....	33
Tabela 2 – Orçamento Estufa.....	42
Tabela 3 – Orçamento Caixa de Luz Negra .....	46
Tabela 4 – Orçamento Mixer.....	52

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>ETEC</b>	Escolas Técnicas do Estados de São Paulo
<b>PCB</b>	<i>Printed Circuit Board</i>
<b>UV</b>	Ultravioleta
<b>nm</b>	Nanômetro
<b>V</b>	Volts
<b>Rpm</b>	Rotações por minuto
<b>CM</b>	Centímetro

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVO GERAL .....	15
1.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA.....	16
1.2.1	ANÁLISE FINANCEIRA .....	16
1.2.2	ANÁLISE SOCIAL.....	16
1.2.3	ANÁLISE AMBIENTAL.....	16
1.2.4	ANÁLISE DE SEGURANÇA .....	16
1.3	RELEVÂNCIA .....	17
1.4	ACESSIBILIDADE.....	17
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>18</b>
2.1	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1.1	METODOLOGIA CIENTÍFICA .....	18
2.2	CONCEITOS BÁSICOS DE PLACAS ELETRÔNICAS.....	18
2.2.1	TIPOS DE PLACAS ELETRÔNICAS.....	19
2.3	COMPONENTES TÍPICOS DE PLACAS ELETRÔNICAS .....	22
2.4	TECNOLOGIAS DE FABRICAÇÃO DE PLACAS .....	23
2.4.1	BASE .....	24
2.4.2	ENCAPSULAMENTO .....	24
2.4.3	IMPRESSÃO.....	24
2.4.4	CORROSÃO .....	25
2.4.5	PERFURAÇÃO .....	25
2.4.6	DEMAIS PROCESSOS.....	26
2.5	FABRICAÇÃO UTILIZANDO TINTA FOTOSSENSÍVEL .....	26
2.5.1	RECURSOS NECESSÁRIOS.....	26
2.5.2	ETAPAS DE FABRICAÇÃO.....	27
2.6	RISCOS .....	27
2.7	DIFERENCIAIS .....	28
2.8	RECOMENDAÇÕES.....	28
<b>3</b>	<b>CONSTRUÇÃO DO PROTOTÍPO .....</b>	<b>29</b>
3.1	CENTRÍFUGA.....	30
3.1.1	PROTÓTIPO.....	30

3.1.2	MATERIAIS UTILIZADOS.....	33
3.1.3	MANUAL DE USO .....	33
3.2	ESTUFA.....	34
3.2.1	PROCESSO DE SECAGEM.....	34
3.2.2	PROTÓTIPO.....	35
3.2.3	MANUAL DE USO .....	41
3.2.4	LISTA DE MATERIAIS.....	41
3.3	CAIXA DE LUZ NEGRA.....	42
3.3.1	PROTÓTIPO.....	43
3.3.2	MATERIAIS UTILIZADOS.....	45
3.3.3	MANUAL DE USO .....	46
3.4	MIXER.....	46
3.4.1	PROTÓTIPO.....	47
3.4.2	MATERIAIS UTILIZADOS.....	51
3.4.3	MANUAL DE USO .....	52
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>54</b>
4.1	TRABALHOS FUTUROS .....	54
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Este é o projeto uma estação de fabricação de placas eletrônicas que consiste em uma linha de produção de PCI. Responsável por agilizar a fabricação de circuitos impressos, sendo um método mais eficaz no desenvolvimento dos protótipos, além de reduzir o prazo de produção.

Essas estações são divididas em etapas específicas que facilitam o processo de projetos. Escolhemos desenvolver quatro etapas específicas, sendo elas as mais importantes do processo de fabricação; a centrífuga sendo desenvolvida para a aplicação uniforme da tinta fotossensível; a estufa para o processo de secagem da placa; a caixa de luz ultravioleta para fixação das trilhas e por fim o *mixer* de percloroetano de ferro para corrosão da placa.

Foi constatada a falta de um protótipo parecido com este no mercado, que englobasse essas etapas de fabricação formando um só projeto, onde através de pesquisas exploratórias buscou-se assuntos relacionados a esta área e decidiu-se construir um projeto de própria autoria, transformando essas etapas englobadas em um só projeto. Observou-se também a falta de materiais específicos para o desenvolvimento de protótipos na escola ETEC Euro Albino de Souza, e em razão disso desenvolvemos esse projeto onde nosso público é os estudantes da área industrial.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O projeto tem como objetivo central, o desenvolvimento de uma alternativa para ser utilizada no processo de fabricação de Placas de Circuito Impresso, visando auxiliar estudantes e professores de cursos da indústria, na criação de projetos, sendo um método mais eficaz no desenvolvimento dos protótipos, além de reduzir os custos de produção.

### 1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O projeto tem como objetivo central, o desenvolvimento de uma alternativa para ser utilizada no processo de fabricação de Placas de Circuito Impresso, visando auxiliar estudantes e professores de cursos da indústria, na criação de projetos, sendo um método mais eficaz no desenvolvimento dos protótipos, além de reduzir os custos de produção.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Se viu necessário elaborar uma maneira de fabricar projetos eletrônicos em pequena escala e em curto espaço de tempo, após constatar a ausência de meios de auxílio na construção de protótipos por alunos e orientadores assim como a falta de artigos que abordem esse tema.

### 1.2.1 ANÁLISE FINANCEIRA

Teve-se a ideia de produzir um projeto que utilizasse de meios mais acessíveis e materiais reciclados, com os objetivos de tornar-se algo facilmente replicável, utilizando de métodos simplórios, possibilitando que os leitores deste artigo possam então reproduzir de forma descomplicada, assim disseminando o conhecimento acerca desse tópico.

### 1.2.2 ANÁLISE SOCIAL

Esse projeto colabora com o desenvolvimento de protótipos para alunos da área da indústria com o intuito de facilitar e agilizar o processo através da automação, amparando também os professores em suas aulas, possibilitando uma melhoria na didática.

### 1.2.3 ANÁLISE AMBIENTAL

Esse projeto não visa o impacto direto na luta ambiental, mas buscou um caminho ecologicamente correto que não prejudicasse o meio ambiente, e que reduzisse o máximo de desperdício desnecessário de materiais, além de utilizar da reciclagem de componentes eletrônicos e objetos sem uso prévio.

### 1.2.4 ANÁLISE DE SEGURANÇA

Com o objetivo de reduzir os riscos de danos aos usuários, foi pensado em alternativas que diminuam o contato direto com substâncias que apresentam um risco aos indivíduos, ou objetos cortantes que podem resultar em acidentes, garantindo a segurança durante sua utilização, ainda sim existe a possibilidade de acidentes, por esse motivo é importante seguir as recomendações de uso.

### **1.3 RELEVÂNCIA**

A relevância deste projeto está na sua utilidade para os alunos de indústria da ETEC Euro Albino de Souza onde através do protótipo eles o usaram para fazer projetos do curso como também poderá ser usado como apoio para os professores em suas aulas, as tornando mais dinâmicas, rápidas e intuitivas acelerando as aulas e o desenvolvimento de projetos.

### **1.4 ACESSIBILIDADE**

Esse projeto foi desenvolvido com o intuito de ser acessível a todos, pelo seu baixo custo de fabricação, sendo facilmente replicável usando materiais acessíveis, por qualquer um que se interesse, além de utilizar uma linguagem que pode ser facilmente entendida.

## 2 DESENVOLVIMENTO

O capítulo do desenvolvimento deste projeto servirá de aprofundamento nos conhecimentos de placas eletrônicas através de seus conceitos básicos, componentes típicos, suas tecnologias de fabricação, e como fazer uma PCB através de tinta fotossensível, além de se mencionar nosso referencial teórico, nossa metodologia usada, os riscos, melhorias, aspectos positivos e os diferenciais.

### 2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

Durante as pesquisas encontraram-se poucos dados sobre o tema abordado, sendo achado somente um vídeo no YouTube do canal "Marlon Nardi" onde foi apresentado um projeto semelhante, também foi achado no site "Vida de Silício" um artigo ensinando a reproduzir um projeto similar com o projeto desenvolvido.

#### 2.1.1 METODOLOGIA CIENTÍFICA

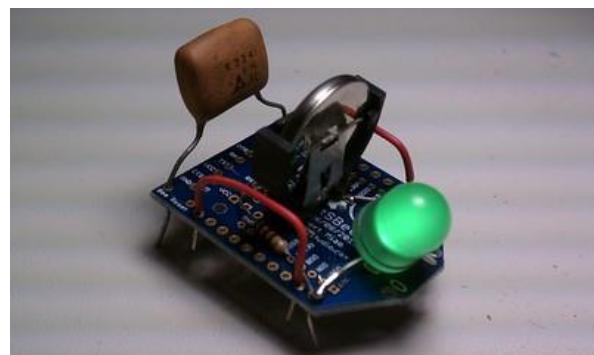
Foi usado da pesquisa bibliográfica onde através de um levantamento de informações e conhecimentos acerca de um tema a partir de diferentes materiais bibliográficos já publicados, colocando em diálogo diferentes autores e dados. A outra metodologia usada foi a de pesquisa exploratória que busca sobre determinado fenômeno ou problema, de forma a aumentar a familiaridade com ele e formular problemas e hipóteses mais precisos. Geralmente, trata-se de uma pesquisa bibliográfica ou um estudo de caso.

### 2.2 CONCEITOS BÁSICOS DE PLACAS ELETRÔNICAS

As placas eletrônicas são a parte mais importante de qualquer projeto, nele todos os componentes de um projeto são integrados, são usados para produção de todos os equipamentos eletrônicos modernos, sendo de extrema importância tecnológica. A origem das placas que conhecemos hoje foi no ano de 1936, onde o engenheiro austríaco Paul Eisler (1907-1995), que na época trabalhava na Inglaterra e criou um método de corroer uma camada fina de cobre que cobria uma superfície isolante. Também pode ser datado outra criação nos Estados Unidos, onde Charles Ducas colocava sobre um material isolante uma tinta condutiva, criando-se o termo "Circuito Impresso".

Pode-se considerar o primeiro grande uso das placas eletrônicas no ano de 1943 durante a Segunda Grande Guerra Mundial, onde foram incrementados em rádios militares. Eles continuaram a ser usados após a guerra, principalmente com o advento dos transistores. As placas mais utilizadas em projetos são as chamada MCPCB (*Metal Clad Printed Circuit Board*), elas consistem em uma placa fina de alumínio (2mm a 3mm de espessura), onde são cobertas por óxido de alumínio, o tornando dielétrico, e então uma camada condutora de cobre é colocar por cima, elas são boas em dissipar o calor.

