

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

JOÃO VITOR DE PAIVA MARCOTTI

DESENVOLVIMENTO DE UM TERMOCIRCULADOR APLICADO À
TÉCNICA CULINÁRIA *SOUS VIDE*

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MARINGÁ

2023

JOÃO VITOR DE PAIVA MARCOTTI

**DESENVOLVIMENTO DE UM TERMOCIRCULADOR APLICADO À
TÉCNICA CULINÁRIA *SOUS VIDE***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Química, curso de Engenharia
Elétrica da Universidade Estadual de
Maringá, como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro
Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Camila de Brito
Miranda

Coorientador: Prof. Me. Erinaldo Sanches
Nascimento

MARINGÁ

2023

TERMO DE APROVAÇÃO

DESENVOLVIMENTO DE UM TERMOCIRCULADOR APLICADO À TÉCNICA CULINÁRIA SOUS VIDE

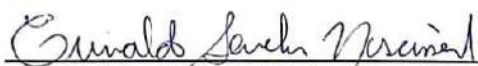
por

JOÃO VITOR DE PAIVA MARCOTTI

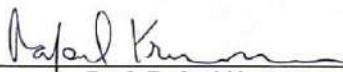
Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 05 de abril de 2023 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.



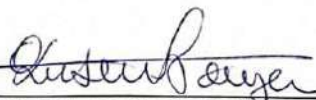
Prof.^a Camila de Brito Miranda Faia
Orientadora



Prof. Eriñaldo Sanches Nascimento
Coorientador



Prof. Rafael Krummenauer
Membro titular



Prof. Rubens Zenko Sakiyama
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho à minha família e
amigos, em especial à minha mãe,
Patrícia Fernandes de Paiva, por todo o
apoio e incentivo durante estes 5 anos de
graduação.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte desta importante e única fase de minha vida, a graduação. Desta forma, devo citar os maiores responsáveis por todo o meu avanço ao longo destes 5 anos.

Primeiramente, agradeço à minha família por todo o incentivo aos estudos e apoio durante os bons e maus momentos deste período.

Agradeço à minha namorada por todo o apoio ao longo da realização deste trabalho, sendo, sem dúvidas, meu maior suporte emocional nos momentos de incerteza e insegurança.

Sou grato à minha orientadora Profa. Dra. Camila de Brito Miranda Faia, por todo o tempo, auxílio, preocupação e dedicação durante o desenvolvimento deste projeto.

Agradeço ao meu co-orientador Prof. Me. Erinaldo Sanches Nascimento, por toda a sua parceria e dedicação a este projeto que se iniciou como uma iniciação científica e se estendeu a este trabalho.

Aos meus colegas de vida e de sala de aula Felipe Gerber, Gabriel Dias, Gabriel Scapim e Kenzo Kayzuka, agradeço por toda a parceria durante os estudos, trabalhos e provas da faculdade, em especial durante a pandemia de Covid-19. Sempre juntos e apoiando uns aos outros nos bons e maus momentos. Sem vocês nada disso seria possível.

Devo mencionar também meu maior ídolo na gastronomia e por meio de quem conheci a técnica culinária *Sous Vide*, tema deste trabalho, Gustavo Tosta, mais conhecido como Guga Foods.

Agradeço meu pai, por todo o incentivo aos estudos e ao trabalho. Agradeço individualmente minha irmã, com quem divido a mesma moradia há 6 anos, e me apoia em minhas escolhas desde o ensino médio.

Por fim, enfatizo um agradecimento especial a quem me deu a vida e foi a única pessoa que nunca duvidou de mim, da minha capacidade, das minhas ideias e dos meus objetivos, e sempre foi o meu maior apoio, minha mãe Patricia Fernandes de Paiva.

Ideias, e somente ideias, podem iluminar
a escuridão. (VON MISES, Ludwig)

RESUMO

MARCOTTI, João Vitor de Paiva. **Desenvolvimento de um termocirculador aplicado à técnica culinária *Sous Vide***. 2023. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2023.

Este trabalho aborda a teoria, o projeto e a execução de um termocirculador aplicado à técnica culinária *Sous Vide*, desenvolvendo seus circuitos eletrônicos, placas de circuito impresso (na sigla em inglês PCB - *Printed Circuit Board*), estrutura plástica, e até mesmo o planejamento de uma empresa fictícia responsável por desenvolver, fabricar, vender e distribuir termocirculadores. O termocirculador desenvolvido parte de 3 protótipos anteriores, sendo o primeiro elaborado em meados de 2019. O último, elaborado por Marcotti e Nascimento (2021), teve seu funcionamento impossibilitado em razão da grande quantidade de cabos conectores presentes em seu interior, o que impediu sua montagem. Desta forma, este projeto possui entre seus objetivos, a solução desta falha com a redução do número de cabos conectores, permitindo o funcionamento do equipamento. Como base para os circuitos eletrônicos desenvolvidos, utilizou-se o microcontrolador ESP32, que permite conexão Wi-Fi e Bluetooth entre usuário e equipamento. Para programar tal componente, utilizou-se a linguagem de programação MicroPython, e um servidor web foi desenvolvido a fim de conectar usuário e equipamento via Wi-Fi, permitindo o monitoramento deste de qualquer local com conexão à internet. Um controlador *On-Off* foi implementado com o objetivo de manter a temperatura da água constante durante o funcionamento do termocirculador. A estrutura plástica foi elaborada em plástico ABS, e fabricada via impressão 3D, possuindo como dimensões laterais 7 x 7 cm e altura de 18,5 cm, e é dividida em parte superior, tampa medial, parte inferior e tampas inferiores. Ainda, ímãs de neodímio localizados entre as tampas inferiores permitem que o termocirculador se fixe a um recipiente metálico. Após a montagem do equipamento, testes foram realizados com o objetivo de averiguar o funcionamento do termocirculador desenvolvido. Tais testes consistiram no preparo de alimentos, sendo eles bife de chorizo bovino a 55 °C, costelinha suína a 70 °C e ovos a diferentes temperaturas. A empresa fictícia foi nomeada como Termo 3D, em referência à fabricação da estrutura do equipamento, e seu planejamento foi elaborado contendo plano de negócios, modelo de negócios, marca e conclusão a respeito da viabilidade do negócio. A realização deste trabalho possibilitou colocar em prática diversos conhecimentos adquiridos em sala de aula, tais como o projeto de circuitos eletrônicos e de PCBs, além da análise e interpretação de datasheets de componentes. Por fim, pode-se afirmar que o termocirculador desenvolvido cumpre sua função com excelência, sendo capaz de preparar alimentos como um termocirculador comercializado no mercado, cumprindo os objetivos estabelecidos neste trabalho.

Palavras-chave: Controlador On-Off. Eletrônica. ESP32. Impressão 3D. MicroPython.

ABSTRACT

MARCOTTI, João Vitor de Paiva. **Development of a thermocirculator applied to the *Sous Vide* culinary technique**. 2023. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Maringá State University - Paraná. Maringá, 2023.

This paper addresses the theory, design, and execution of a thermocirculator applied to the *Sous Vide* cooking technique, developing its electronic circuits, printed circuit boards (PCBs), plastic structure, and even the planning of a fictional company responsible for developing, manufacturing, selling, and distributing thermocirculators. The developed thermocirculator is based on 3 previous prototypes, with the first one being created in mid-2019. The last one, developed by Marcotti and Nascimento (2021), had its operation made impossible due to the large number of connector cables present inside, which prevented its assembly. Thus, one of the objectives of this project is to solve this flaw by reducing the number of connector cables, allowing the equipment to function. The ESP32 microcontroller was used as the basis for the developed electronic circuits, which allows Wi-Fi and Bluetooth connection between the user and the equipment. MicroPython programming language was used to program this component, and a web server was developed to connect the user and the equipment via Wi-Fi, allowing the monitoring of the equipment from anywhere with a connection. An On-Off controller was implemented to maintain the water temperature constant during the operation of the thermocirculator. The plastic structure was made of ABS plastic, and manufactured via 3D printing, with lateral dimensions of 7 x 7 cm and a height of 18.5 cm, divided into upper portion, medial cover, lower portion, and lower covers. Moreover, neodymium magnets located between the lower covers allow the thermocirculator to be fixed to a metallic container. After the equipment was assembled, tests were carried out to verify the operation of the developed thermocirculator, which consisted of preparing food such as NY strip steak at 55 °C, pork ribs at 70 °C, and eggs at different temperatures. The fictional company was named Termo 3D, referring to the manufacturing of the equipment's structure, and its planning included a business plan, a business model, a brand, and a conclusion regarding the business's viability. The accomplishment of this work made it possible to put into practice various knowledge acquired in the classroom, such as the design of electronic circuits and PCBs, as well as the analysis and interpretation of component datasheets. Finally, it can be said that the developed thermocirculator performs its function excellently, capable of preparing food like a thermocirculator marketed in the market, fulfilling the objectives established in this paper.

Keywords: 3D printing. Electronics. ESP32. Micropython. On-Off Controller.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aplicação da técnica culinária <i>Sous Vide</i> .	1
Figura 2 - Cocção por meio da técnica culinária <i>Sous Vide</i> .	2
Figura 3 - Cocção por meio de técnica culinária tradicional (grelha à alta temperatura).	2
Figura 4 - <i>Water oven</i> Cetro Constantine.	5
Figura 5 - Termocirculador Cetro SV95.	6
Figura 6 - Microcontrolador ESP32-WROOM-32.	8
Figura 7 - Conexões com o microcontrolador ESP32.	13
Figura 8 - Ponte USB para UART.	14
Figura 9 - Conexão do microcontrolador com um <i>buzzer</i> ativo.	14
Figura 10 - Conexão entre microcontrolador e circuito de controle em tensão alternada.	15
Figura 11 - Conexão entre microcontrolador e display OLED.	15
Figura 12 - Circuito divisor de tensão para coleta da variação de resistência de um termistor.	15
Figura 13 - LED indicador de alimentação.	16
Figura 14 - Circuitos de <i>pull up</i> conectados ao microcontrolador.	16
Figura 15 - Circuito de controle do motor CC (esquerda) e circuito de controle da ventoinha (direita).	17
Figura 16 - Conexão do microcontrolador com o sensor de nível d'água (esquerda) e com o sensor de temperatura em sonda (direita).	17
Figura 17 - Esquemático do circuito de alimentação.	18
Figura 18 - Conversor AC-DC utilizado.	18
Figura 19 - Regulador de tensão fixo LM1117-3.3.	18
Figura 20 - Esquemático do circuito de controle em tensão alternada.	19
Figura 21 - Placa de controle e alimentação.	20
Figura 22 - Placa principal.	20

Figura 23 - Disposição em torre das duas placas no interior do termocirculador.	21
Figura 24 - Parte superior em vista isométrica.	22
Figura 25 - Tampa medial em vista isométrica.	23
Figura 26 - Parte inferior em vista isométrica.	23
Figura 27 - Tampa inferior em vista isométrica.	24
Figura 28 - Tampa inferior (ímãs) em vista isométrica.	24
Figura 29 - Vista isométrica da estrutura completa do termocirculador.	25
Figura 30 - Fluxograma 1: Funcionamento da Etapa de Conexão Wi-Fi.	30
Figura 31 - Fluxograma 2: Funcionamento do modo de espera do algoritmo de programação desenvolvido.	31
Figura 32 - Fluxograma 3: Funcionamento do modo de alerta do algoritmo de programação desenvolvido.	32
Figura 33 - Fluxograma 4: Funcionamento da primeira etapa do modo de operação do algoritmo de programação desenvolvido.	33
Figura 34 - Fluxograma 5: Funcionamento da segunda etapa do modo de operação do algoritmo de programação desenvolvido.	34
Figura 35 - Fluxograma 6: Funcionamento da terceira etapa do modo de operação do algoritmo de programação desenvolvido.	35
Figura 36 - Botão responsável por colocar o microcontrolador em modo de <i>download</i> quando pressionado (KEY4).	38
Figura 37 - Resistor (R1) e capacitor (C4) retirados da PCB após serem destruídos em teste.	39
Figura 38 - Página exibida pelo ponto de acesso para escolha da rede Wi-Fi.	41
Figura 39 - Servidor web 1.	42
Figura 40 - Servidor web 2.	42
Figura 41 - Servidor web 3.	42
Figura 42 - Modelo de Negócios Canvas elaborado.	49
Figura 43 - Matriz SWOT.	63
Figura 44 - Logo da empresa fictícia.	64

Fotografia 1 - Periféricos presentes no termocirculador.	11
Fotografia 2 - Faces da placa de controle e alimentação.	25
Fotografia 3 - Faces da placa principal.	26
Fotografia 4 - Foto da parte superior.	26
Fotografia 5 - Foto da hélice.	26
Fotografia 6 - Foto da parte inferior.	27
Fotografia 7 - Foto da tampa medial.	27
Fotografia 8 - Foto das duas partes da tampa de baixo.	27
Fotografia 9 - Parafusos e porcas utilizados na montagem do termocirculador.	28
Fotografia 10 - Termocirculador montado e completo.	28
Fotografia 11 - Marca de incineração deixada na placa de controle e alimentação.	39
Fotografia 12 - Medição da diferença de potencial entre a panela e a bancada.	40
Fotografia 13 - Medição da diferença de potencial entre a panela e a bancada após a adição do fio de terra.	40
Fotografia 14 - Termocirculador com temperatura desejada de 60 °C.	43
Fotografia 15 - Bife de chorizo preparado ao ponto menos (55 °C).	44
Fotografia 16 - Ovos cozidos a diferentes temperaturas (com casca).	44
Fotografia 17 - Ovos cozidos a diferentes temperaturas (prontos para consumo).	45
Fotografia 18 - Costelinha suína preparada durante 4 horas.	46
Gráfico 1 - Variação da temperatura da água pelo tempo.	36
Gráfico 2 - Zoom da variação da temperatura da água pelo tempo.	36
Gráfico 3 - Resistência do termistor em função da temperatura ambiente.	37
Gráfico 4 - Taxa de sobrevivência de empresas em 2 anos de operação de acordo com seu ano de fundação.	48
Gráfico 5 - Faixa etária.	52
Gráfico 6 - Renda em milhares de dólares.	52

Gráfico 7 - Continente de residência.	53
Gráfico 8 - Alimento mais preparado com o equipamento.	53
Gráfico 9 - Maior atrativo para a compra do equipamento.	53
Gráfico 10 - Valor máximo que pagaria em um termocirculador.	54
Gráfico 11 - Fabricante de termocirculadores de preferência.	54
Gráfico 12 - Se considera importante a presença de conexão <i>wireless</i> no equipamento.	54
Gráfico 13 - Se considera importante a disponibilidade de uma rede de compartilhamento de receitas entre usuários.	55
Gráfico 14 - Uso profissional ou amador do equipamento.	55
Gráfico 15 - Composição do valor final de venda.	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características dos materiais mais utilizados para impressão 3D.	9
Quadro 2 - Comparativo do termocirculador desenvolvido com pares de mercado.	47
Quadro 3 - Custos de fabricação dos circuitos eletrônicos por termocirculador.	58
Quadro 4 - Custos de fabricação da estrutura plástica por termocirculador.	59
Quadro 5 - Investimento fixo.	61
Quadro 6 - Investimento em capital de giro inicial.	61
Quadro 7 - Divisão do investimento inicial total.	62

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE SIGLAS

ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>
AC	<i>Alternating Current</i>
CC	<i>Corrente Contínua</i>
DC	<i>Direct Current</i>
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
ICMS	<i>Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IPI	<i>Imposto sobre Produtos Industrializados</i>
LED	<i>Organic Light-Emitting Diode</i>
OLED	<i>Light-Emitting Diode</i>
P	Proporcional
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PD	Proporcional Derivativo
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PETG	<i>Polyethylene Terephthalate Glycol</i>
PI	Proporcional Integral
PID	Proporcional Integral Derivativo
PLA	<i>Polylactic Acid</i>
PTH	<i>Pin Through Hole</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
SWOT	<i>Strengths Weaknesses Opportunities Threats</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i>

USB	<i>Universal Serial Bus</i>
TRIAC	<i>Triode for Alternating Current</i>
SCL	<i>Serial Clock</i>
SDA	<i>Serial Data</i>

LISTA DE ABREVIATURAS

Sebrae	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
--------	--

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1 TERMOCIRCULADOR	5
2.2 CONTROLADOR	7
2.3 MICROCONTROLADOR	8
2.4 IMPRESSÃO 3D	9
3 METODOLOGIA	11
4 DESENVOLVIMENTO	13
4.1 PROJETO DOS CIRCUITOS ELETRÔNICOS	13
4.1.1 Circuito Principal	13
4.1.2 Circuito de Alimentação	17
4.1.3 Circuito de Controle em Tensão Alternada	18
4.1.4 Placas de De Circuito Impresso	19
4.2 PROJETO DA ESTRUTURA PLÁSTICA	22
4.3 EXECUÇÃO DAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO	25
4.4 EXECUÇÃO DA ESTRUTURA PLÁSTICA	26
4.5 ELABORAÇÃO DO ALGORITMO DE PROGRAMAÇÃO	29
4.5.1 Por Que MicroPython?	29
4.5.2 O Algoritmo	29
4.6 IMPLEMENTAÇÃO DO CONTROLADOR ON-OFF	35
4.7 FUNCIONAMENTO DO SENSOR DE TEMPERATURA INTERNA	37
4.8 TESTES	38
4.8.1 Teste dos Circuitos Eletrônicos	38
4.8.2 Validação do Funcionamento do Algoritmo	41
4.8.3 Bife de Chorizo Bovino	43
4.8.4 Ovos	44
4.8.5 Costelinha Suína	45
4.9 COMPARATIVO DO TERMOCIRCULADOR DESENVOLVIDO COM PARES DE MERCADO	46
4.10 DESENVOLVIMENTO DE UMA EMPRESA FICTÍCIA	47
4.10.1 Modelo de Negócio	49
4.10.2 Plano de Negócios	49
4.10.2.1 Sumário executivo	50
4.10.2.1.1 O conceito do negócio	50
4.10.2.1.2 O produto	51
4.10.2.1.3 Equipe de gestão	51
4.10.2.1.4 Missão	51
4.10.2.2 Análise de mercado	51
4.10.2.2.1 Cliente	51

4.10.2.2.2 Concorrentes	56
4.10.2.2.3 Fornecedores	57
4.10.2.3 Plano de marketing	57
4.10.2.3.1 Preço	58
4.10.2.4 Plano operacional	60
4.10.2.5 Plano financeiro	61
4.10.2.5.1 Estimativa dos investimentos fixos	61
4.10.2.5.2 Capital de giro	61
4.10.2.5.3 Investimentos pré-operacionais	62
4.10.2.5.4 Investimento total	62
4.10.2.6 Avaliação estratégica	62
4.10.2.6.1 Análise SWOT	62
4.10.3 A Marca	63
4.10.4 Conclusão Sobre a Viabilidade do Negócio	64
5 CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

Segundo Baldwin (2012), a palavra *Sous Vide* tem origem francesa, sendo traduzida para o português como “sob vácuo”. Já a técnica culinária *Sous Vide*, ilustrada na Figura 1, consiste na cocção de um alimento embalado a vácuo em um saco plástico e atóxico quando aquecido, e disposto em um recipiente contendo água a uma temperatura baixa e controlada (BORGES, 2019). Esta técnica culinária foi aplicada pela primeira vez em 1970 pelo chef do restaurante Troisgros, George Pralus, que buscava um método para preparar *foie gras* (traduzido do francês: fígado de pato) sem perder a consistência original do alimento (RAMOS, 2004).

Figura 1 - Aplicação da técnica culinária *Sous Vide*.



Fonte: Ricardo Cuisine (2022).

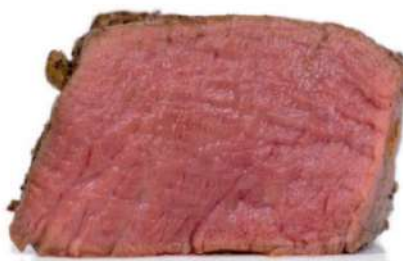
O fato do alimento estar embalado à vácuo permite que a transferência de calor entre água e alimento ocorra de forma mais eficiente, além de evitar a diluição de seus sabores na água (BORGES, 2019).

Segundo Ramos (2004), o sabor original dos alimentos, seus nutrientes e seus sucos naturais são preservados com o uso da técnica *Sous Vide*, o que resulta em uma qualidade e padronização de cocção impossíveis de se alcançar com o uso de métodos de preparo tradicionais. Além disso, esta técnica é capaz de eliminar todos os problemas de cor, sabor e textura dos alimentos, geralmente associados à comida congelada. Tem-se também, que a sua aplicação elimina os riscos de contaminação bacteriana dos alimentos, uma vez que durante o processo de cocção estes são totalmente pasteurizados e isolados do ambiente externo por meio da sua embalagem a vácuo.

Atualmente, o que mais chama a atenção do público e dos cozinheiros profissionais quanto ao uso da técnica culinária *Sous Vide* é, sem dúvida, a sua precisão quanto ao ponto de cocção do alimento, que, independente da sua espessura, sempre será fiel ao estabelecido pelo cozinheiro (CREED; REEVE, 1998). Ainda, os alimentos preparados por meio desta técnica mantêm as suas propriedades organolépticas e nutricionais, além de se tornarem muito mais macios e saborosos do que quando preparados com o uso de técnicas convencionais (BALDWIN, 2012).

Desta forma, o uso da técnica *Sous Vide*, em razão da precisão e estabilidade da temperatura da água, resulta em uma cocção por igual em toda a extensão do alimento (Figura 2). Em comparação, quando se utiliza técnicas tradicionais no preparo de cortes de carnes, por exemplo o preparo em grelha a temperaturas elevadas, obtém-se como resultado um alimento com cocção excessiva em suas bordas e insuficiente em seu centro (Figura 3) (BORGES, 2019).

Figura 2 - Cocção por meio da técnica culinária *Sous Vide*.



Fonte: Borges (2019).

Figura 3 - Cocção por meio de técnica culinária tradicional (grelha à alta temperatura).



Fonte: Borges (2019).

Segundo Borges (2019), a técnica *Sous Vide* é composta por 4 etapas, sendo elas: tempero, embalagem, cocção e finalização.

Quanto à primeira etapa, tem-se que esta técnica culinária apresenta um efeito multiplicador do sabor de temperos e condimentos e, desta forma, deve-se

tomar muito cuidado com as quantidades utilizadas (BORGES, 2019). Após isso, deve-se inserir o alimento em uma embalagem especial, atóxica e resistente à temperaturas elevadas, selando-a a vácuo por meio de uma seladora a vácuo. No entanto, o uso desta máquina pode ser substituído por outro processo, com resultado semelhante porém menos eficiente, que consiste em mergulhar a embalagem contendo o alimento em um recipiente com água e selá-lo quando houver vácuo em seu interior (BORGES, 2019).

Com o alimento temperado e embalado, tem-se a sua inserção em um recipiente com água à temperatura controlada e de acordo com o alimento ou receita a ser preparado. Assim como a temperatura, o tempo de cocção varia de acordo com a receita e alimento preparado, sendo recomendada 1 hora e meia por polegada de espessura de carnes vermelhas, por exemplo (BORGES, 2019).

Durante a cocção do alimento por meio da técnica culinária *Sous Vide*, não há ocorrência de reação de Maillard em seu exterior, que consiste em uma reação química entre um aminoácido ou proteína e um carboidrato redutor, obtendo-se produtos que dão sabor, odor e cor aos alimentos, sendo o seu aspecto dourado após assados resultado desta reação (FRANCISQUINI *et al.*, 2017). Desta forma, faz-se necessário à produzir por meio de um maçarico, frigideira ou grelha de forma rápida para preservar o ponto perfeito no interior do alimento. Esta é uma etapa que visa, principalmente, embelezar o alimento (BORGES, 2019).

Um termocirculador foi objeto de desejo do autor por muito tempo, porém adquirir um não se demonstrava racional diante dos elevados preços praticados pelos fabricantes deste tipo de equipamento. Desta forma, aliando tal desejo aos aprendizados obtidos durante a faculdade de engenharia elétrica, decidiu-se desenvolver o próprio termocirculador. Assim, este trabalho se trata do projeto da estrutura e dos circuitos eletrônicos de um termocirculador aplicado à técnica culinária *Sous Vide*, bem como da elaboração de um algoritmo de programação em MicroPython, e da implementação de um controlador *On-Off* para o controle da temperatura da água, culminando em um termocirculador de custo inferior ao praticado por seus pares de mercado. Além disso, este projeto engloba também o planejamento de uma empresa fictícia responsável pelo desenvolvimento, fabricação, comercialização e distribuição do equipamento desenvolvido. Este trabalho é baseado no protótipo projetado e executado por Marcotti e Nascimento (2021) e, desta forma, foi desenvolvido de forma a reparar falhas observadas e

pontuadas pelos autores, como a grande quantidade de cabos conectores que impediu a montagem do equipamento, e adicionar melhorias.

Como objetivos específicos deste trabalho, tem-se o desenvolvimento dos circuitos eletrônicos e da estrutura do termocirculador; a elaboração de um algoritmo de programação para o microcontrolador em MicroPython, contando com a implementação de um controlador *On-Off* para o controle da temperatura da água; o planejamento de uma empresa fictícia responsável por seu desenvolvimento, fabricação, comercialização e distribuição e, por fim, a execução e teste de funcionamento do equipamento desenvolvido.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 TERMOCIRCULADOR

Ao se utilizar da técnica culinária *Sous Vide* no preparo de alimentos, o controle da temperatura da água pode ser feito de forma manual, substituindo a água do recipiente à medida que esfria, ou automática, utilizando-se um termocirculador ou um *water oven* que, por meio de sensores de temperatura, microcontrolador, aquecedor e outros componentes eletrônicos, são capazes de homogeneizar e manter a temperatura da água constante do início ao fim do preparo de um alimento.

Segundo Borges (2019), *water oven* (Figura 4) se trata de um equipamento que possui todas as funções necessárias para a prática da técnica culinária *Sous Vide*, dispensando objetos adicionais. Possui como vantagem, um compartimento que reserva e aquece água. Seu elemento aquecedor tipicamente se localiza no fundo da unidade, sendo estrategicamente posicionado de forma a aproveitar que a água se torna menos densa à medida que esquenta e proporcionar um aquecimento mais uniforme.

Figura 4 - Water oven Cetro Constantine.



Fonte: Cetro Máquinas (2022a).

Já um termocirculador (Figura 5) necessita de um recipiente contendo água, ao qual é devidamente fixado, para possibilitar o seu funcionamento. O recipiente deve possuir dimensões de forma que o equipamento não fique submerso mas também não fique excessivamente fora da água. Ainda, um motor com hélice, ou

uma bomba, é responsável pela circulação da água, visto que apenas seu aquecedor não possibilita uma temperatura uniforme em todo o recipiente. Atualmente, alguns termocirculadores já possuem módulos *Wi-Fi* ou *Bluetooth*, permitindo controle e monitoramento remotos do equipamento (BORGES, 2019).

Figura 5 - Termocirculador Cetro SV95.



Fonte: Cetro Máquinas (2022b).

Segundo Borges (2019), se comparado ao *water oven*, o termocirculador se trata de um equipamento mais econômico e compacto, podendo ser facilmente transportado e armazenado, ideal para cozinhas pequenas e amadoras.