Figura 1 – Exemplo de PCB.



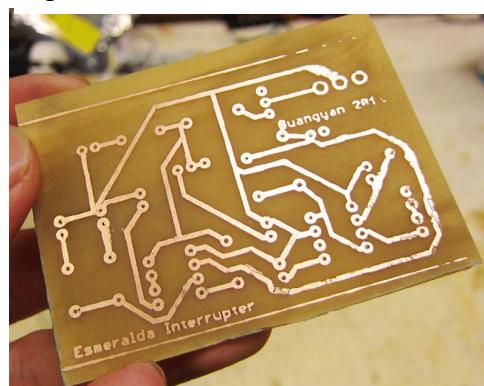
Fonte: Flickr (2007)

## 2.2.1 TIPOS DE PLACAS ELETRÔNICAS

Abaixo iremos ver os tipos de placas eletrônicas, e imagens delas:

**Placas de uma face:** Como o nome sugere as placas desse tipo tem o circuito impresso em um lado, são as mais comuns e mais baratas. Abaixo podemos ver um exemplo.

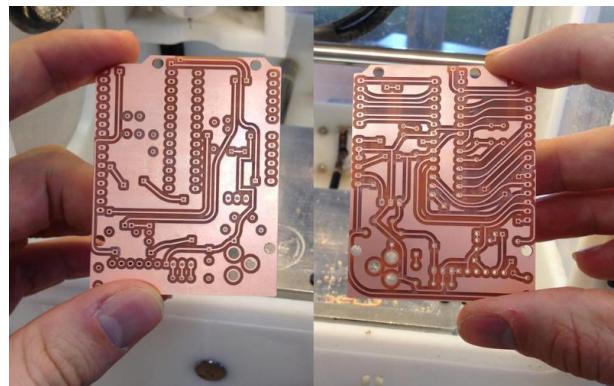
Figura 2 - Placa de uma face.



Fonte: Makerhero (2020)

**Placas dupla face:** Nelas o circuito dos dois lados da placa, sendo usadas para montar circuitos mais complexos.

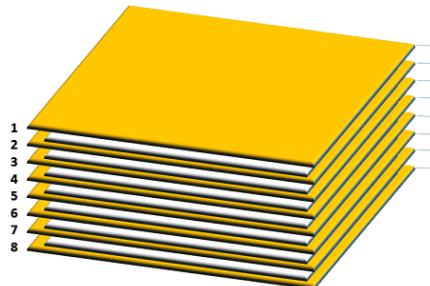
Figura 3 - Placa de dupla face.



Fonte: JarmindoPCBA (2023)

**Placas multicamadas:** Elas são compostas por três camadas de um material condutor, elas têm o propósito de otimizar e compactar o máximo possível de componentes em uma placa de tamanho menor.

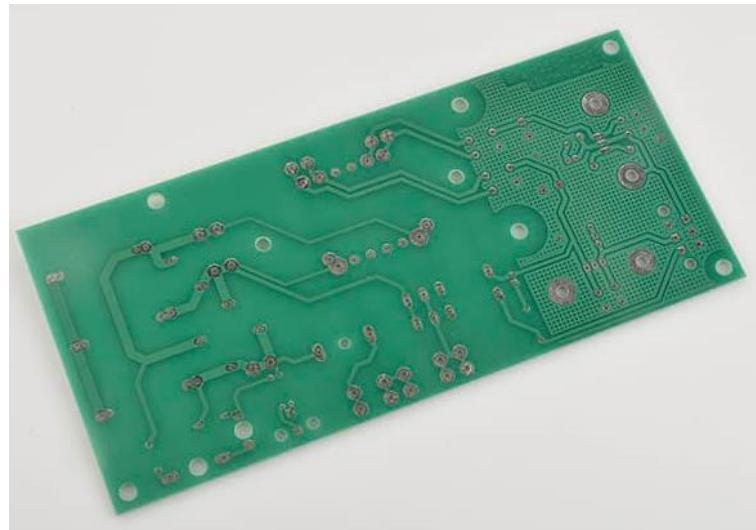
Figura 4 - Placa de Multicamadas.



Fonte: Embarcados (2013)

**Placas rígidas:** Nelas o material dielétrico (isolante) é feito com um material mais sólido, sendo um melhor isolante.

Figura 5 - Placa rígida.



Fonte: Moko Technology (2013)

**Placas flexíveis:** Elas são de um custo mais elevado por ser de um material flexível, com uma boa resistência térmica e propriedades isolantes superiores.

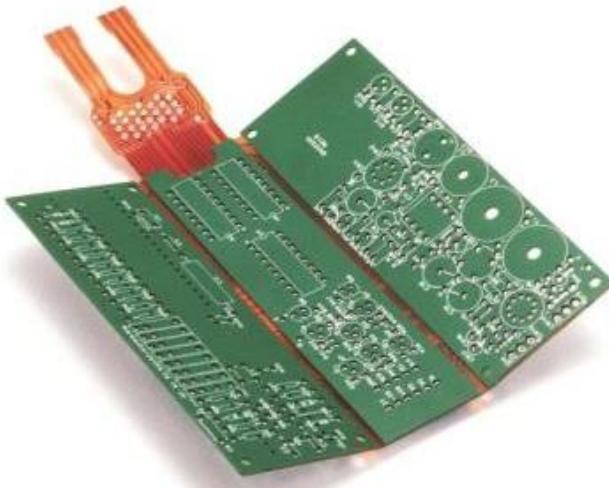
Figura 6 - Placa Flexível.



Fonte: Embarcados (2016)

**Placas rígido-flexível:** Muito versátil e tem um baixo custo, sendo usada para projetos que precisam de durabilidade mecânica e química.

Figura 7 - Placa rígida-flexível.



Fonte: Embarcados (2016)

### 2.3 COMPONENTES TÍPICOS DE PLACAS ELETRÔNICAS

Os componentes utilizados nas placas eletrônicas são muitos e todos são necessários para realizar determinados comandos alguns podem não ser tão típicos como os mencionados abaixo, mas se fazem presentes nos circuitos, como os botões, potenciômetros e displays.

**Resistores:** São os componentes mais utilizados nas placas eletrônicas, sendo também os mais baratos, eles transformam a energia elétrica em energia térmica, sendo muito comum em diversos aparelhos eletrônicos. Nas placas eletrônicas eles são posicionados de determinadas maneiras, chamadas de associações, sendo elas a paralela, em série, e a chamada mista. Existem dois tipos de resistores, o fixo onde são feitos com um filme de carbono, em um de precisão e outros materiais. Já os variáveis são aqueles compostos por potenciômetros LDR ou NTC entre outras matérias, como o nome já descreve, eles podem ser alterados.

**Diodos:** Os diodos semicondutores são de extrema importância, onde esses componentes eletrônicos permitem que a corrente elétrica em um circuito faça a passagem em uma única direção a sua principal aplicação é agir como um retificador, convertendo corrente alternada em corrente contínua, uma pequena quantidade de energia é gasta para que este funcione corretamente quando uma corrente elétrica passa através dele, isso pode ser percebido quando um diodo superaquece e ocorre

uma queda de tensão de 0.7 Volts. Portanto quanto maior a corrente, mais poder ele terá de aquecer. Os LED (*Light Emitting Diode*) são componentes extremamente comuns em circuitos, nada mais são que diodos que emitem luz, basicamente eles convertem energia elétrica em luz, sendo muito utilizados para demonstrações em projetos, e em sinais de alerta, eles consomem bem menos energia que outros meios de produção de luz.

**Capacitores:** Os capacitores têm a capacidade de armazenar energia eletroestática quando uma corrente elétrica passa por ele, isso ocorre com o acúmulo de cargas elétricas. Sua principal utilidade é armazenar essa energia e depois descarregá-la, eles podem ser feitos de cerâmica, de poliéster, mica, entre outros.

**Transistor:** O transistor é um componente eletrônico semicondutor composto por três camadas, usado na construção de chips eletrônicos, onde são usados para produção de equipamentos modernos. Feito com de silício ou germânio, o transistor consegue amplificar e produzir sinais, e é muito utilizado em operações de chaveamento. É construído pela junção de 3 materiais semicondutores, eles alternam entre os de tipo P (polaridade positiva), e os do tipo N (polaridade negativa), dependendo da configuração se cria dois tipos de transistores, os PNP, e o NPN.

**CI:** Os circuitos integrados são utilizados em basicamente todos os equipamentos eletrônicos modernos onde nele ocorre uma integração de múltiplos componentes eletrônicos em miniatura, como resistores, capacitores, entre outros. Os circuitos integrados conseguem realizar múltiplas funções e tarefas de extrema complexidade, isso ocorre por ter muitos componentes integrados em um único componente, além de tudo isso ele acaba sendo mais custo-benefício pelas suas grandes capacidades. O CI mais comum é o CI 555, que é composto por um GND, um *trigger*, um *output*, um *reset*, um *control voltage*, um *threshold*, um *discharge*, e um VCC.

## 2.4 TECNOLOGIAS DE FABRICAÇÃO DE PLACAS

Durante a fabricação de uma placa eletrônica, muitos métodos podem ser usados, sejam eles mais caseiros ou mais profissionais, essa escolha influencia diretamente no resultado, no funcionamento, na durabilidade, no acabamento e na estética da PCI. Abaixo está listado alguns dos métodos que podem ser utilizados e a justificativa dos métodos escolhidos para desenvolvimento desta estação de fabricação.

### **2.4.1 BASE**

Inicialmente, quando planeja-se confeccionar uma placa eletrônica é necessário primeiro decidir sua base, dentre tantas opções temos um material conhecido como fenolite, composto de resina fenólica que possui função isolante, este leva papel triturado ou serragem e é revestido com uma camada de cobre/alumínio, temos também a placa composta de fibra de vidro e resina epóxi, que permitem o uso de mais de uma camada, além da mistura de fibra de vidro com fenolite e a placa *metalcore*, também a base de alumínio ou cobre e um isolante. A base escolhida para esse projeto foi o fenolite, mas poderia ser substituída por qualquer uma das opções, com exceção daquelas que possuem mais de uma camada. O corte do fenolite nas dimensões do circuito elétrico normalmente é feito manualmente, com isso o acabamento se torna grosseiro e sem precisão, além de expor o estudante e/ou professor ao risco de acidentes, por esses motivos temos em mente futuramente idealizar uma etapa de corte.