Chefsteps Joule e Anova Precision Cooker são os termocirculadores de maior destaque no mercado mundial. Ambos os equipamentos possuem conexão Wi-Fi ou Bluetooth com smartphones, permitindo controlá-los remotamente. Apresentam diversas funcionalidades, sendo a principal o envio de informação para/do termocirculador. Além disso, páginas de ajuda, notificações do estado do equipamento, comunidades de receitas e tutoriais em vídeo também podem ser encontrados nos aplicativos *mobile* dos equipamentos mencionados (BORGES, 2019).

Quanto ao mercado brasileiro, a empresa de maior destaque se trata da Cetro Máquinas, contendo em seu catálogo de produtos tanto termocirculadores quanto *water ovens*.

2.2 CONTROLADOR

Diversos controladores podem ser implementados para a manutenção da temperatura da água, tais como controlador *On-Off*, P (Proporcional), PI (Proporcional e Integral), PD (Proporcional e Derivativo) ou PID (Proporcional, Integral e Derivativo).

Segundo Silva (2018), em muitos processos com constantes de tempo simples, é comum usar o controlador P, que é sensível a perturbações e mudanças no ponto de ajuste. No entanto, essa abordagem geralmente leva a um erro residual em regime permanente (offset), o que é considerado indesejável.

O controle integral tem como principal característica a redução ou eliminação do erro em regime permanente. No entanto, se o ganho integral for muito alto ou a resolução do sensor for baixa, a resposta pode se tornar excessivamente oscilatória, o que é uma desvantagem. Para contornar essa limitação, é comum adicionar ganho proporcional e, se necessário, atenuar o ganho integral (SILVA, 2018)

Por sua vez, o controlador PD adiciona um zero na função de transferência do sistema, melhorando o desempenho em regime transitório e aumentando a estabilidade relativa do sistema, o que reduz o tempo de acomodação. No entanto, embora tenha essas vantagens, o controlador derivativo aumenta o tempo de subida e não corrige o erro de estado estacionário, já que não atua nesse regime (SILVA, 2018).

O controlador PID une os controladores proporcional, integral e derivativo, atuando tanto no regime transitório quanto no regime permanente, combinando as características de estabilidade de controle proporcional derivativo com as características de eliminação do erro oferecidas pelo controle proporcional integral. Além disso, este controlador reduz o erro em regime permanente e melhora a estabilidade do sistema controlado, no entanto, a resposta do sistema pode ser lenta quando comparada a outros controladores (SILVA, 2018) (FERRANDO; ARAUJO; KAKUNO, 2017).

O controlador *On-Off* pertence ao grupo de controle clássico, e funciona baseado na leitura de um sensor (neste caso, de temperatura da água), que atua no sistema de modo a atingir um objetivo em específico (neste caso, a manutenção de temperatura da água) ligando e desligando um atuador (neste caso, um ebulidor)

(CARDOSO, 2020). Para este trabalho, optou-se pelo uso do controlador *On-Off*, que será justificado adiante.

2.3 MICROCONTROLADOR

Como referência para o projeto de todos os circuitos eletrônicos deste trabalho, optou-se pelo uso do microcontrolador ESP32 (Figura 6). Trata-se de um componente fabricado pela empresa Espressif Systems, apresenta conexão Wi-Fi, com frequência de 2,4 GHz, e Bluetooth, possibilitando diversas aplicações. Este microcontrolador possui um cristal oscilador integrado de 40 MHz em seu interior, dispensando o uso de um componente externo. Sua tensão de alimentação pode variar entre 3 e 3,6 V, com uma corrente de operação média de 80 mA, e pode trabalhar em temperaturas entre -40 °C e +85 °C. Ainda, trata-se de um componente compacto, dispondo de dimensões iguais a 18 x 25,50 x 3,10 mm. Apresenta comunicação por meio dos padrões I2C e SPI. Somando todas as suas portas digitais, o ESP32 é capaz de entregar uma corrente de saída de até 1,1 A. (ESPRESSIF SYSTEMS, 2021).

Figura 6 - Microcontrolador ESP32-WROOM-32.



Fonte: Mouser Electronics (2018).

Para a programação do microcontrolador ESP32, foi utilizada a linguagem de programação de alto nível MicroPython, derivada de Python 3, que inclui diversas subfunções de bibliotecas padrão Python, porém otimizadas para trabalhar com microcontroladores. Desta forma, assim como Python se faz em relação a C/C++, a linguagem de programação MicroPython se mostra mais simples e intuitiva do que a

presente no ambiente de programação Arduino IDE, além de tornar o protótipo desenvolvido mais profissional (TEIXEIRA, 2019).

2.4 IMPRESSÃO 3D

Normalmente, quando se trata de impressão 3D, três materiais se destacam: o Acrilonitrila Butadieno Estireno (na sigla em inglês ABS: *Acrylonitrile Butadiene Styrene*), o Ácido Polilático (na sigla em inglês PLA: *Polylactic Acid*) e o Polietileno Tereftalato Glicol (na sigla em inglês PETG: *Polyethylene Terephthalate Glycol*). Suas principais características estão exibidas no Quadro 1.

Quadro 1 - Características dos materiais mais utilizados para impressão 3D.

Propriedades	Material		
	PLA	ABS	PETG
Densidade	1,24 g/cm ³	1,04 g/cm ³	1,27 g/cm ³
Temperatura de fusão	185 °C	220 °C	240 °C
Temperatura de transição vítrea	60 °C	100 °C	85 °C
Tensão de escoamento	66 Mpa	38 Mpa	51 Mpa
Resistência à flexão	130 Mpa	66 Mpa	72 Mpa
Módulo de elasticidade	4350 Mpa	2200 Mpa	2120 Mpa
Valor por quilograma	R\$ 98,01	R\$ 65,90	R\$ 107,01
Qualidade de acabamento	Baixa	Alta	Média

Fonte: Galvani (2019), 3D Lab (2023a), 3D Lab (2023b) e 3D Lab (2023c).

O ABS, material utilizado neste trabalho, trata-se do termoplástico mais antigo, barato e comum, sendo derivado do petróleo e, portanto, de origem não renovável. Segundo Galvani (2019), objetos feitos deste material são resistentes mecanicamente e levemente flexíveis, tornando-o ideal para a produção de peças que precisem suportar cargas mecânicas e impactos. Também são consideravelmente resistentes à umidade e a temperatura, com temperatura de

fusão e transição vítrea iguais a 220 °C e 100 °C respectivamente. Por estas características, costumam ser escolhidos para protótipos industriais.

Por sua vez, o PLA é um material biodegradável e de origem vegetal, podendo ser feito de amido de milho, cana-de-açúcar, raízes de tapioca ou amido de batata. Segundo Galvani (2019), trata-se de um material mais sensível ao calor e que necessita ser guardado em lugares frescos e secos, caso contrário, torna-se quebradiço e pode apresentar problemas. Apresenta temperatura de fusão e transição vítrea iguais a 185 °C e 60 °C respectivamente.

Já o PETG, segundo Galvani (2019), é considerado um material nobre para a impressão 3D em razão de suas características de alta resistência mecânica e química. Apresenta resistência à temperatura próxima ao plástico ABS, com temperatura de fusão e transição vítrea iguais a 240 °C e 85 °C respectivamente.

3 METODOLOGIA

Inicialmente, realizou-se uma revisão de literatura, estudando tópicos a respeito da técnica culinária *Sous Vide* e aplicações do termocirculador a mesma, bem como assuntos relacionados à empreendedorismo, eletrônica, microcontroladores e linguagens de programação.

Posteriormente, projetou-se, por meio do software EasyEDA, os circuitos eletrônicos que compõem o equipamento desenvolvido, baseados no microcontrolador ESP32 e seu *datasheet*. Estes circuitos foram agrupados na forma de placas de circuito impresso (na sigla em inglês *PCB - Printed Circuit Board*), que foram encomendadas por meio da fabricante JLC PCBs.

Após isso, os periféricos que se comunicam com o microcontrolador, enviando informações ou sendo controlados por ele, foram escolhidos e adquiridos. São eles exibidos na Fotografia 1 da esquerda para a direita: ebulidor (aquecedor de água), sensor de nível de água, sensor de temperatura em sonda, motor de corrente contínua (CC) e ventoinha.

Fotografia 1 - Periféricos presentes no termocirculador.



Fonte: Autoria própria.

Com a definição dos periféricos e aquisição dos mesmos, foi desenvolvida a estrutura plástica do termocirculador por meio do software Autodesk Inventor, de forma a alojar todas as PCBs e periféricos com segurança. Em seguida, a mesma foi fabricada em plástico ABS com o uso de impressão 3D.

As placas de circuito impresso e periféricos foram alocados na estrutura do termocirculador e, com isso, por meio do ambiente de desenvolvimento Thonny,

disponível em Thonny (2023), foi elaborado um algoritmo de programação na linguagem MicroPython de forma a controlar o microcontrolador escolhido (ESP32), o comunicar com o usuário do equipamento por meio de um servidor web via conexão Wi-Fi e implementar um controlador *On-Off* para estabilizar a temperatura da água controlada durante o período de funcionamento do equipamento.

Com a finalização do algoritmo de programação, planejou-se uma empresa fictícia para a comercialização do termocirculador desenvolvido neste trabalho, contendo nome, logo e todo o estudo, planejamento e projeções necessárias para a abertura de uma empresa real.

Por fim, iniciou-se a fase de testes do equipamento desenvolvido, contando com a preparação de alimentos por meio da técnica culinária *Sous Vide*, sendo eles bife de chorizo, costelinha suína e ovos.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 PROJETO DOS CIRCUITOS ELETRÔNICOS

Os circuitos eletrônicos do termocirculador desenvolvido foram divididos em três: circuito principal, de alimentação e de controle em tensão alternada.

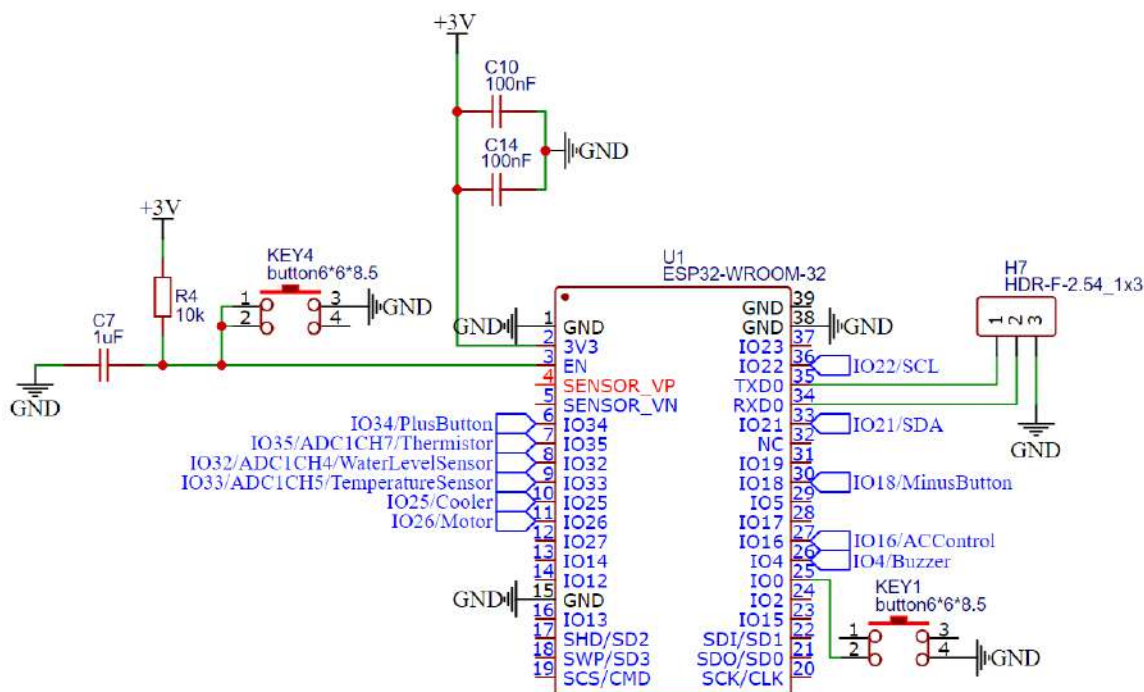
4.1.1 Circuito Principal

O circuito principal é responsável pelo processamento de informações coletadas pelos botões e sensores de nível e temperatura de água, controle do display OLED, motor CC e ventoinha e manutenção da conexão *wireless* com o usuário. Este circuito foi baseado no microcontrolador ESP32 e seu *datasheet*.

A principal necessidade deste circuito é reduzir os cabos de conexão presentes no interior do equipamento e que, segundo Marcotti e Nascimento (2021), dificultam a sua montagem.

Na Figura 7, tem-se as conexões necessárias para o funcionamento adequado do microcontrolador, obtidas a partir do *datasheet* do componente.

Figura 7 - Conexões com o microcontrolador ESP32.



Fonte: Autoria própria.

Quanto à programação do microcontrolador, foram necessários dois botões: um para atribuir sinal lógico baixo à sua porta digital 0, permitindo que o microcontrolador entre em modo *boot*, possibilitando o envio de *firmwares* e algoritmos para ele, e outro para atribuir sinal lógico baixo ao seu pino EN, resetando o estado do microcontrolador (este botão não constava no *datasheet* e no circuito de referência do componente, porém foi necessário). Além disso, as portas TXD0 e RXD0 permitem a sua comunicação com um computador por meio de uma ponte USB para UART com o controlador CP2102 (Figura 8).

Figura 8 - Ponte USB para UART.