### **2.4.2 ENCAPSULAMENTO**

Existem dois tipos de encapsulamentos, sendo eles PTH(*Pin Through Hole*) e SMD(*Surface Mounted Device*), a escolha do encapsulamento afeta diretamente na confecção da placa pois cada uma demanda de um processo diferente, o encapsulamento PTH, conhecido como “terminal inserido no furo” necessita da perfuração da placa, o que pode impossibilitar o uso da parte traseira da placa, já o encapsulamento SMD permite que a parte traseira seja utilizada, pois a soldagem é feita na superfície e sem perfurações, este tipo de encapsulamento auxilia na redução dos gastos em materiais, mas em contrapartida tem maior complexidade já que necessita do auxílio de máquinas devido ao tamanho dos componentes que dificulta o manuseio e exige precisão. O encapsulamento utilizado neste projeto foi o PTH, por ser mais comum aos estudantes da área e por ter menor complexidade, além de ser mais acessível.

### **2.4.3 IMPRESSÃO**

A transferência da impressão para a superfície revestida com cobre pode ser feita de diversas formas, a mais comum é imprimir o layout do circuito (que pode ser feito em diversos softwares, sendo comum o uso do Proteus) em papel couchê

utilizando uma impressora a laser especificamente, este tipo de papel é conhecido por ser menos poroso, mais liso e uniforme, garantindo uma maior qualidade de impressão, outro método usado é o *dry film*, que também garante uma ótima qualidade. Mas o método que se destaca dentre esses é o filme líquido, também chamado de tinta fotossensível, com uma redução significativa nos custos de fabricação, é muito comum que nas indústrias seja aplicado por jatos de spray, mas também mostram excelentes resultados quando aplicados por rolos de tinta, por serigrafia, utilizando centrífugas e outros métodos.

#### **2.4.4 CORROSÃO**

A corrosão do cobre que reveste o fenolite é feito utilizando um agente corrosivo, nesse caso é usado o Percloreto de Ferro, essa solução necessita de agitação para agilizar o processo e é recomendado que não entre em contato com a pele pois pode causar danos. É importante ressaltar que o descarte do Percloreto de Ferro (Cloreto Férrico) tem uma maneira correta a ser seguida, após certo tempo de uso ele passa a ser considerado Cloreto Ferroso e Cloreto Cúprico, perdendo aos poucos seu efeito corrosivo, porém o descarte do líquido no sistema de esgoto pode prejudicar a estrutura do esgoto que é composta por materiais reativos a solução, além dos danos ambientais, pois os cátions de cobre são conhecidos por serem agentes fungicidas que podem comprometer a qualidade da água ao passar pelos tanques biológicos da estações e que será despejada na natureza. A maneira recomendada de descarte é através de um método que elimina o agente tóxico (cloreto cúprico), inserindo ferro sólido na solução, é comum utilizar palha de aço em razão do baixo custo, também é recomendado que a solução seja filtrada e após 24 horas pode ser devidamente descartada sem riscos para o meio ambiente, apesar da recomendação ser 48 horas. O prazo de descarte é de responsabilidade do usuário que deve realizar a troca e o descarte correto assim que perceber a diminuição do efeito corrosivo e observar um acúmulo de cobre no fundo do recipiente.

#### **2.4.5 PERFURAÇÃO**

Em relação a perfuração da placa para o encaixe dos componentes, não há muitas outras formas além da convencional quando pensamos na confecção caseira das placas eletrônicas, que é através do uso de uma furadeira, apenas podemos

idealizar um suporte que auxilie na precisão da perfuração e que também torne o processo mais seguro para o aluno.

#### **2.4.6 DEMAIS PROCESSOS**

Além destes processos, temos que nos atentar também a solda dos componentes, atualmente existem vários tipos de soldagem, seja por refluxo, em onda, manual, a laser etc. A prática mais comum no meio acadêmico é a soldagem manual por ser a mais acessível para os estudantes, apesar de ter sido a escolhida para usarmos como base para os estudos do projeto, esse tipo de soldagem pode apresentar alguns problemas como a falta de precisão, além do superaquecimento dos componentes e riscos de queimaduras, essas divergências podem servir de fonte de estudo para aprimoramentos futuros no projeto.

### **2.5 FABRICAÇÃO UTILIZANDO TINTA FOTOSSENSÍVEL**

A confecção de placas eletrônicas usando tinta fotossensível é uma opção muito utilizada em projetos caseiros por garantir um resultado preciso e ser relativamente simples sem necessidade de retoques, apesar de ter um custo mais elevado quando comparado a outros métodos, a tinta fotossensível tem como objetivo fixar as trilhas do circuito eletrônico e garantir que durante a corrosão elas continuem com a camada de cobre. Esse método exige que seus processos sejam seguidos a riscas e com equipamentos adequados.

#### **2.5.1 RECURSOS NECESSÁRIOS**

Abaixo estão listados os itens necessários para fabricação da placa usando as estações:

- Fenolite;
- Luz Ultravioleta;
- Tinta fotossensível;
- Percloreto de ferro;
- Centrífuga;
- Estufa;
- Barrilha ou bicarbonato de sódio;
- Rolo de tinta;

- Esponja de aço;
- Sabão;
- *Mixer*;
- Impressão do *layout* feita a *laser*.
- Folha transparente.

### **2.5.2 ETAPAS DE FABRICAÇÃO**

Abaixo está listado a maneira de se fabricar uma placa usando das estações:

- O circuito deve ser impresso com uma impressora a laser, com inversão de cores (a parte impressa será corroída);
- Realizar a limpeza da placa utilizando uma esponja de aço e sabão, para retirada da gordura;
- Pintar toda a superfície revestida com cobre da placa com a tinta fotossensível;
- Colocar a placa na centrífuga para uniformizar a tinta sobre a placa;
- Aguardar 15 min e então realizar a secagem da placa;
- Posicionar a impressão sobre a placa e então expor a luz ultravioleta por cerca de 3 a 5 minutos;
- Misturar em um recipiente 200 ml de água e meia colher de Barrilha para remover a tinta não-curada;
- Realizar a corrosão da placa com a solução de Percloro de Ferro, utilizando o mixer para que movimentar a placa até que todo o cobre indesejado seja totalmente retirado;
- Após a corrosão, realizar a lavagem da placa em água corrente e secá-la;
- Transferir a máscara de solda e realizar a solda dos componentes.

### **2.6 RISCOS**

Os riscos para segurança e saúde dos usuários são poucos, porém existem. Quando ao *mixer*, o percloro de ferro deve ser manuseado de forma cautelosa e deve ser evitado o contato com a pele, podendo levar a lesões. No caso da estufa, é necessário evitar o contato direto com a lâmpada, devido à alta temperatura. Também é recomendado que não manuseie a centrífuga durante o funcionamento para evitar ferimentos, e deve ser evitado o contato visual constante com a lâmpada de luz negra

## **2.7 DIFERENCIAIS**

O principal diferencial deste projeto consiste em seu baixo custo de produção, foram utilizadas soluções mais acessíveis, como por exemplo uma lâmpada de luz infravermelha na estufa, tornando-a mais em conta.

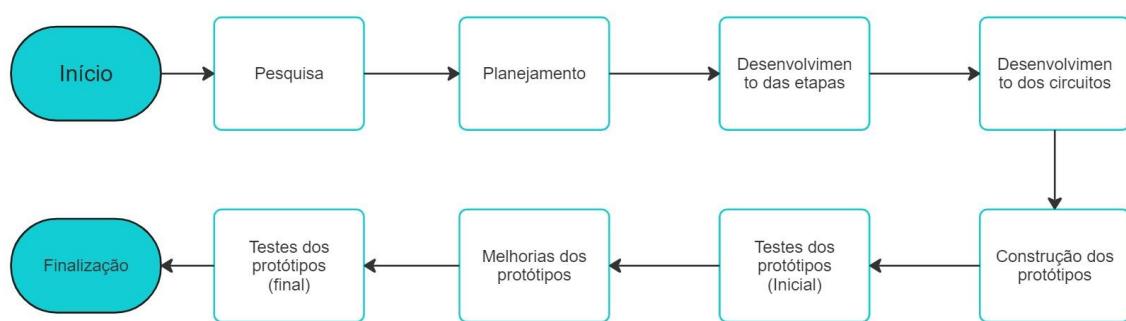
## **2.8 RECOMENDAÇÕES**

É recomendado armazenar os protótipos em um local onde apenas professores tenham acesso, permitindo a utilização mediante aviso para os alunos, visando preservar o projeto, assim como evitar o contato com a água para não afetar os circuitos e as madeiras.