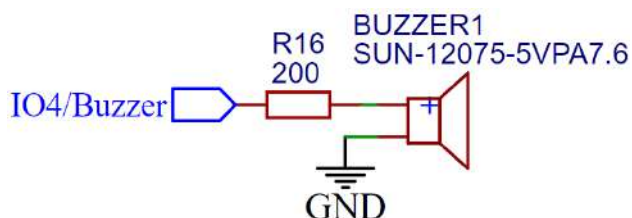


Fonte: Daraz (2023).

Além disso, dois pólos positivos de 3,3 V e 5 V e um GND alimentam o microcontrolador, que pode ser alimentado com tensões entre 3 V e 3,6 V, e os demais componentes do circuito principal.

Sua porta digital 4 (IO4) se conecta a um resistor e um *buzzer* ativo, responsável por emitir um aviso sonoro para alertar o usuário do equipamento caso este seja ligado fora d'água, evitando graves acidentes (Figura 9).

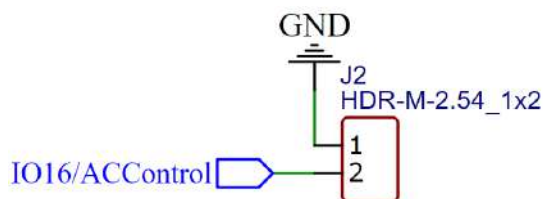
Figura 9 - Conexão do microcontrolador com um *buzzer* ativo.



Fonte: Autoria própria.

O microcontrolador se conecta com o circuito de controle em tensão alternada por meio de sua porta digital 16 (IO16) e dois soquetes macho (placa principal) e dois soquetes fêmea (placa de controle e alimentação) (Figura 10).

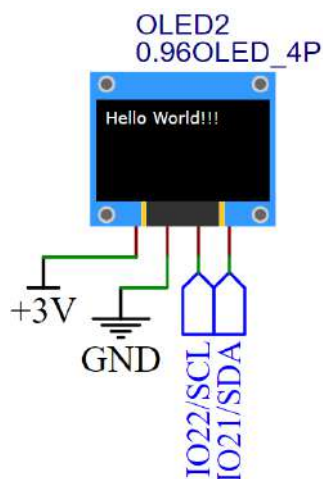
Figura 10 - Conexão entre microcontrolador e circuito de controle em tensão alternada.



Fonte: Autoria própria.

Suas portas digitais 21 (IO21/SDA) e 22 (IO22/SCL) se conectam ao display OLED (Figura 11), permitindo a comunicação com este componente e possibilitando exibir mensagens de texto no mesmo.

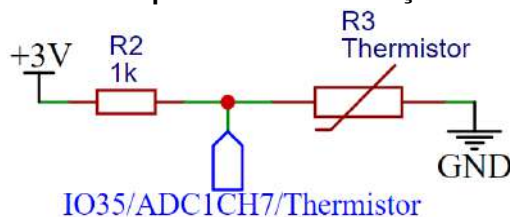
Figura 11 - Conexão entre microcontrolador e *display OLED*.



Fonte: Autoria própria.

Para coletar valores de temperatura provenientes de um termistor NTC, por meio da variação de sua resistência, utilizou-se um circuito divisor de tensão conectado à sua porta digital 35 (IO35), que dispõe de conversor analógico-digital (Figura 12).

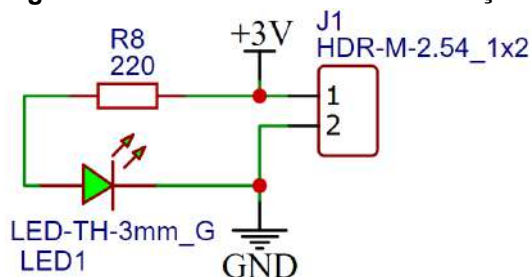
Figura 12 - Circuito divisor de tensão para coleta da variação de resistência de um termistor.



Fonte: Autoria própria.

Um LED verde conectado a um resistor é disposto entre os pólos de 3 V e GND, indicando se a placa principal está ou não sendo alimentada (Figura 13).

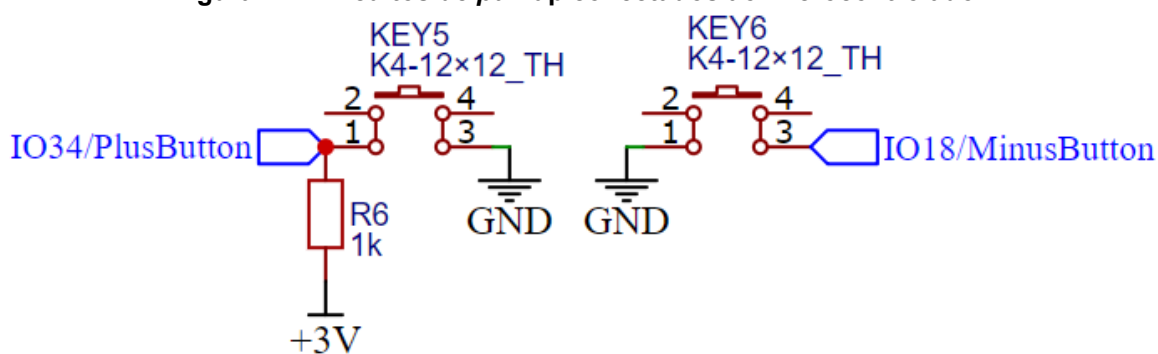
Figura 13 - LED indicador de alimentação.



Fonte: Autoria própria.

Um resistor de *pull up* é conectado à porta digital 34 (IO34), representando o botão de incremento de temperatura. Já a porta digital 18 (IO18) é conectada diretamente ao botão, pois possui suporte para resistores de *pull-up* ou *pull-down* internos via *software*, representando o botão de decremento de temperatura (Figura 14).

Figura 14 - Circuitos de *pull up* conectados ao microcontrolador.

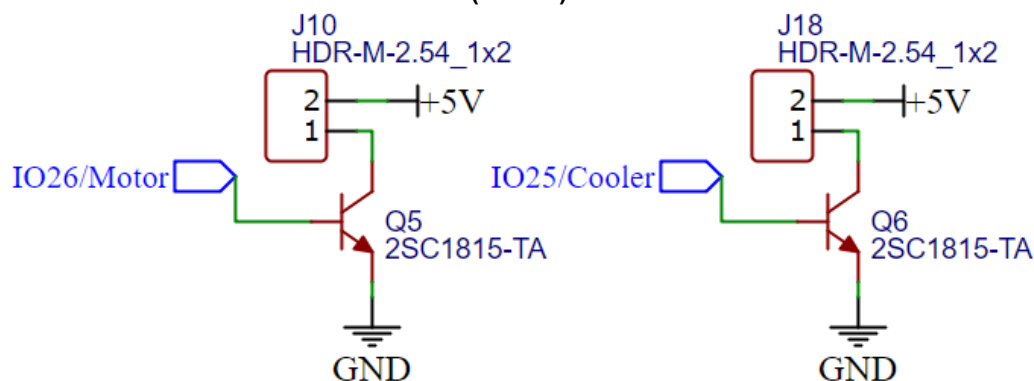


Fonte: Autoria própria.

O controle do motor CC e da ventoinha ocorre por meio de dois transistores NPN 2SC1815, com estes ligados às portas digitais 26 (IO26) e 25 (IO25) do microcontrolador, respectivamente (Figura 15).

Deve-se pontuar que a ausência de resistores entre as portas digitais e a base dos transistores se deu por uma falha de projeto, podendo ocasionar a saturação do transistor e o consequente aumento da dissipação de energia, danificando o mesmo e impedindo seu funcionamento. Portanto, é necessária a adição desses resistores (BOYLESTAD; NASHELSKY, 2013).

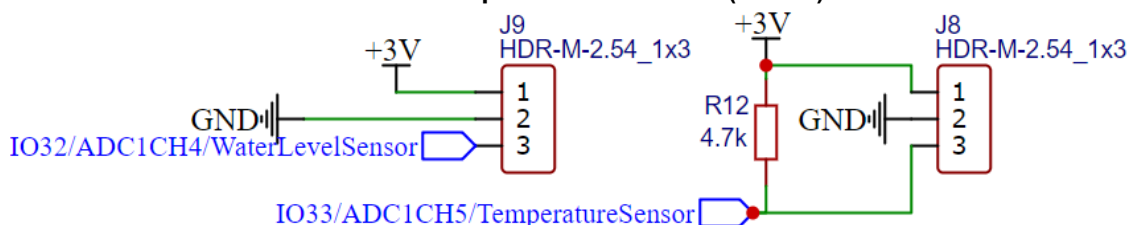
Figura 15 - Circuito de controle do motor CC (esquerda) e circuito de controle da ventoinha (direita).



Fonte: Autoria própria.

Já o sensor de nível d'água e o sensor de temperatura em sonda se conectam às portas digitais 32 (IO32/ADC1CH4) e 33 (IO33/ADC1CH5) respectivamente, com suporte aos conversor analógico-digital 1 e seus canais 4 e 5 e sendo alimentados pelo pólo de 3 V e GND. Além disso, o sensor de temperatura em sonda demanda um resistor de 4,7 kΩ em configuração de *pull-up* (Figura 16).

Figura 16 - Conexão do microcontrolador com o sensor de nível d'água (esquerda) e com o sensor de temperatura em sonda (direita).

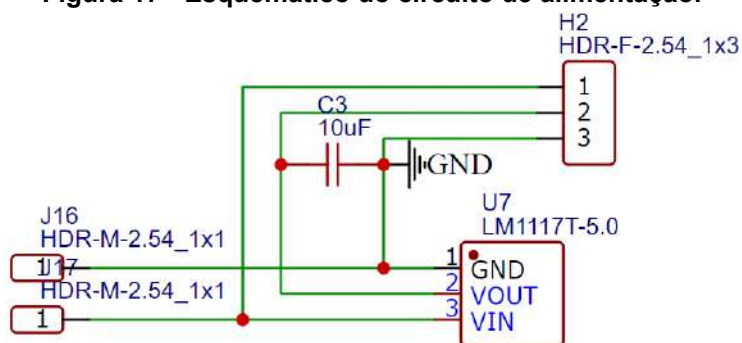


Fonte: Autoria própria.

4.1.2 Circuito de Alimentação

Como fonte de energia para o microcontrolador e demais componentes eletrônicos, foi utilizado um conversor 110 VAC - 5 VDC com potência de 10 W (Figura 18), adquirido por meio do marketplace Banggood. Este conversor é composto, basicamente, por transformador, ponte retificadora, capacitores e resistores. O circuito de alimentação completo está disposto na Figura 17.

Figura 17 - Esquemático do circuito de alimentação.



Fonte: Autoria própria.

Figura 18 - Conversor AC-DC utilizado.



Fonte: Joom (2023).

Com o intuito de rebaixar a tensão de 5V proveniente do conversor AC-DC para 3,3 V, utilizou-se o regulador de tensão fixo LM1117-3.3 (Figura 19), posicionado na saída do componente (J16 ligado ao GND e J17 ao pólo de 5 V).

Figura 19 - Regulador de tensão fixo LM1117-3.3.



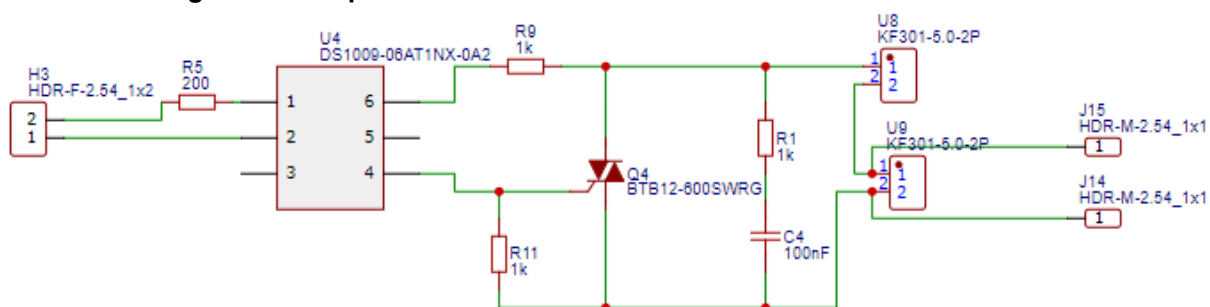
Fonte: Aliexpress (2023).

4.1.3 Circuito de Controle em Tensão Alternada

Já o circuito de controle em tensão alternada (Figura 20), responsável pelo funcionamento adequado do ebullidor (equipamento responsável pelo aquecimento da água), foi baseado no trabalho de Borges (2019) e é composto, basicamente, por um TRIAC (BTB12) e um optoacoplador (MOC3023), este próprio para o acionamento de TRIACs conectados a tensão da rede elétrica (ON SEMICONDUCTOR, 2018).

O optoacoplador age como um isolador entre o microcontrolador e a tensão da rede elétrica e, ao receber o sinal lógico alto proveniente do microcontrolador, aciona o TRIAC. Desta forma, tem-se a passagem de corrente alternada pelo ebulidor, conectado à placa de controle e alimentação por meio de conectores do tipo borne (U8), aquecendo a água contida no recipiente no qual o termocirculador está posicionado.

Figura 20 - Esquemático do circuito de controle em tensão alternada.