### 3 CONSTRUÇÃO DO PROTOTÍPO

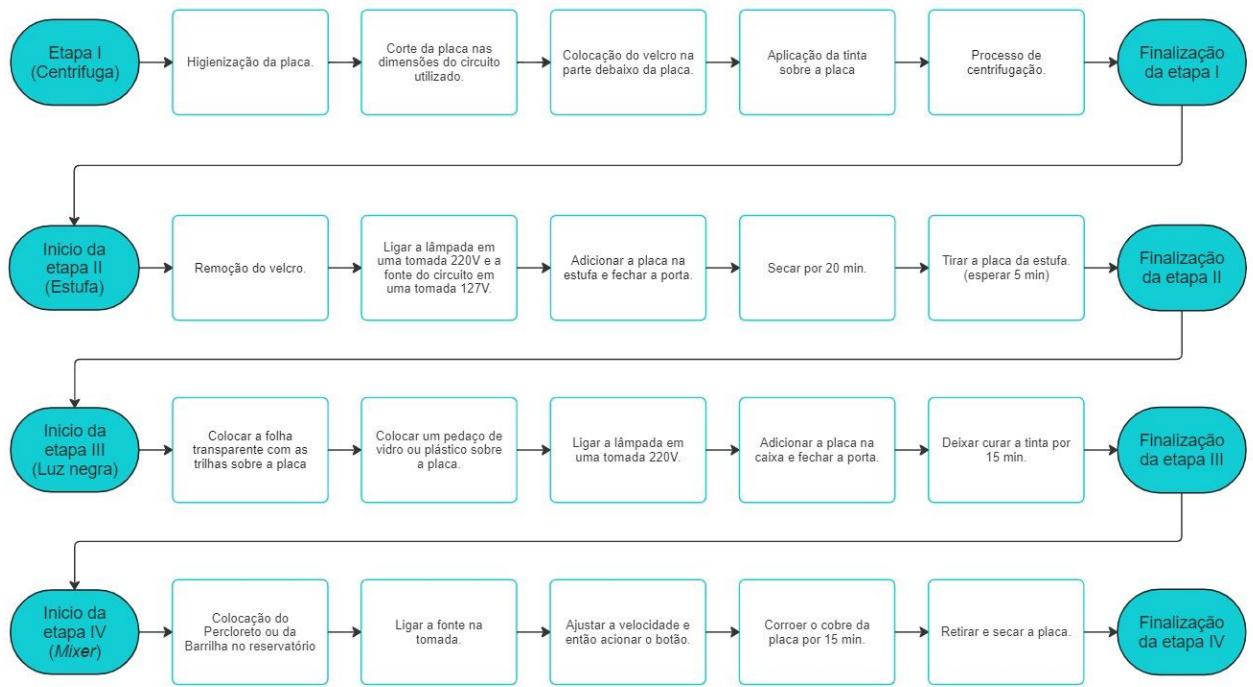
A construção dos protótipos foi dividida por etapas, onde cada participante elaborou e desenvolveu uma das etapas das estações, com exceção da centrifuga que foi desenvolvida em conjunto. Abaixo consta o detalhamento de cada uma dessas delas, contando com o desenvolvimento da estrutura, os materiais utilizados, os diagramas eletrônicos e os manuais de utilização. Abaixo podemos observar dois fluxogramas, um de como foi feito o desenvolvimento do projeto e o outro sobre o processo de fabricação utilizando os protótipos:

Figura 8 – Fluxograma do desenvolvimento do projeto.



Fonte: Autoria Própria

Figura 9 – Fluxograma do processo de fabricação utilizando os protótipos



Fonte: Autoria Própria

### 3.1 CENTRÍFUGA

A centrifuga tem como objetivo uniformizar a camada de tinta fotossensível sobre a placa de fenolite, este dispositivo funciona através da força centrífuga, que inspira seu nome, ela é responsável por “expelir” a tinta sobressalente do centro da placa, ou seja, do seu núcleo para fora dele. A força centrífuga está presente em muitos lugares, como em uma máquina de lavar roupas ou um liquidificador, que foi o material utilizado de base para este protótipo. Contraria a força centrífuga temos a força centrípeta, essa por sua vez possui o sentido oposto, parte exterior em direção ao núcleo, um exemplo de aplicação da força centrípeta é o chamado “Globo da Morte”.

#### 3.1.1 PROTÓTIPO

Para a montagem da centrífuga foram utilizados pedaços de madeira que posteriormente para montar uma caixa de 24 cm por 24 cm, desmontando um liquidificador Power Pu5435 127V, foi retirado dele seu motor, o suporte de rotação, e o controlador de potência, o motor então é fixado no fundo da caixa usando de

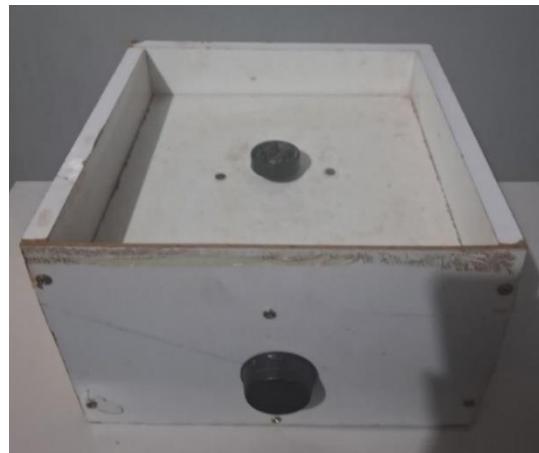
parafusos, uma placa de madeira então é colocada sobre ele o deixando coberto, já o suporte de rotação foi fixado em cima, e o controlador de potência foi colado na frente da centrifuga. Para o suporte da placa cortou-se em forma circular com 16 cm de diâmetro um material plástico, que então foi colado com cola instantânea e em sua face superior foi aplicado velcro. Para a tampa foi feito um corte quadrado em papelão com as dimensões de 24 cm por 24 cm, então outro corte quadrado foi feito no meio, depois foi colado um pedaço de plástico transparente e então fixado na centrífuga usando de um prego. Abaixo podemos observar imagens da montagem da centrífuga e dela finalizada.

Figura 10 – Imagens da Centrífuga (Face Frontal).



Fonte: Autoria Própria

Figura 11 – Imagens da Centrífuga (Face Superior).



Fonte: Autoria Própria

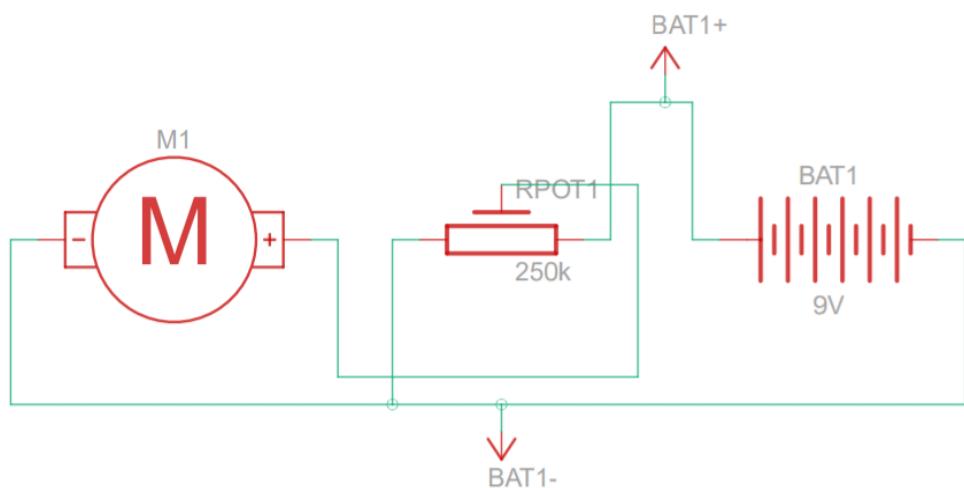
Figura 12 – Centrífuga finalizada.



Fonte: Autoria Própria

Usando o software Tinkercad, foi feito um diagrama de como deveria ser feita as conexões da centrífuga.

Figura 13 – Diagrama Eletrônico Centrífuga.



Fonte: Autoria própria

### 3.1.2 MATERIAIS UTILIZADOS

Abaixo está listado os materiais usados na construção da etapa:

- Motor do liquidificador Power Pu5435 127V;
- Caixa de madeira 24cmx24cm;
- Conector.
- Fio;
- Controlador de potência;
- Alicate de corte;
- Martelo;
- Prego;
- Tábuas de madeira;
- Parafusadeira;
- Parafuso.

Abaixo podemos observar uma tabela com o orçamento da centrifuga.

Tabela 1– Orçamento Centrifuga.

Motor do liquidificador Power Pu5435 127V	R\$ 50,00
Conector	R\$ 3,50
Fio	R\$ 2,00
Controlador de potência	R\$ 29,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 84,50</b>

Fonte: Autoria Própria

### 3.1.3 MANUAL DE USO

Evite o contato da centrífuga com água, pois ela é de madeira o que pode danificá-la, além de ter componentes que se entrar em contato com a água podem danificar. Também se recomenda sempre deixar a centrífuga tampada durante o processo de centrifugação, pois pode vazar tinta para fora, também evite colocar a mão na centrífuga enquanto ela estiver funcionando.

A centrífuga é a primeira parte do projeto, onde depois de espalhada a tinta fotossensível pela placa, você cola um velcro na parte de trás da placa, sendo ele oposto ao que está na base da centrífuga, então coloque a placa na base e feche a tampa, conecte o conector em uma tomada de 127V, e então ligue a centrífuga, permanece com ela ligada até que a tinta esteja todo uniforme, por fim desligue a centrífuga a desconecte da tomada, e retire o velcro da parte de trás da placa.

### 3.2 ESTUFA

A radiação infravermelha (IV) consiste em toda radiação eletromagnética com comprimento de onda 700 nanômetros e 1 milímetro, de frequência menor que a luz visível. É a menor luz captada pelo olho humano, embora seja invisível, a radiação infravermelha pode ser captada através do calor.

Foi originada por meio de vibrações moleculares que geram mudanças nas cargas elétricas de cada átomo e provocam emissões de radiações, desta forma está relacionada ao calor. Exposto pelo astrônomo inglês *William Herschel* na década de 1800. *Herschel* realizou um experimento onde postou um termômetro de mercúrio no espectro obtido por um prisma de cristal com a finalidade de medir o calor emitido por cada cor. Foi descoberto que o calor era mais forte ao lado do vermelho do espectro, observando que ali não havia emissão de luz. Essa foi a primeira experiência que demonstrou que o calor pode ser captado em forma de imagem, como acontece com a luz visível.

A secagem por infravermelho é um processo que utiliza radiação infravermelha para aquecer materiais e viabiliza a evaporação da umidade presente neles. A radiação é uma forma de energia eletromagnética com comprimentos de onda mais longos do que a luz visível e mais curtos do que os micro-ondas, ela é absorvida pela superfície do material onde é convertida em calor, aquecendo o material e evaporando a umidade. A tecnologia de secagem por infravermelho é utilizada devido à sua eficiência e versatilidade, oferece vantagens em relação a métodos tradicionais de secagem, como rapidez, uniformidade e economia de energia.

#### 3.2.1 PROCESSO DE SECAGEM

O processo de secagem abrange a exposição dos materiais a serem secos à radiação infravermelha emitida por fontes específicas, como lâmpadas de halogênio ou painéis emissores de infravermelho. A transformação da energia elétrica de luz em calor, ocorre pelo fato de filamentos e resistências serem capazes de aumentar a temperatura dos elétrons de forma muito elevada, a ponto de liberarem fótons. Quando a corrente elétrica atravessa um condutor, ocorre a transformação de energia elétrica em energia térmica, devido ao choque dos elétrons livres com os átomos do condutor, esse fenômeno é chamado efeito térmico. Aqui estão listadas as principais aplicações da secagem por infravermelho na indústria:

**Tintas e vernizes:** Utilizada para acelerar a cura de tintas e vernizes em uma variedade de materiais, incluindo madeira, metal, plástico e vidro;

**Alimentos:** Manipulada para desidratar uma variedade de produtos alimentícios, como frutas, legumes, carnes e ervas. Capaz de preservar o sabor, a cor e os nutrientes dos alimentos, enquanto prolonga a sua vida útil;

**Têxteis:** Na indústria têxtil é utilizada para secagem de tecidos após a lavagem ou tingimento;

**Papel ou papelão:** Esse tipo de secagem é muito importante no processo de produção de papel ou papelão, onde é utilizada para remover a umidade do material após o processo de fabricação.