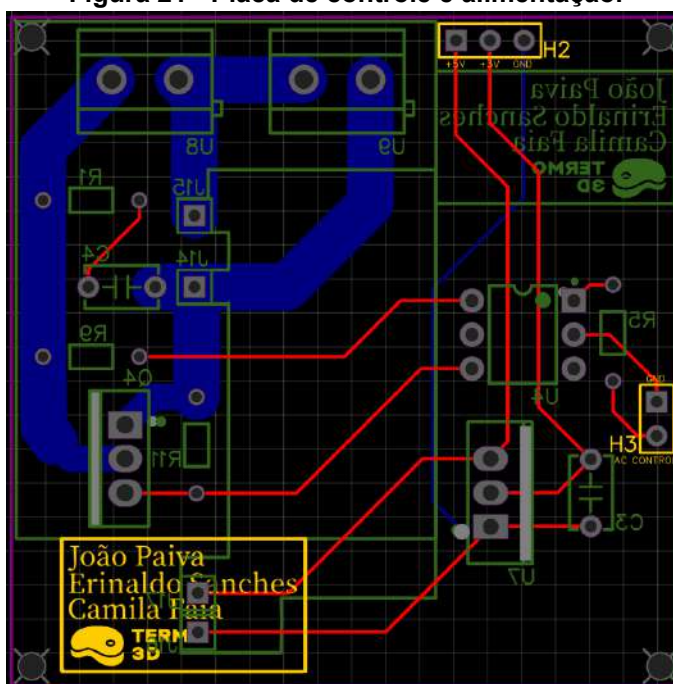
Fonte: Autoria própria.

O conector borne U9 se conecta à tensão proveniente da rede elétrica doméstica por meio de uma tomada convencional, que também se conecta às entradas do conversor AC-DC.

4.1.4 Placas de De Circuito Impresso

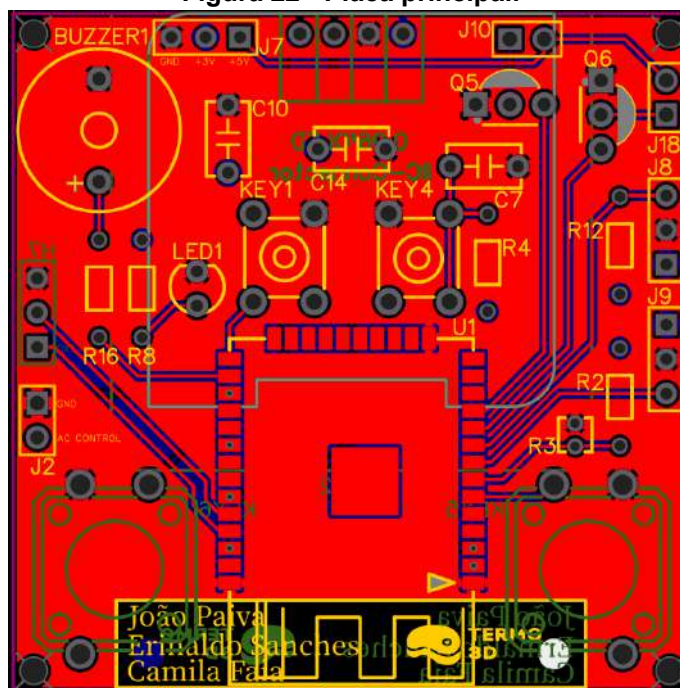
Pensando na completa fabricação do equipamento, os 3 circuitos projetados foram agrupados e elaborados na forma de 2 placas de circuito impresso (Figuras 21 e 22), com designs pensados para diminuir ao máximo as dimensões do termocirculador e reduzir a quantidade de cabos de conexão em seu interior, facilitando a sua montagem.

Figura 21 - Placa de controle e alimentação.



Fonte: Autoria própria.

Figura 22 - Placa principal.



Fonte: Autoria própria.

Quanto à placa de controle e alimentação (Figura 21), deve-se destacar os cálculos relacionados à largura de suas trilhas conectadas ao ebulidor e, conseqüentemente, à tensão alternada, garantindo que uma determinada corrente possa ser conduzida sem causar superaquecimento ou danos à placa. Portanto,

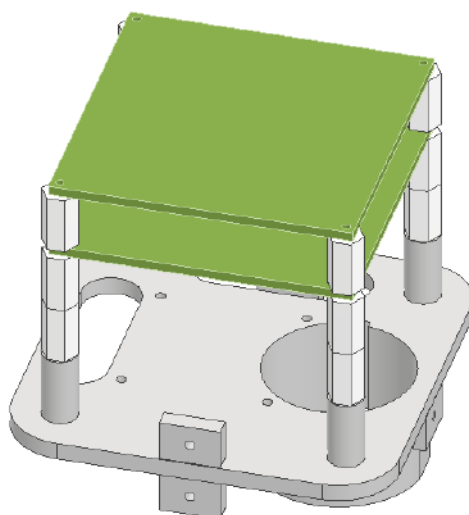
com base na norma técnica IPC-2221A (IPC, 2003), a Equação 1 descreve a largura da trilha (L), em milímetros, para um determinado aumento de temperatura (ΔT) quando percorrida por uma corrente (I), em que k é uma constante que varia de acordo com a localização da trilha, sendo igual a 0,048 para trilhas externas, e E se refere à espessura do cobre, sendo esta igual a 1 onças (oz), ou 28,4 g, para a fabricação padrão por meio da empresa JLC PCBs.

$$L = 0,0254 \frac{\left(\frac{I}{k \cdot \Delta T^{0,44}}\right)^{\frac{1}{0,725}}}{1,378 \cdot E} \quad (1)$$

Para este projeto, considerando trilhas externas, variação de temperatura (ΔT) igual a 10 °C e corrente (I) igual a 6 A, tem-se a largura de trilha calculada igual a 3,5 milímetros.

As duas PCBs elaboradas possuem as mesmas dimensões laterais: 5 cm x 5 cm, permitindo o seu posicionamento em torre (uma em cima da outra) por meio de parafusos hexagonais de nylon, empregados a fim de reduzir a massa da região superior do termocirculador, conforme mostrado na Figura 23. Soquetes macho e fêmea foram utilizados para conectar as PCBs.

Figura 23 - Disposição em torre das duas placas no interior do termocirculador.



Fonte: Autoria própria.

4.2 PROJETO DA ESTRUTURA PLÁSTICA

A estrutura do termocirculador desenvolvido foi dividida em 4 partes, visando facilitar a sua montagem e fabricação via impressão 3D: parte superior, parte inferior, tampa medial e tampas inferiores 1 e 2.

A parte superior (Figura 24), foi projetada de forma a conter e proteger as 2 placas de circuito impresso dispostas em torre em seu interior, além de ventoinha, motor CC, display OLED e botões. Em sua face traseira, tem-se a presença de um orifício que possibilita a entrada dos fios de tensão alternada, em suas laterais há vãos que permitem a saída do ar quente, e em sua face frontal tem-se a logo da empresa fictícia responsável pela produção e comercialização deste equipamento, a Termo 3D. Dispõe de dimensões laterais iguais a 7 x 7 cm, e altura igual a 5,5 cm.

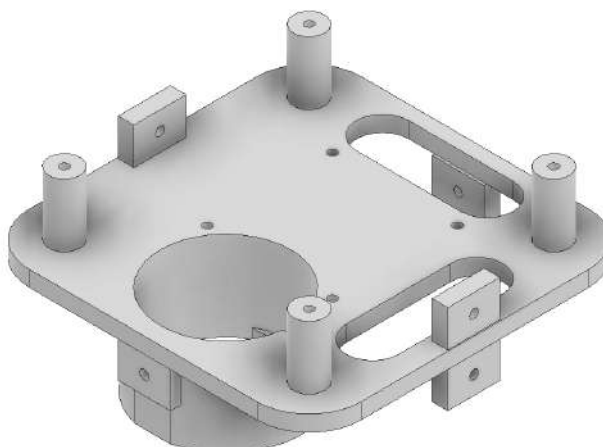
Figura 24 - Parte superior em vista isométrica.



Fonte: Autoria própria.

Já a tampa medial (Figura 25), foi elaborada de forma a fixar o motor CC, a ventoinha e os parafusos hexagonais que mantêm as 2 PCBs posicionadas em torre. Além disso, é responsável por ligar as porções superior e inferior do termocirculador. Dispõe de dimensões laterais iguais a 7 x 7 cm, e espessura igual a 3 mm.

Figura 25 - Tampa medial em vista isométrica.



Fonte: Autoria própria.

A parte inferior do termocirculador (Figura 26) é a sua maior parte, e abriga o ebulidor, componente responsável por aquecer a água, o sensor de temperatura em sonda, o sensor de nível d'água e a hélice. Essa parte é mostrada na Figura 3, e possui dimensões laterais iguais a 7 x 7 cm, e altura igual a 12,5 cm.

Figura 26 - Parte inferior em vista isométrica.

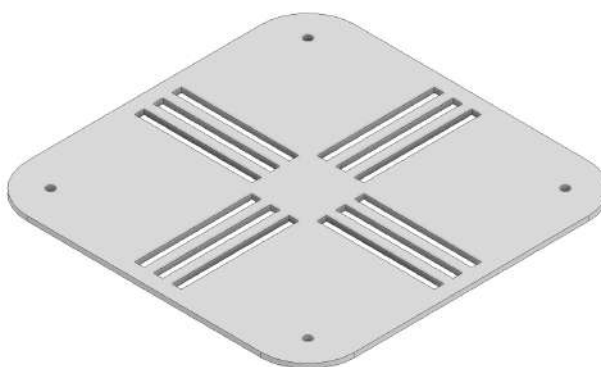


Fonte: Autoria própria.

Por fim, tem-se a tampa inferior, que é composta por duas partes (Figuras 27 e 28), e contém em seu interior os ímãs de neodímio (de dimensões iguais a 16 x

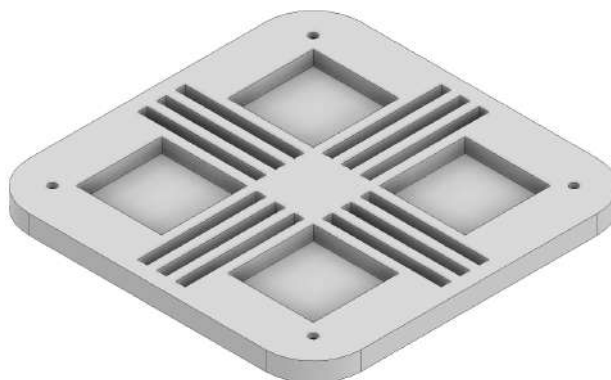
16 x 2 mm) responsáveis pela fixação do termocirculador. Esta peça sela a parte inferior do equipamento, possuindo vãos que permitem a entrada de água em seu interior e possui as mesmas dimensões laterais iguais a 7 x 7 cm e espessura somada de 5 mm.

Figura 27 - Tapa inferior em vista isométrica.



Fonte: Autoria própria.

Figura 28 - Tapa inferior (ímãs) em vista isométrica.

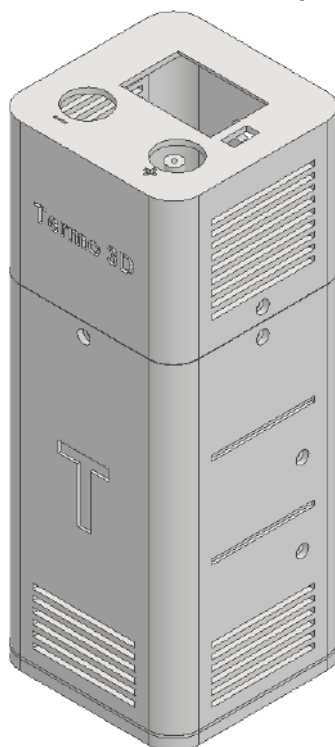


Fonte: Autoria própria.

Todas as partes que compõem o termocirculador, mencionadas anteriormente, foram pensadas e projetadas para serem fabricadas por meio de impressão 3D e compostas por plástico ABS. Optou-se pelo uso deste material em razão do mesmo possuir boa resistência mecânica, ponto de fusão superior à temperatura da água durante o funcionamento do equipamento (máximo de 80 °C). Desta forma, com base no Quadro 1, considerou-se este material superior às outras opções disponíveis.

Portanto, tem-se que a estrutura do termocirculador desenvolvido dispõe de dimensões laterais iguais a 7 x 7 cm e altura total de 18,5 cm. A estrutura completa é apresentada na Figura 29.

Figura 29 - Vista isométrica da estrutura completa do termocirculador.

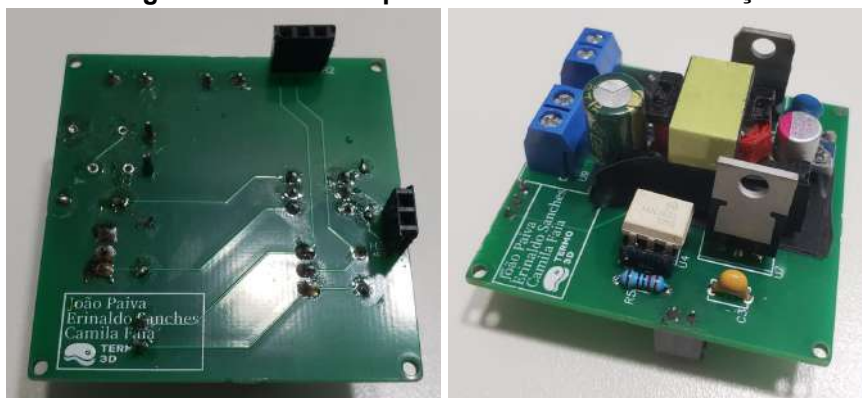


Fonte: Autoria própria.

4.3 EXECUÇÃO DAS PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO

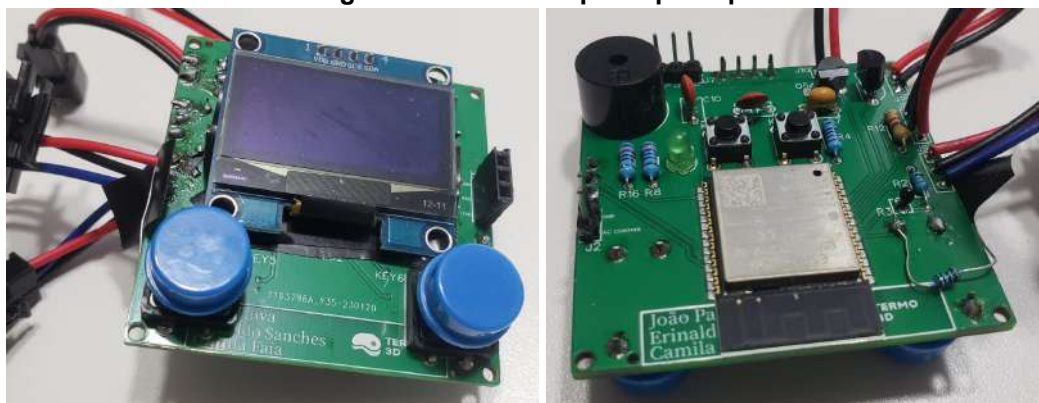
As 2 placas de circuito impresso desenvolvidas (Fotografias 2 e 3) tiveram seus arquivos .gerber exportados, foram encomendadas por meio da fabricante JLC PCBs e seus componentes eletrônicos foram soldados com o uso de ferro de solda convencional, utilizando-se componentes de montagem PTH (Pin Through Hole, com tradução do inglês: Pino Através de Orifício).

Fotografia 2 - Faces da placa de controle e alimentação.



Fonte: Autoria própria.

Fotografia 3 - Faces da placa principal.

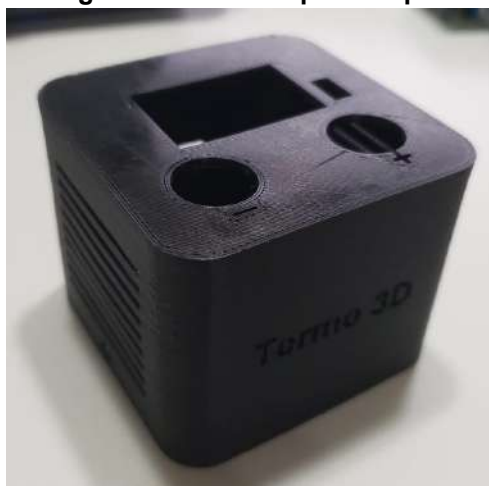


Fonte: Autoria própria.

4.4 EXECUÇÃO DA ESTRUTURA PLÁSTICA

Todas as partes que compõem a estrutura do termocirculador foram confeccionadas via impressão 3D em plástico ABS de cor preta e cinza, e estão dispostas nas Fotografias 4 à 8.

Fotografia 4 - Foto da parte superior.



Fonte: Autoria própria.

Fotografia 5 - Foto da hélice.



Fonte: Autoria própria.

Fotografia 6 - Foto da parte inferior.



Fonte: Autoria própria.

Fotografia 7 - Foto da tampa medial.



Fonte: Autoria própria.

Fotografia 8 - Foto das duas partes da tampa de baixo.



Fonte: Autoria própria.

Para se fixar as partes fabricadas, utilizou-se 16 parafusos M2 convencionais e 4 de nylon, 2 porcas convencionais e 8 parafusos hexagonais de nylon (Figura 9).

Fotografia 9 - Parafusos e porcas utilizados na montagem do termocirculador.



Fonte: Autoria própria.

Desta forma, com o equipamento montado e completo, assim como previsto durante a etapa de projeto, tem-se dimensões laterais iguais a 7 x 7 cm e altura igual a 18,5 cm, além de design em cor preta com detalhes cinzas (Fotografia 10).

Fotografia 10 - Termocirculador montado e completo.



Fonte: Autoria própria.

4.5 ELABORAÇÃO DO ALGORITMO DE PROGRAMAÇÃO

4.5.1 Por Que MicroPython?

Optou-se pelo uso da linguagem de programação MicroPython em razão da vasta quantidade de cursos e materiais disponíveis na internet e com fácil acesso relacionados à sua aplicação junto ao microcontrolador ESP32. Além disso, esta linguagem de programação despertava o interesse do autor e apresenta uma biblioteca específica para a implementação de um servidor web, nomeada como Wifimgr, facilitando uma importante etapa deste trabalho.

Ainda, acredita-se que o uso desta linguagem de programação diferencia este trabalho de outros relacionados a circuitos microcontrolados, uma vez que a mesma não é frequentemente empregada como C/C++, além de contribuir para a sua popularização.

Por fim, assim como Python se faz em relação a C/C++, a linguagem de programação MicroPython se mostra mais simples e intuitiva do que a presente no ambiente de programação Arduino IDE. Além disso, torna o protótipo desenvolvido por este projeto muito mais profissional (TEIXEIRA, 2019).

4.5.2 O Algoritmo

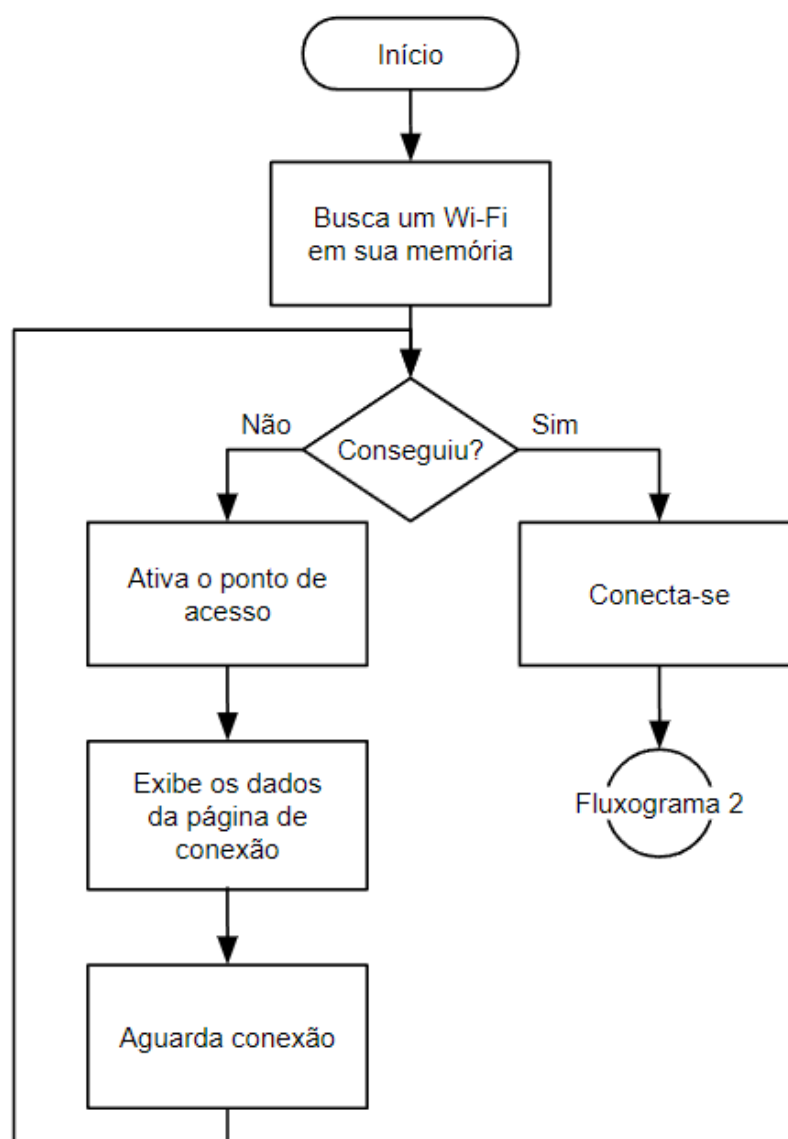
O algoritmo de programação desenvolvido fez uso das bibliotecas Socket (2023) e Wifimgr, disponível em Ulu (2023), para conexão Wi-Fi e gerenciamento do servidor web, Onewire (2023) e DS18X20 (2023) para controle do sensor de temperatura em sonda, SH1106, disponível em Hammelrath (2023), para controle do display OLED, Time (2023) para adição de estruturas de delay, Math (2023) para os cálculos necessários para a conversão da temperatura lida pelo termistor e Machine (2023) para o controle das portas digitais, conversores analógicos digitais e demais funções de hardware do microcontrolador.

A estrutura de funcionamento do algoritmo desenvolvido segue os fluxogramas apresentados nas Figuras 30 a 35.

A Etapa de Conexão Wi-Fi (Figura 30) é o momento no qual o termocirculador tenta se conectar à uma das redes Wi-Fi presentes em seu histórico de conexões. Caso não seja possível, ele habilita um ponto de acesso para que o usuário insira as

informações sobre a rede a qual ele deve se conectar. Um endereço IP com destino à página web referente ao ponto de acesso é exibido no display do termocirculador, bem como o nome e a senha da rede Wi-Fi referente a ele. Caso não haja conexão à uma rede, o termocirculador aguarda para executar o restante do algoritmo. Ou seja, para funcionar, o equipamento necessita estar conectado à uma rede Wi-Fi, porém não exige que o servidor web seja mantido aberto em um dispositivo.

Figura 30 - Fluxograma 1: Funcionamento da Etapa de Conexão Wi-Fi.

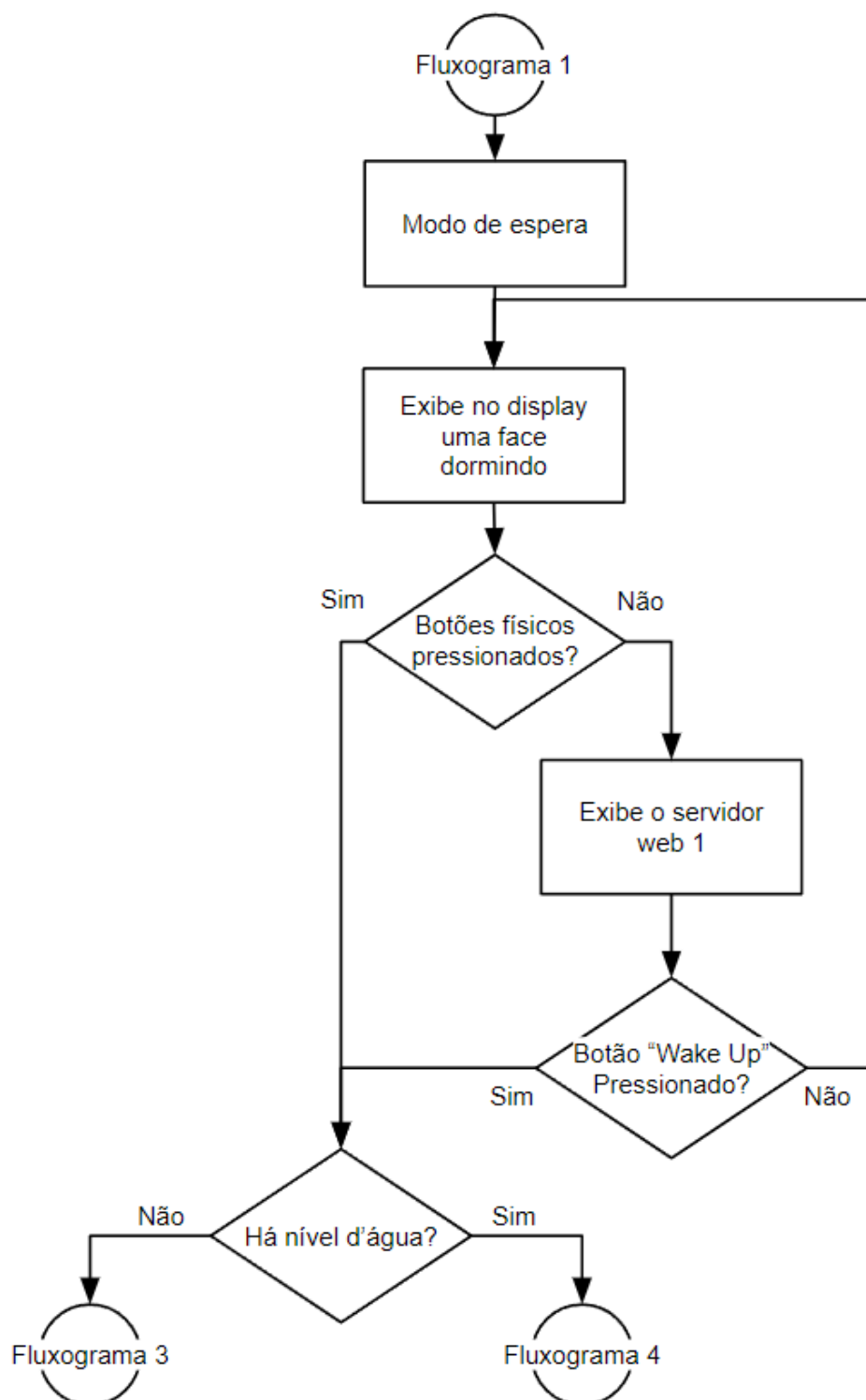


Fonte: Autoria própria.

Já o Modo de Espera (Figura 31) é o momento no qual o equipamento exibe em seu display a representação de uma face dormindo, em alusão ao fato de estar esperando que o usuário posicione e o ative ao pressionar seus 2 botões físicos ou

o botão presente no servidor web. Neste momento, também é exibido o endereço IP de acesso ao servidor web.