Além disso, existem diversas vantagens por meio desse processo, sendo elas:

**Rapidez:** É um processo rápido que pode reduzir significativamente o tempo de secagem em comparação com métodos tradicionais;

**Uniformidade:** A radiação infravermelha penetra no material e o aquece de forma uniforme, evitando pontos úmidos e garantindo um acabamento de alta qualidade;

**Versatilidade:** Esse processo pode ser aplicado de diversas maneiras e em diferentes áreas, desde alimentos e produtos farmacêuticos até materiais plásticos e têxteis;

**Segurança:** O processo de secagem por infravermelho é seguro e não gera emissões nocivas.

### 3.2.2 PROTÓTIPO

A finalidade desse protótipo está em auxiliar o desenvolvimento de uma fabricação de PCI promovendo a agilidade e produtividade de novos projetos a serem realizados mediante a automação industrial. A estufa tem como objetivo acumular e conter o calor no seu interior, mantendo uma temperatura maior do que ao seu redor. Numa estufa a fonte de calor se dá pela energia elétrica transformando em energia térmica, que se acumula dentro de um ambiente fechado. Inicialmente para a realização do protótipo foi elaborada uma caixa de madeira de MDF com as seguintes medidas, comprimento 30cm; altura 40 cm; profundidade 19,5cm e espessura de 1,5cm. Na parte superior da caixa foi realizado uma abertura circular para o encaixe do soquete de raio de 2cm. Foi selecionado pelo grupo na parte interior da estufa em

revesti-la com papel alumínio para maior precisão do calor, além disso, foi optado por não fazer nenhuma abertura ou saída de ar de modo que o calor se intensificasse por um determinado tempo no interior da caixa, consequentemente levando menos tempo para a secagem da tinta. Abaixo podemos observar imagens da construção da estufa e dela já finalizada.

Figura 14 – Protótipo da Estufa.



Fonte: Autoria Própria

Figura 15 – Interior da Estufa.

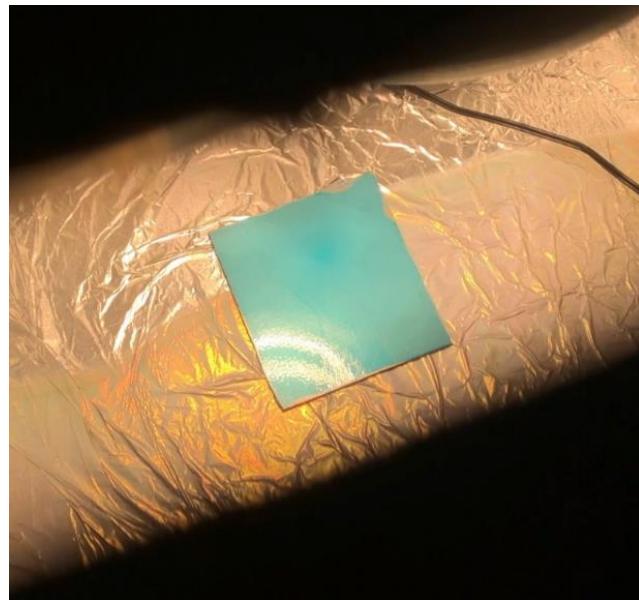


Fonte: Autoria Própria

Para fazer o processo de secagem foi utilizado a lâmpada infravermelha, escolhida por sua eficiência econômica e por sua energia ser transmitida por 90% de radiação infravermelho, sua função principal é emitir calor, mas em casos específicos pode ser usada para iluminação, tem sua parte superior espelhada, fazendo com que o calor radiado seja direcionado para frente. A lâmpada é alimentada por uma tensão de 220v e sua frequência pode chegar até 50/60Hz, sua temperatura pode passar de 200°C devido à alta potência de 250W.

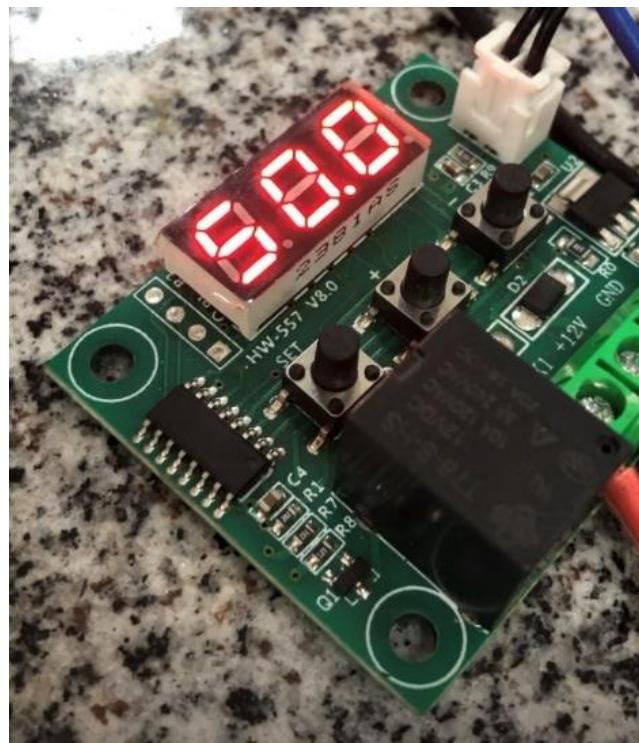
A secagem da tinta fotossensível pode variar entre 15min e 20min segundo os testes realizados pelo grupo. Para realizar os testes de secagem, foi usado o controlador de temperatura HW 557, através dele foi possível controlar exatamente quantos graus a lâmpada deve chegar para a total secagem da placa, sendo programada somente até 50°C. Quando ligado, o controlador começa medindo a temperatura ambiente do interior da estufa, seu sensor é um metal esférico que se localiza dentro da caixa, facilitando a medição do clima. Após a estufa chegar até a sua devida temperatura, a lâmpada se desliga automático, levando 40 segundos até chegar à 50°C, logo depois, começa a resfriar abaixando sua temperatura, quando chega em 48°C a lâmpada liga novamente, fazendo todo o processo durante 15 minutos para total secagem da tinta.

Figura 16 – Secagem da placa.



Fonte: Autoria Própria

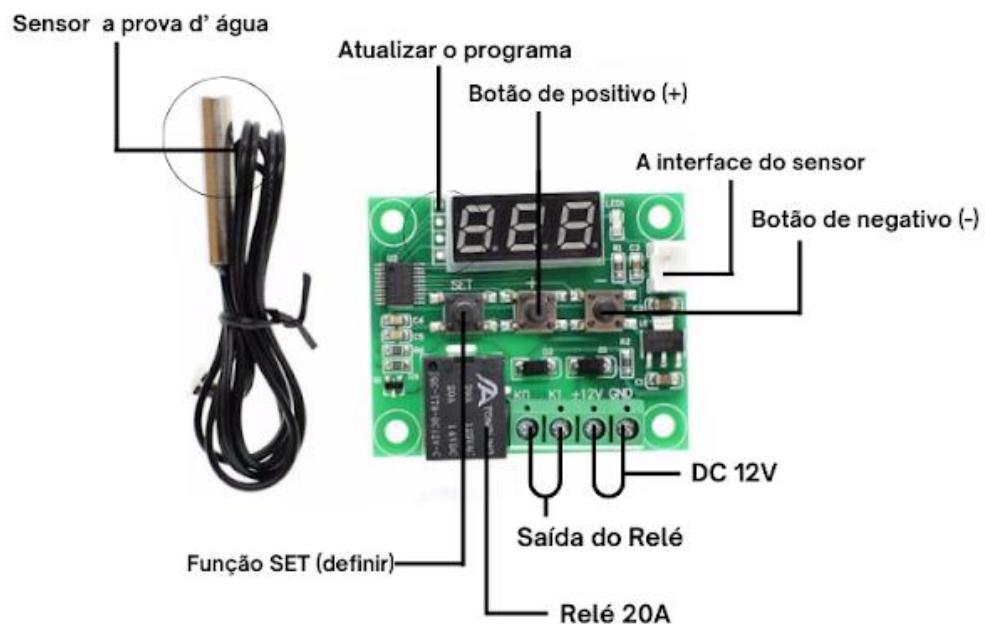
Figura 17 – Termostato digital.



Fonte: Autoria Própria.

O Termostato digital W1209 é um controlador de temperatura digital que tem como objetivo auxiliar no desenvolvimento de projetos em diversas áreas incluindo a área industrial. Pode atuar entre -50º a 110ºC, permitindo o usuário ajustar de acordo com a necessidade da aplicação (modos aquecer e refrigerar, controlando a temperatura para mais ou menos que atual). A interface do controlador é muito simples, apresentando apenas 1 display com 3 dígitos na cor vermelha e 3 botões de ajuste (SET, + e -), alimentada por uma tensão de 12V, será exibido no display a temperatura naquele exato momento, auferida pelo sensor NTC 10K.

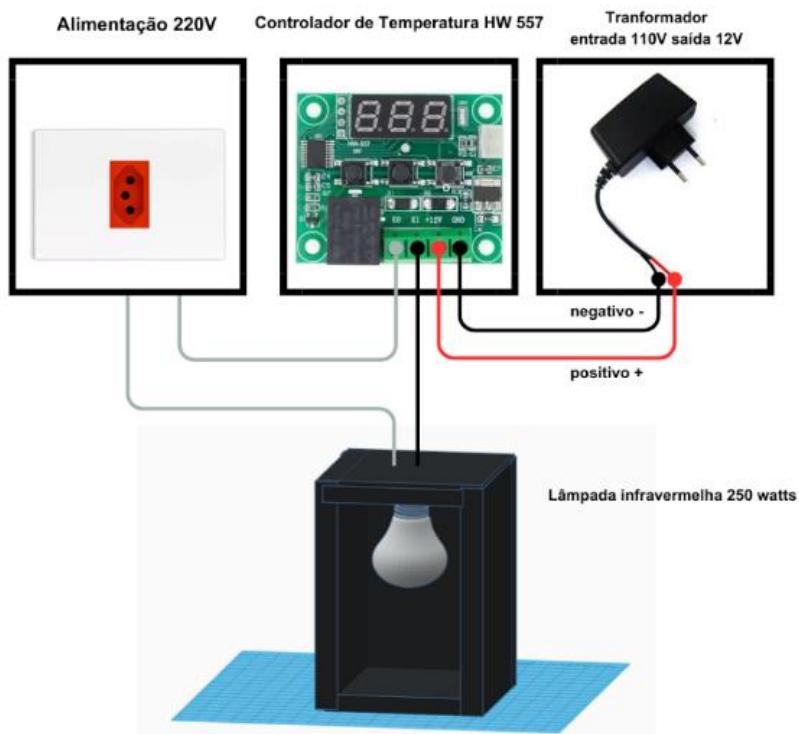
Figura 18 – Diagrama Termostato.