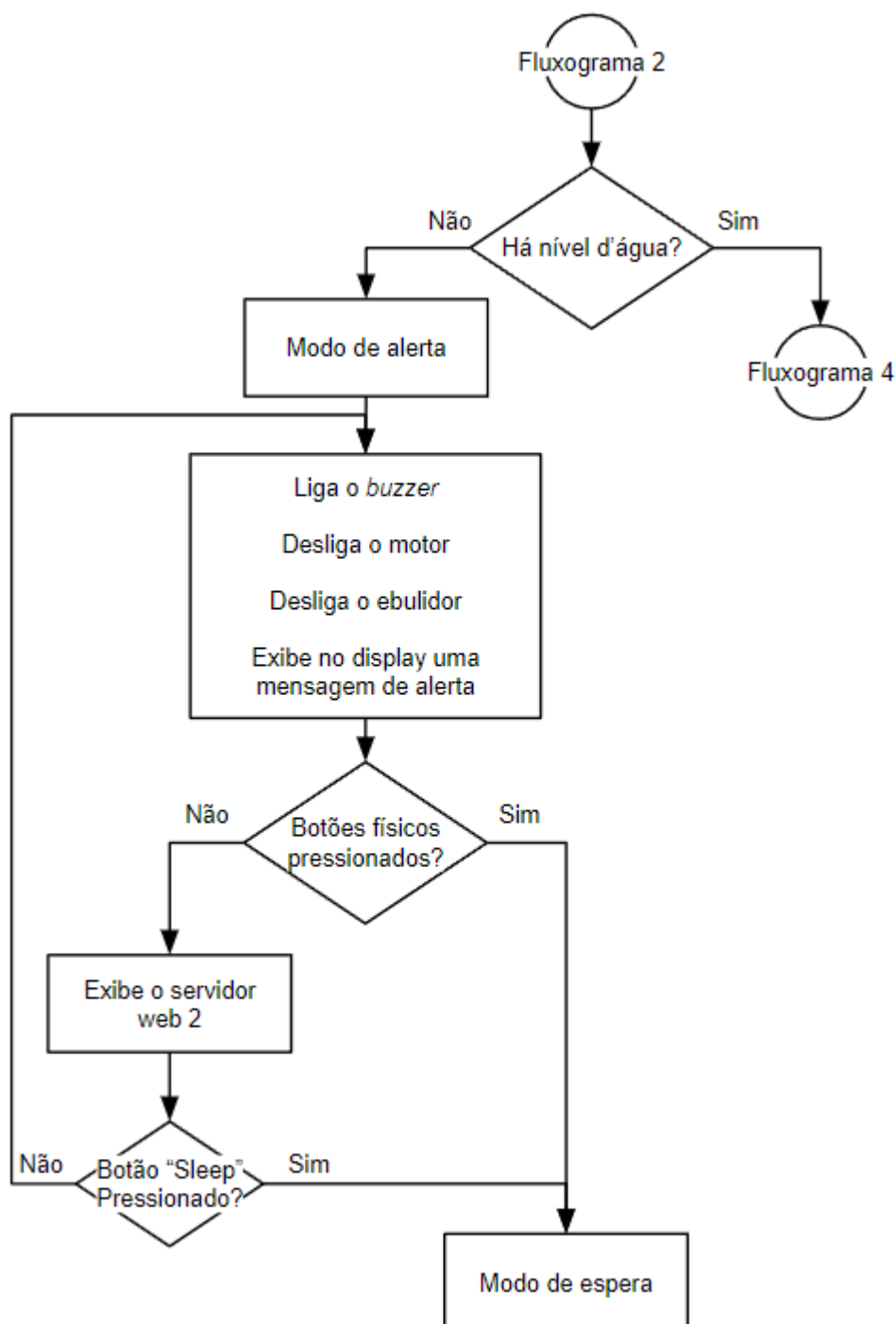
Figura 31 - Fluxograma 2: Funcionamento do modo de espera do algoritmo de programação desenvolvido.



Fonte: Autoria própria.

O Modo de Alerta (Figura 32) ocorre quando o termocirculador é ativado fora d'água. Tendo em vista que o ebulidor pode vir a derreter nesta situação, e a fim de se evitar acidentes, uma mensagem de aviso é exibida no display, o *buzzer* é ativado como forma de alertar o usuário e o ebulidor é desligado.

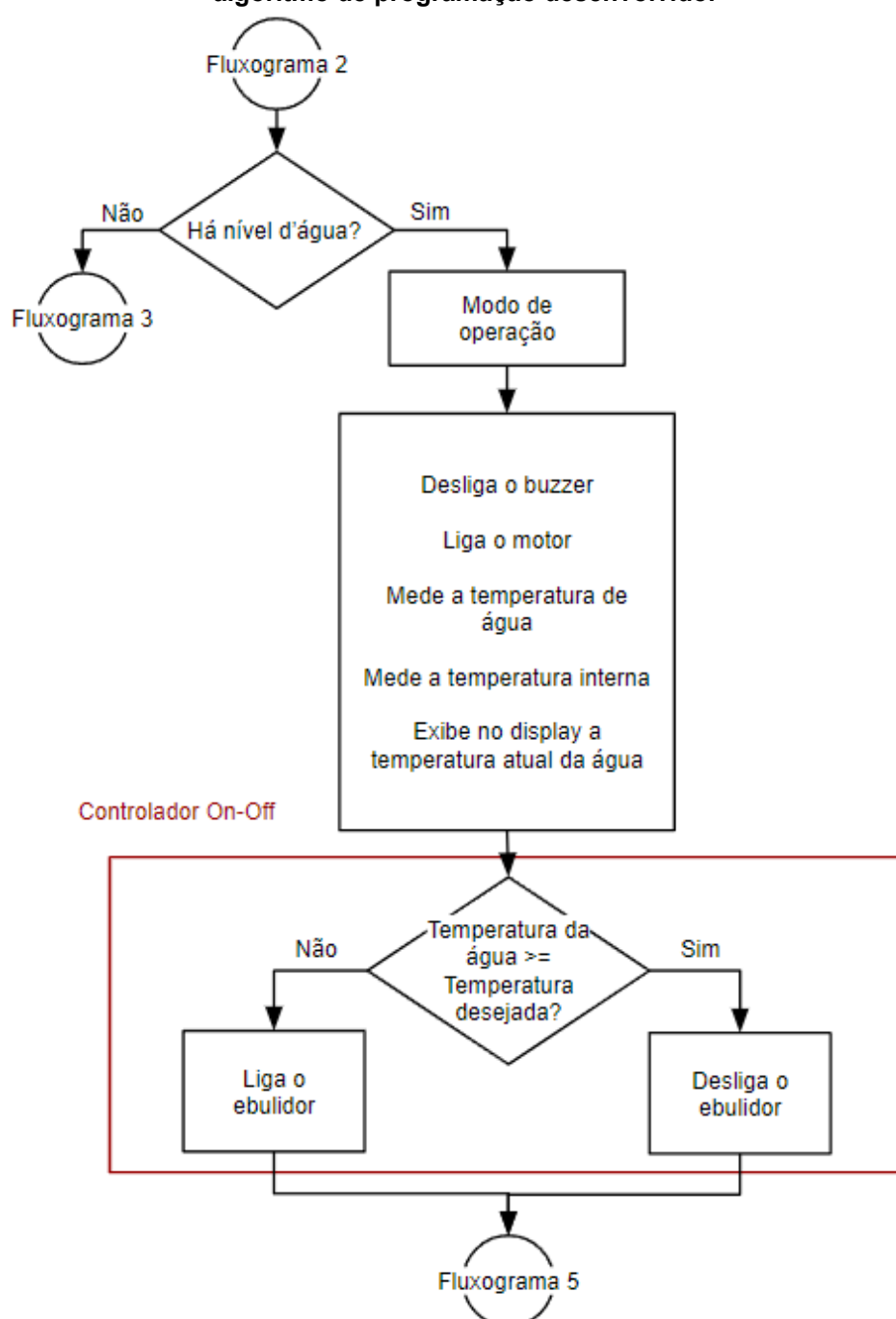
Figura 32 - Fluxograma 3: Funcionamento do modo de alerta do algoritmo de programação desenvolvido.



Fonte: Autoria própria.

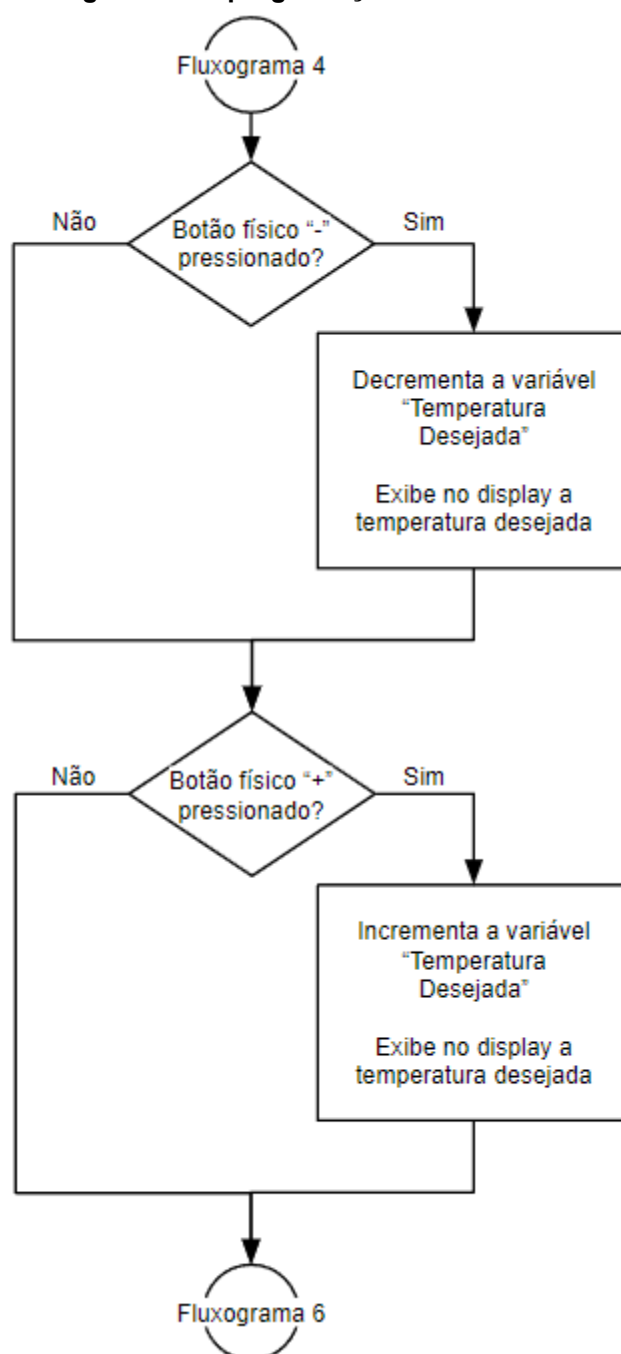
Por fim, no Modo de Operação (Figuras 33, 34 e 35), tem-se a situação ideal para o funcionamento do termocirculador: posicionado em um recipiente com água. Neste modo, é possível visualizar a temperatura atual da água tanto no display quanto no servidor web, sendo que neste, pode-se também observar a temperatura atual do interior do equipamento, o status da ventoinha (ligada ou não) e a temperatura desejada pelo usuário.

Figura 33 - Fluxograma 4: Funcionamento da primeira etapa do modo de operação do algoritmo de programação desenvolvido.



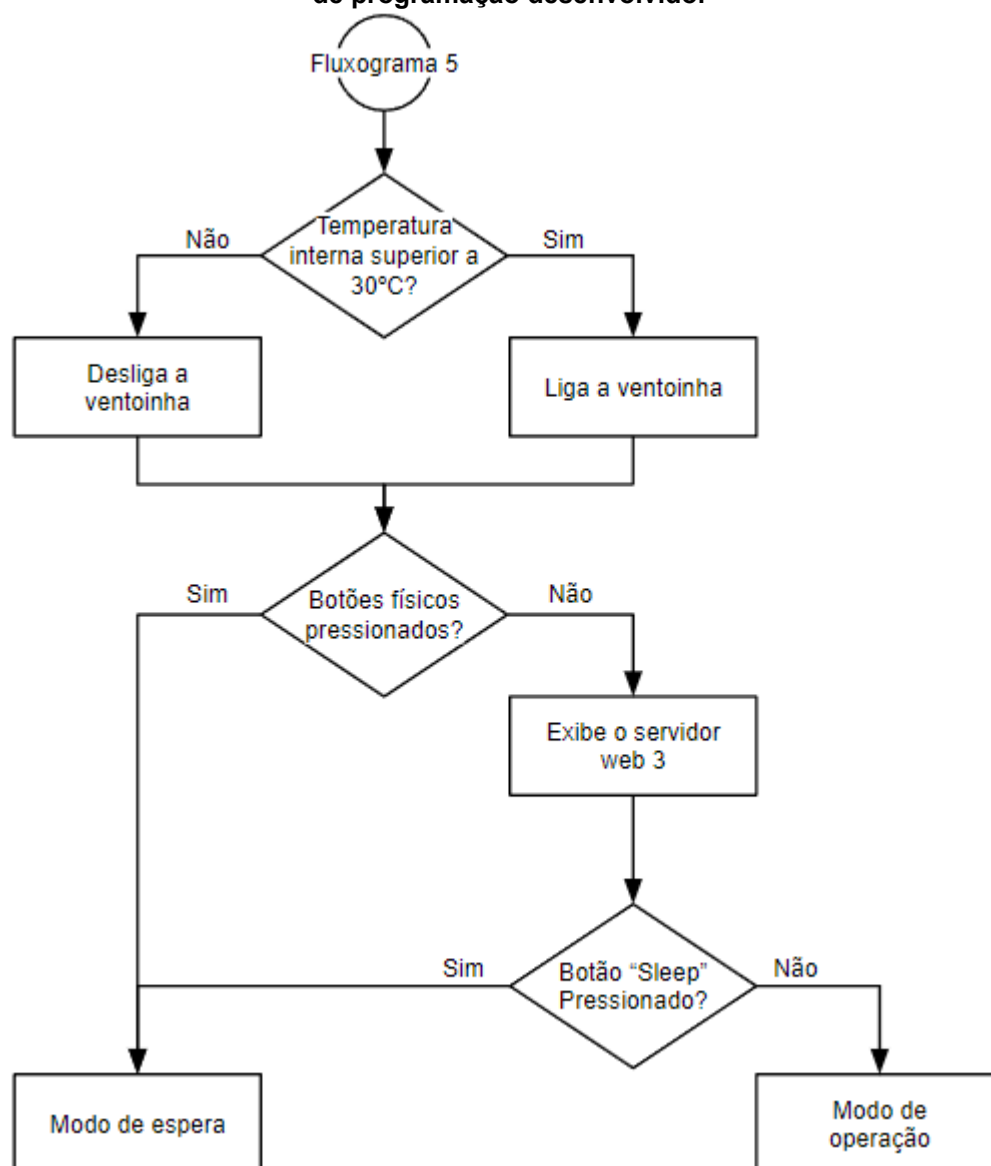
Fonte: Autoria própria.