Fonte: Autoria Própria

Para realizar a montagem da estufa 3D foi utilizado a ferramenta Canva e para montagem do diagrama foi utilizado o software Tinkercad, conforme mostra a seguinte imagem:

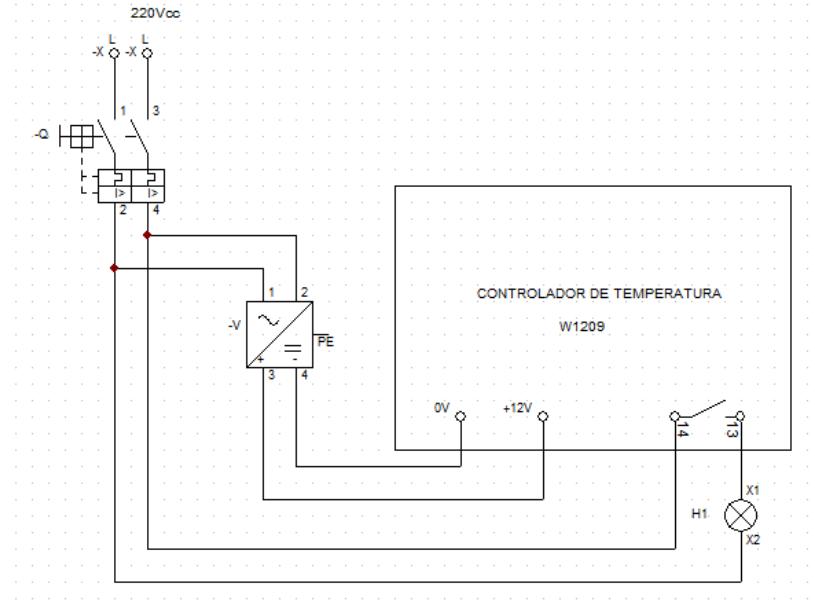
Figura 19 – Diagrama Estufa.



Fonte: Autoria Própria

Foi utilizado o Relé type 40.52 para fazer a ligação entre a lâmpada e o controlador de temperatura. Este foi projetado para proteger motores elétricos contra sobrecarga térmica, o intuito do relé nesse circuito é monitorar a corrente elétrica que passa pelo termostato e desligar o circuito caso detecte uma corrente excessiva por um período prolongado, em caso de excesso de corrente o relé desliga automaticamente evitando que a placa queime. Foi utilizado o software CadeSimu para fazer a montagem do circuito. Conforme está na imagem abaixo:

Figura 20 – Diagrama CadeSimu Estufa.



Fonte: Autoria Própria

### **3.2.3 MANUAL DE USO**

Abaixo está descrito como se utilizar a estufa:

- Para o funcionamento é necessário ligar a lâmpada em uma tomada de 220V e a fonte 12V em uma tomada 127V.
    - Enquanto a estufa estiver em funcionamento evite abrir ou tocar na lâmpada, podendo ocorrer riscos de queimaduras.
    - Após a secagem da placa aguardar alguns minutos para o resfriamento da lâmpada.
    - Evite tocar no controlador de temperatura com as mãos úmidas, ou em algum outro fio.
    - Durante o processo de secagem não abrir a estufa.

### **3.2.4 LISTA DE MATERIAIS**

Abaixo está listado os materiais utilizados na construção da estufa:

- Lâmpada infravermelha 250 watts / 220V E27;
  - Soquete para lâmpada 250V / acompanha interruptor;
  - Caixa de MDF 40x30cm;
  - Cabo flex paralelo 2x15mm;

- Conector 10A 250V;
- Controlador de temperatura FHME-112;
- Mni relé type 40.52 8A 250V;
- Controlador de temperatura HW557 V8.0;
- Fonte 12V/ 2A;
- Papel Alumínio.

Abaixo está uma tabela do orçamento da estufa.

Tabela 2 – Orçamento Estufa.

1 Lâmpada infravermelha 250 watts / 220V E27	R\$50,00
1 Soquete para lâmpada 250V / acompanha interruptor	R\$7,99
1 Caixa de MDF 40x30cm	.
1 Papel Alumínio	R\$4,25
1 Cabo flex paralelo 2x15mm	R\$2,95
1 Conector 10A 250V	R\$11,95
1 Mni relé type 40.52 8A 250V	R\$65,98
1 Fonte 12V/ 2A.	R\$16,75
1 Tinta spray preto fosco	R\$21,00
1 Controlador de temperatura HW557 V8.0	R\$46,90
<b>TOTAL</b>	<b>R\$211,02</b>

Fonte: Autoria Própria

### 3.3 CAIXA DE LUZ NEGRA

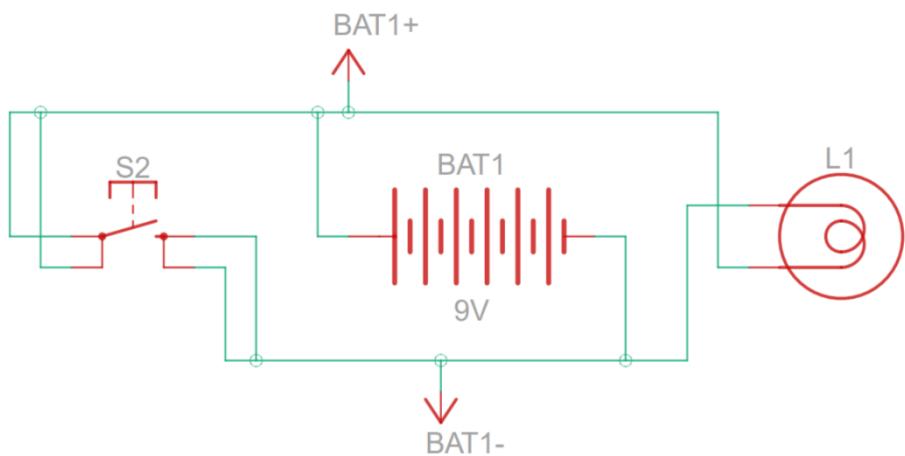
A origem da luz negra se dá durante a Segunda Guerra Mundial, quando o cientista americano Philo Farnsworth a criou inicialmente com o propósito de maximizar a eficiência da visão noturna, porém também foi criada para a identificação de dinheiro e documentos falsos. Embora seja um assunto pouco disseminado, existem diferenças entre luz negra e luz ultravioleta, em resumo, a radiação Ultravioleta (UV), está localizada no último espectro da luz, é uma radiação eletromagnética que tem uma frequência superior a luz que vemos, além de ter um comprimento de onda de 200 até 400 nanômetros (nm). Ela recebeu o nome de ultravioleta pois a cor violeta é a luz com a maior frequência que os olhos humanos

conseguem captar, sendo também a luz com maior energia emitida pelo sol, correspondendo a 9% dessa luz, podendo ser um grande perigo para os seres vivos por contato direto, porém a camada de ozônio filtra a luz antes que ela toque a superfície terrestre, assim protegendo os seres vivos. A luz negra não é a mesma coisa que a luz ultravioleta, sendo ela uma luz com uma intensidade menor, não trazendo malefícios a os usuários e tendo menos restrições de venda.

### 3.3.1 PROTÓTIPO

Para a montagem da caixa de luz negra foi adquirida uma caixa de mdf com as proporções de 27 cm de altura por 18 cm de largura, com 16,5 cm de profundidade, então usando de uma furadeira foi feito um furo com um diâmetro de 3,5 cm, posteriormente ela foi pintada internamente e externamente usando tinta spray preta fosca. Usando um cabo, um conector e um soquete com interruptor foram feitos a parte elétrica do protótipo, onde posteriormente seria conectada a lâmpada de luz negra Opus 9W, por fim usando de cola *SuperBonder* o soquete foi colado na caixa. Usando o software Tinkercad, foi feito um diagrama eletrônico de como deveriam ser feitas as conexões da caixa de luz negra.

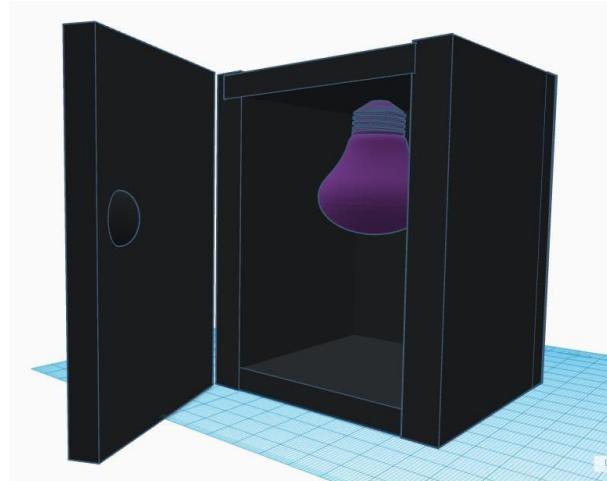
Figura 21 – Diagrama Eletrônico Caixa de Luz Negra.



Fonte: Autoria Própria

Abaixo está disponível um esboço de como se imaginou a estrutura e uma imagem que demonstra como ela ficou após a execução, em suma, o protótipo final atingiu os objetivos esperados.

Figura 22– Estrutura Inicial da Caixa de Luz Negra.



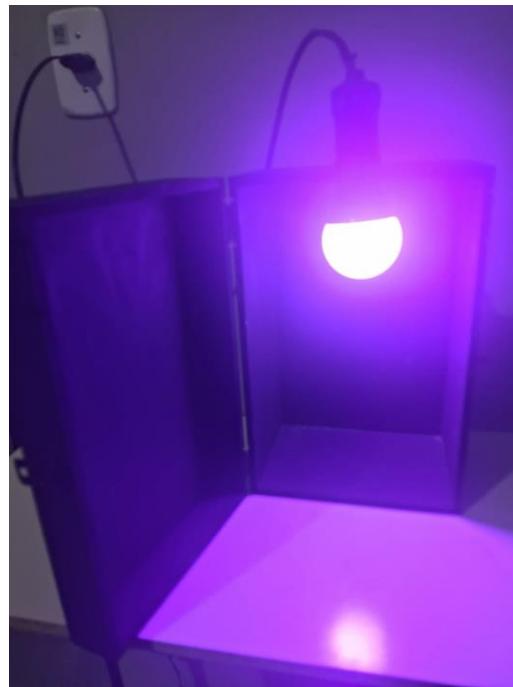
Fonte: Autoria Própria

Figura 23 – Protótipo da Caixa de Luz Negra.



Fonte: Autoria Própria

Figura 24 – Protótipo da Caixa de Luz Negra (Ligada).



Fonte: Autoria Própria

### 3.3.2 MATERIAIS UTILIZADOS

Abaixo está listado os materiais utilizados na construção da caixa de luz negra:

- Soquete com interruptor;
- Conector;
- Fio;
- Lâmpada de luz negra Opus 9W;
- Caixa de mdf com proporções 27 cm de altura, 18 cm de largura e 16,5 de profundidade;
- Furadeira;
- Broca;
- Cola instantânea;
- Tinta spray preta fosca;
- Chave de fenda;
- Alicate de corte.

Abaixo está uma tabela com o orçamento da caixa de luz negra.

Tabela 3 – Orçamento Caixa de Luz Negra.

Lâmpada de Luz Negra Opus 9W	R\$50,00
Tinta Spray Preta Fosca Color Gin	R\$30,00
Conektor	R\$2,50
Soquete	R\$3,50
Fio	R\$4,00
Caixa MDF	R\$34,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$124,00</b>

Fonte: Autoria Própria

### 3.3.3 MANUAL DE USO

A caixa de luz negra é a terceira parte da estação e a penúltima, para utilizá-la primeiramente conecte o conector na tomada, podendo ser conectada em 127V ou 220V já que a lâmpada de luz negra é bifásica, deixe o interruptor do soquete desligado até que coloque a placa com as trilhas dentro dela, posteriormente a feche então ligue o interruptor assim evitando olhar para a luz negra, deixa a placa exposta a luz por um período de 3 minutos, passado o tempo determinado desligue o interruptor e retire a placa.

É recomendado evitar o contato da caixa de luz negra com água, por ela ser de mdf poderá ser danificada, além de poder causar acidentes com o fio do conector por circular energia por eles, evite olhar para a lâmpada de luz negra pois olhá-la por um grande período pode levar a danos nos olhos.

### 3.4 *MIXER*

O *mixer* é o dispositivo responsável pela agitação de líquidos, além de auxiliar a movimentação da placa, que seria feita manualmente sem a ajuda deste protótipo, sendo assim, ele foi idealizado para trabalhar com as substâncias que são utilizadas durante a fabricação de PCI, como o Percloreto de Ferro e a Barrilha, apesar disso ele não se prende apenas a estas substâncias, sendo possível se adaptar a outras dependendo das condições necessárias.

O Cloreto Férrico, conhecido popularmente como Percloreto de Ferro é um composto químico inorgânico, produto da combinação da combinação de ferro e cloro,

com formula FeCl<sub>3</sub>, e facilmente solúvel em água, é altamente utilizado em diversas áreas da indústria por suas características corrosivas e oxidantes, já no processo de fabricação de placas de circuito impresso pode ser utilizado como agente corrosivo, sendo responsável por retirar o excesso de cobre presente sobre o fenolite após a impressão das trilhas. É importante ressaltar que existe uma maneira adequada de manusear esse composto, necessitando de EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), como óculos de segurança e luvas, além disso a dosagem utilizada deve ser adequada a finalidade, por exemplo, a dosagem de Percloreto para tratamento de água é totalmente diferente da dosagem para corrosão de placas, por isso é crucial ler as recomendações de uso do *mixer* onde contém a dosagem correta. O armazenamento do Percloreto também deve ser feito de maneira adequada, em recipientes vedados e não-corrosivos (de preferência plásticos), em locais secos e ventilados, longe de substâncias que possam causar reações.

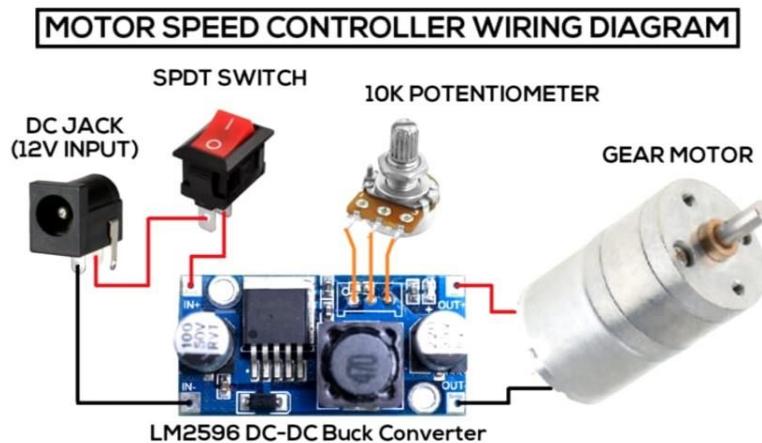
A Barrilha ou Carbonato de Sódio por sua vez, assim como o Percloreto é utilizada em diversas áreas, como no tratamento de piscinas, na indústria do sabão, do vidro e até mesmo em processos da indústria têxtil, mas quando nos referimos ao processo de fabricação de placas, a Barrilha é utilizada na remoção do excesso de tinta fotossensível não curada.

### **3.4.1 PROTÓTIPO**

O desenvolvimento da estrutura do protótipo iniciou-se com dois recipientes de acrílico de medidas 15X15X5 cm, sendo um superior onde ficará a parte líquida e um inferior onde ficarão os componentes eletrônicos e o mecanismo que realiza a movimentação, estes recipientes foram posicionados alinhados na vertical e unidos com uma dobradiça de aço de 5X2,5cm fixada em uma das laterais do recipiente de baixo e em uma chapa acrílica colada na base do recipiente superior de 13,5X13,5 que foi fixada a parte de baixo do recipiente de cima, de modo que seja possível movimentar esse recipiente para cima e para baixo. A próxima etapa para montagem foi posicionar o motor na parte de dentro do recipiente inferior na face oposta a dobradiça e inserir um disco de acrílico com 6 cm de diâmetro acoplado a ele, que durante a movimentação do motor tem como objetivo levantar e abaixar o recipiente com superior, para fixar o motor e as dobradiças foi necessário realizar um furo a 1,5 cm do centro do disco de acrílico utilizando uma furadeira e brocas com medidas M5.

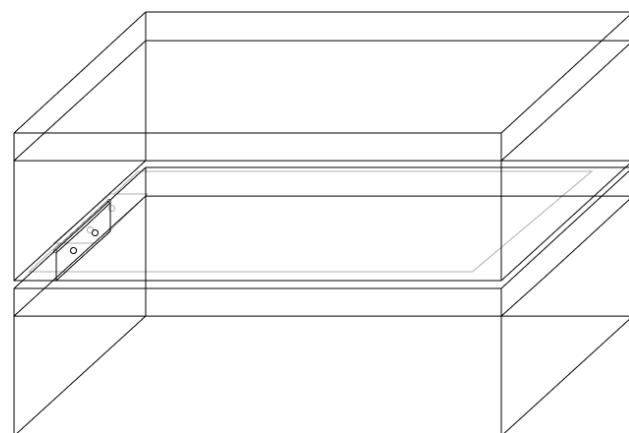
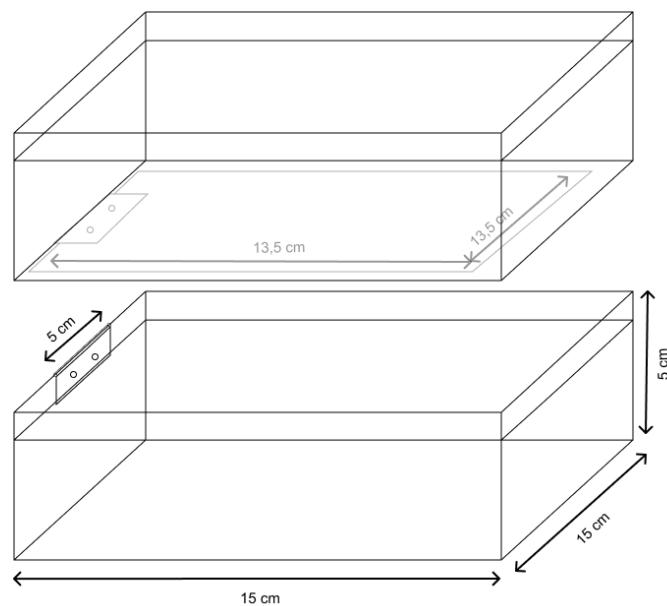
Para a montagem da parte eletrônica, o motor utilizado foi um motor de robótica facilmente encontrado online como “Motor DC 3-6V com Caixa de Redução e Eixo + Duplo 68mm”, além do motor foi utilizado um regulador de tensão LM2596, um potenciômetro de 10K, uma chave liga-desliga e um conector P4 do tipo fêmea, além disso foi preciso utilizar jumpers para realizar as conexões dos componentes, logo após os componentes foram fixados a estrutura e para alimentação do circuito foi utilizada uma fonte de 12V e 2A. É possível observar as conexões que foram feitas no diagrama baixo:

Figura 25– Diagrama Eletrônico do *Mixer*.



Fonte: Canal TechBuilder (2020)

Figura 26 – Desenho da Estrutura do Mixer.



Fonte: Autoria Própria

Figura 27 – Protótipo do *Mixer*.



Fonte: Autoria Própria (2024)

Figura 28 – Protótipo *Mixer* Finalizado.



Fonte: Autoria Própria (2024)

Inicialmente, o *mixer* foi planejado para suportar duas substâncias simultaneamente, um primeiro protótipo foi desenvolvido pensando em chegar nesse

resultado, mas foi constatado através dos testes de funcionamento que apenas um motor não teria a força necessária para realizar a movimentação de dois recipientes e isso prejudicaria o funcionamento do motor, como aconteceu durante os testes onde um motor foi danificado e teve que ser substituído, a necessidade de adquirir mais um motor iria contra o objetivo de tornar o projeto acessível e de baixo custo, por esse motivo foi dada continuação ao protótipo visando entregar um resultado satisfatório, de boa qualidade e que não saia do foco que é fazer o projeto fácil de ser replicado, mesmo que com apenas uma substâncias.

### **3.4.2 MATERIAIS UTILIZADOS**

Abaixo está listado os materiais utilizados na construção do mixer:

- 1 Motor DC 3-6V com Caixa de Redução e Eixo Duplo;
- 1 Regulador de Tensão LM2596 (nesse caso, foi necessário acoplar um potenciômetro de 10K ao circuito);
- 1 Chave Liga-Desliga;
- 1 Conector P4 fêmea;
- Jumpers macho, macho;
- 1 Fonte de alimentação de 12V e 2A;
- 2 Recipientes acrílicos de medidas 15X15X5 cm;
- 1 Disco de acrílico de 6 cm de diâmetro;
- 1 Chapa de acrílico de 13,5X13,5 cm;
- 1 Dobradiça de inox de medidas 5X2,5cm;
- Porcas, parafusos e arruelas.

Abaixo está uma tabela do orçamento do *mixer*.

Tabela 4 – Orçamento Mixer.

Motor DC 3-6V com Caixa de Redução e Eixo Duplo	R\$21,00
2 Recipientes de acrílico	R\$30,00
Regulador de Tensão LM2596	R\$3,50
Fonte 12V 2A	R\$20,00
Conecotor P4	R\$2,50
Chave Liga-Desliga	R\$2,50
Potenciômetro 10K	R\$7,50
Dobradiças	R\$12,00
Kit Porcas, Parafusos e Arruelas	R\$8,50
<b>TOTAL</b>	<b>R\$107,50</b>

Fonte: Autoria Própria

### 3.4.3 MANUAL DE USO

Abaixo está detalhado o modo de uso do *míixer*:

- O tamanho máximo do fenolite recomendado é de 10X10 cm, placas menores também podem ser fabricadas utilizando este dispositivo.
- A quantidade máxima de líquidos recomendada em cada recipiente é de 250 ml, uma quantidade maior ou insuficiente afetará o funcionamento do equipamento.
- A proporção da quantidade de percloreto é de 0,5g para cada 1 ml de água, ou seja, 125g para os 250 ml recomendados.
- A proporção da quantidade de barrilha é de 30g para cada 1L de água, ou seja, 7,5g para os 250 ml recomendados
- A mistura dos componentes deve ser feita despejando a água com o auxílio de uma garrafa e de uma colher para acrescentar os componentes em pó, o ideal é deixar que o próprio dispositivo realize a mistura, sem auxílio do usuário ou de outros instrumentos.
- Também é recomendado que o dispositivo opere apenas com suas respectivas tampas (cada tampa acompanha uma etiqueta com o nome do componente utilizado no recipiente a que pertence), visando evitar derramamentos.

- A fonte utilizada é bivolt, permitindo o uso de tomadas 127V/220V.
- Como mencionado anteriormente, não é recomendado que os componentes líquidos entrem em contato com a parte eletrônica, pois podem prejudicar o funcionamento do circuito (apesar do circuito ter sido projetado para ser inserido na parte interna da base, a riscos de curto caso entre em contato com água ou outros líquidos) sendo assim o ideal é realizar a limpeza despejando cuidadosamente os resíduos em outro recipiente virando totalmente a estação, e a limpeza das “paredes” devem ser feitas com um pano úmido embebido em álcool 70.
- O armazenamento do projeto deve ser feito de forma que apenas os usuários (nesses casos, professores e alunos interessados) tenham acesso, para que o projeto não corra riscos de quebras por manuseio errado.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo destes meses trabalhados sobre este projeto, onde o objetivo principal foi elaborar uma alternativa a ser utilizada na fabricação de PCB, aspirando auxiliar professores e estudantes durante este processo, assim como na agilidade, também nos propomos a trabalhar na redução de custos, buscando vias alternativas e sustentáveis. A decisão de realizar este projeto partiu justamente da falta de um meio de auxiliar estes educadores e alunos, já que hoje, não existe nenhuma iniciativa do tipo na ETEC Euro Albino de Souza.

Durante o desenvolvimento deste TCC, muitos desafios foram enfrentados, como por exemplo a saída de um dos membros do grupo, porém a decisão tomada foi dar continuidade independentemente das circunstâncias, visando chegar em um resultado satisfatório, mas claro, com melhorias e aperfeiçoamentos em mente, como a expansão de novas etapas de fabricação e automatização completa dessas etapas. Os protótipos foram aprovados nos protocolos de teste e se mostraram-se eficaz quanto a auxiliar e tornar os processos mais rápidos em comparativo aos métodos manuais.

### 4.1 TRABALHOS FUTUROS

Planeja-se a construção de novas etapas nas estações de fabricação de placas eletrônicas, como a inclusão de uma estação de perfuração e soldagem de componentes eletrônicos, e uma estação para aplicação automatizada de tinta fotossensível sobre a placa, apresenta melhorias significativas na automação da linha de produção. A estação de perfuração e soldagem aumenta a precisão e eficiência na montagem dos componentes, reduzindo erros e tempo de produção. A adição do *dispenser* automatizado de tinta fotossensível garante uma aplicação uniforme e controlada, melhorando a qualidade das placas produzidas. Essas iniciativas não apenas otimizam o processo de fabricação, mas também aumentam a capacidade de resposta às demandas do mercado, promovendo uma produção mais ágil e econômica.

## REFERÊNCIAS

ALECRIM, Emerson; MARQUES, Ana. **O que é um LED? Entenda como funciona essa tecnologia de iluminação.** 2023. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-led/>. Acesso em: 13 ago. 2024.

ALVES, Pedro. **O que é circuito integrado? Tipos e aplicações!** Disponível em: <https://www.manualdaeletronica.com.br/o-que-e-circuito-integrado-tipos-e-aplicacoes/>. Acesso em: 13 ago. 2024.

AZEVEDO, Amanda Maria. **Resistores.** 2019. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/resistores>. Acesso em: 13 ago. 2024.

AZEVEDO, Julia. **Entenda o que é radiação infravermelha.** Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/radiacao-infravermelha/>. Acesso em: 13 ago. 2024.

AZEVEDO, Julia. **O que é luz ultravioleta e quais seus efeitos?** Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/luz-ultravioleta/>. Acesso em: 03 mar. 2024.

BRAGA, Newton C. **Diferença entre a luz negra e a ultravioleta (DUV065).** Disponível em: <https://www.newtoncbraga.com.br/duvidas/1375-duv065.html>. Acesso em: 13 ago. 2024.

PREMIER, Comercial. **O que é e para que serve percloreto de ferro? Entenda já!** 2023. Disponível em: <https://premiercomercial.com.br/2023/06/20/para-que-servem-percloreto-de-ferro/>. Acesso em: 03 mar. 2024.

ELETROTHERMO. **Secagem por infravermelho: o que é e as principais aplicações!** 2024. Disponível em: <https://www.eletrothermo.com.br/news/secagem-por-infravermelho-o-que-e-e-as-principais-aplicacoes>. Acesso em: 15 jun. 2024.

KMABRASIL. **TUDO O QUE VOCÊ PRECISA SABER SOBRE O PERCLORETO DE FERRO.** Disponível em: [https://www.kmabrasil.com.br/blog/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-percloreto-de-ferro?srsltid=AfmBOopNoarTX5D4UgzJCQFDK73\\_CyanJwRaRCxL709fCenUIFe7fpf](https://www.kmabrasil.com.br/blog/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-percloreto-de-ferro?srsltid=AfmBOopNoarTX5D4UgzJCQFDK73_CyanJwRaRCxL709fCenUIFe7fpf). Acesso em: 15 jun. 2024.

LEMOS, Manoel. **Como fazer suas próprias PCBs – placas de circuito impresso.** 2016. Disponível em: [https://more.ufsc.br/homepage/inserir\\_homepage](https://more.ufsc.br/homepage/inserir_homepage). Acesso em: 08 abr. 2024.

MAGALHÃES, Roberto. **Como fazer uma placa de circuito impresso em casa.** 2024. Disponível em: <https://compraco.com.br/blogs/tecnologia-e->

desenvolvimento/como-fazer-uma-placa-de-circuito-impresso-em-casa?srsltid=AfmBOopSH5b1PJGD\_MrW4q0r8EP5fPj06zYeuwffwrF6UtPtJcMFQFF%20Acesso%20em:%2008%20abr.2024. Acesso em: 08 abr. 2024.

MATTEDE, Henrique. **O que é um diodo?** Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-e-um-diodo/>. Acesso em: 13 ago. 2024.

JÚNIOR, I. **PCI – Placa de Circuito Impressa.** Disponível em: <https://integrejr.ufsc.br/pci-placa-de-circuito-impressa/>. Acesso em: 13 set. 2024.

QUÍMICA, Avanzi. **Cloreto Férrico: O Que É, Suas Utilizações e Como Manipular com Segurança.** Disponível em: <https://avanziqumica.com.br/blog/blog-p/cuidados-produtos-quimicos/cloreto-ferrico-o-que-e-suas-utilizacoes-e-como-manipular-com-seguranca>. Acesso em: 03 mar. 2024.

QUIMESP. **Percloreto de Ferro Pó Anidro.** Disponível em: <https://www.quimesp.com.br/percloreto-de-ferro-po-anidro.php>. Acesso em: 03 mar. 2024

SUPER. **O que é a luz negra?** Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/o-que-e-a-luz-negra>. Acesso em: 13 set. 2024.

TECDICAS. **Como fazer placa de circuito impresso caseira - Projeto Ponte H L293D.** 2019. Disponível em: <https://tecdicas.com/como-fazer-placa-de-circuito-impresso-caseira-projeto-ponte-h-l293d/> Acesso em: 08 abr. 2024.

TECHBUILDER. **DIY PCB shaker for stching (Low Cost Rocker/Agitator).** 2020. Disponível em: <https://youtu.be/DX881LdzVTU?si=MTi5H4bBYtGzW3vU> Acesso em: 20 fev. 2024