Figura 34 - Fluxograma 5: Funcionamento da segunda etapa do modo de operação do algoritmo de programação desenvolvido.



Fonte: Autoria própria.

Figura 35 - Fluxograma 6: Funcionamento da terceira etapa do modo de operação do algoritmo de programação desenvolvido.



Fonte: Autoria própria.

4.6 IMPLEMENTAÇÃO DO CONTROLADOR ON-OFF

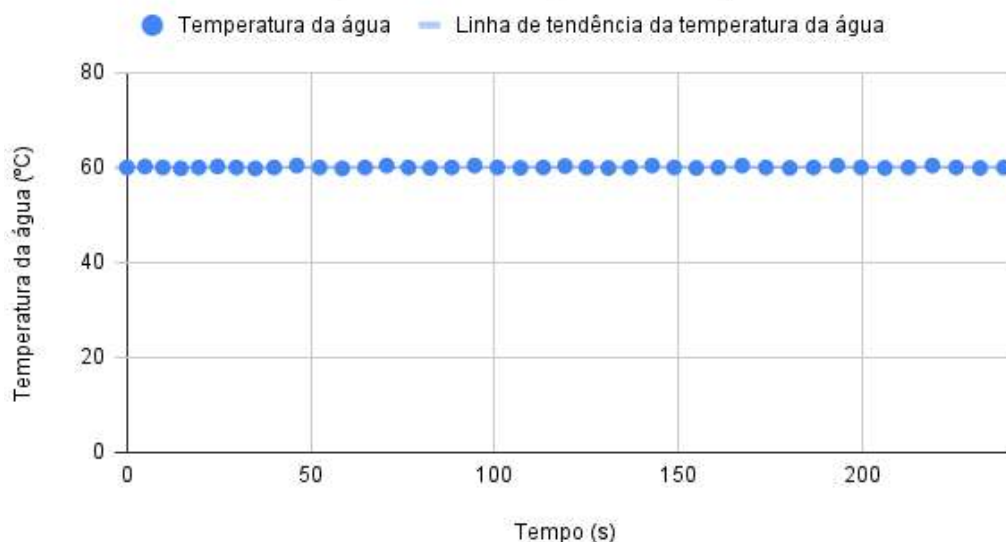
O controlador On-Off foi implementado em meio ao algoritmo de programação do microcontrolador, ou seja, em MicroPython. Sua lógica está destacada em vermelho na Figura 33.

Optou-se pelo uso deste tipo de controlador em razão de ter apresentado uma baixa oscilação da temperatura da água (Gráficos 1 e 2) nos testes, variando entre valores de 59,8 a 60,4 °C para uma temperatura desejada de 60 °C, 99,67% e 100,67% do valor desejado, respectivamente. Desta forma, julgou-se desnecessária

a necessidade de aplicação de um controlador PID para uma oscilação tão pequena, de 0,67% do valor desejado.

Gráfico 1 - Variação da temperatura da água pelo tempo.

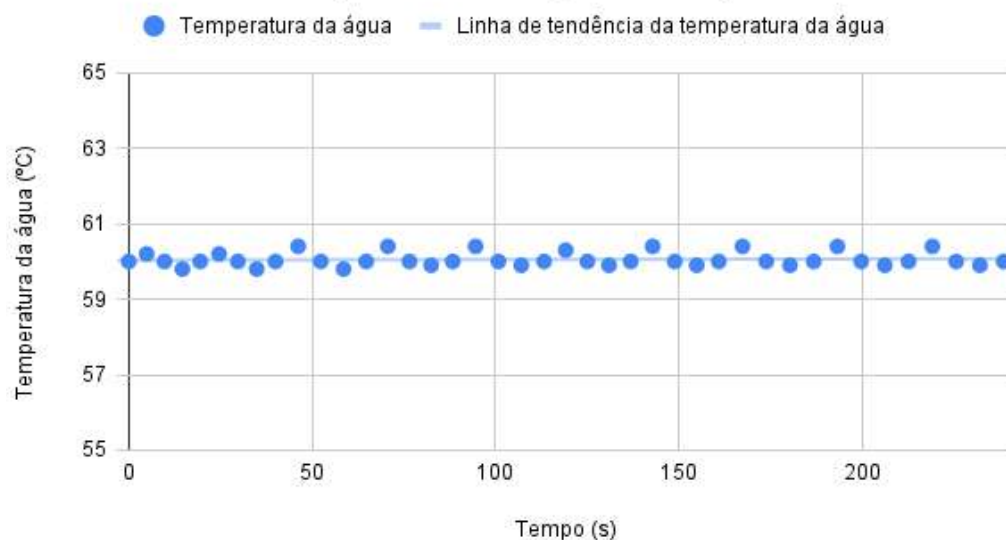
Temperatura da água X Tempo



Fonte: Autoria própria

Gráfico 2 - Zoom da variação da temperatura da água pelo tempo.

Temperatura da água X Tempo



Fonte: Autoria própria

Assim, tendo como base os gráficos que descrevem o funcionamento do termocirculador desenvolvido (Gráficos 1 e 2), e a lógica seguida por seu controlador On-Off, pode-se concluir que o ebulidor se encontra ativo em, aproximadamente, 50% do tempo de operação do equipamento. Ou seja, para um funcionamento de 1

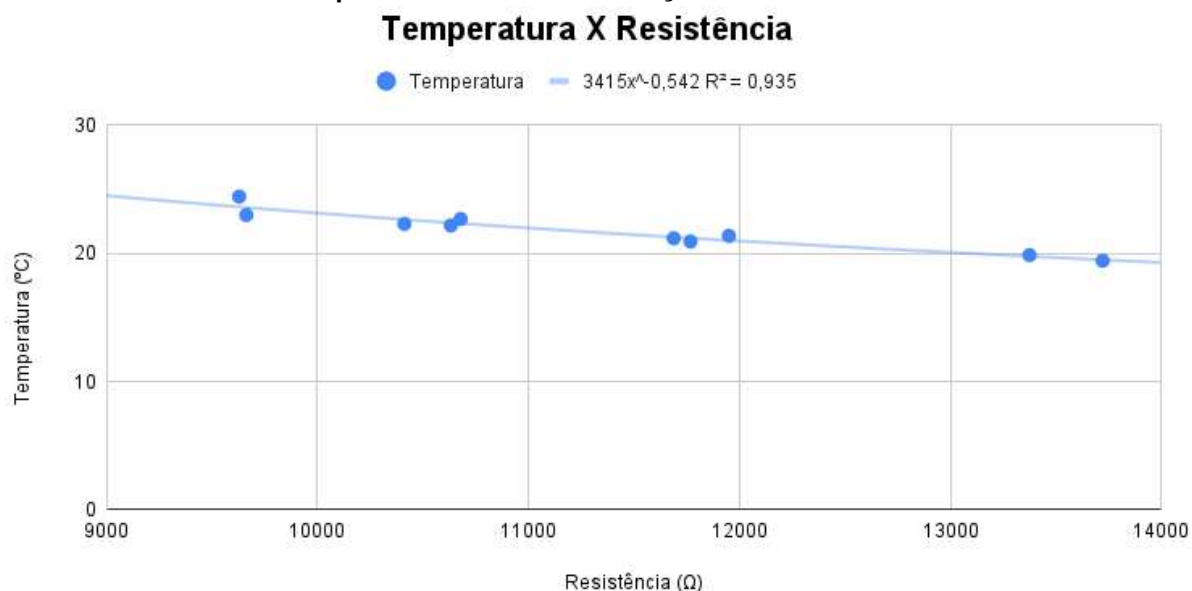
hora contínua, tem-se que o ebulidor se encontra ativado durante 30 minutos. Desta forma, como o ebulidor apresenta uma potência de 680 W, calcula-se o seu consumo energético como 340 Wh.

4.7 FUNCIONAMENTO DO SENSOR DE TEMPERATURA INTERNA

O sensor de temperatura interna, como mencionado anteriormente, foi construído por meio de um circuito divisor de tensão composto por um termistor e um resistor de 1000 Ω (Figura 12).

No entanto, para se chegar a uma equação capaz de mensurar a temperatura interna do termocirculador a partir de um termistor, foi necessário a coleta de valores de resistência do termistor quando exposto a diversas temperaturas. Para isso, com as PCBs dispostas fora do termocirculador, utilizou-se de um simples código em MicroPython para exibir a temperatura informada pelo sensor de temperatura em sonda e a resistência do termistor no mesmo momento. Coletou-se 10 amostras de temperatura e resistência, formando o gráfico de dispersão exibido no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Temperatura ambiente em função da resistência do termistor.



Fonte: Autoria própria

Desta forma, com o uso do software Google Sheets, obteve-se a Equação 2, de coeficiente de determinação (R^2) igual a 93,5%, capaz de calcular a temperatura interna do termocirculador em função da resistência do termistor.

$$Temperatura = 3415 * Resistência^{-0,542} \quad (2)$$

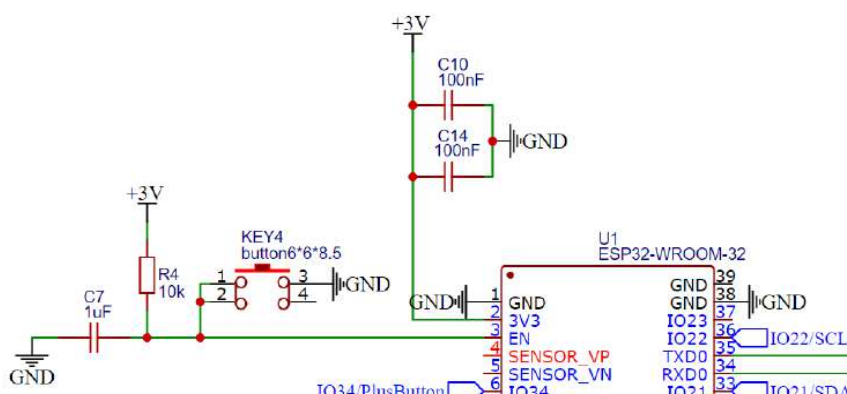
4.8 TESTES

O período de testes do termocirculador desenvolvido contou com a validação do funcionamento e ajuste dos circuitos eletrônicos e do algoritmo desenvolvidos, além do preparo de 3 alimentos: bife de chorizo bovino, costelinha suína e ovos.

4.8.1 Teste dos Circuitos Eletrônicos

O primeiro teste consistiu na validação dos circuitos eletrônicos desenvolvidos a fim de se constatar possíveis defeitos e os reparar. Primeiramente, notou-se um defeito na placa principal. Foi necessário adicionar um botão (KEY4) entre o pino EN e o GND (Figura 36), não informado pelo *datasheet* do microcontrolador ESP32 e ausente em seu circuito recomendado. Este botão se fez necessário para permitir que o microcontrolador entre em modo de *boot*, pressionando-o após ativar o botão de *reset*, responsável por resetar o estado de operação do componente. Para que o microcontrolador retorne ao modo de execução, basta pressionar apenas o botão de *reset*.

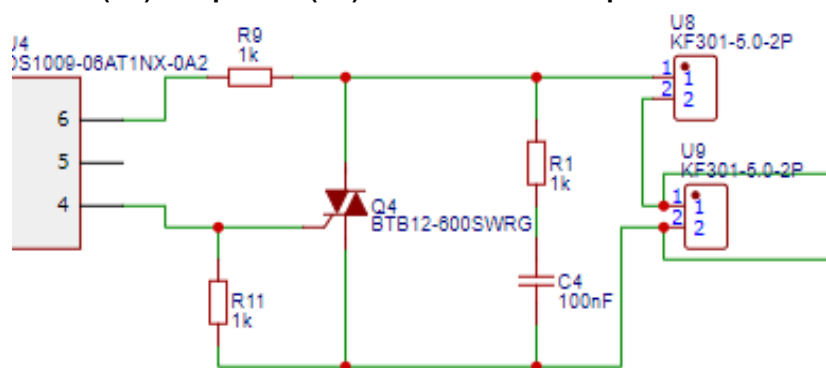
Figura 36 - Botão responsável por colocar o microcontrolador em modo de *download* quando pressionado (KEY4).



Fonte: Autoria própria.

Ainda, esta não foi a única falha notada durante os testes dos circuitos eletrônicos. Ao se ativar o ebulidor, notou-se que o resistor R1 e o capacitor C4 (Figura 37), localizados na placa de controle e alimentação, foram destruídos. Para se corrigir este erro, basta retirar os componentes danificados.

Figura 37 - Resistor (R1) e capacitor (C4) retirados da PCB após serem destruídos em teste.



Fonte: Autoria própria.

Devido à destruição destes componentes durante o teste mencionado, uma marca de incineração foi deixada na PCB (Fotografia 11). No entanto, felizmente, tanto o dano à placa quanto a retirada dos componentes não afetaram o funcionamento do circuito.

Fotografia 11 - Marca de incineração deixada na placa de controle e alimentação.



Fonte: Autoria própria.

Além disso, notou-se que ao ativar o ebulidor, a panela e a água, nas quais o termocirculador estava disposto, apresentavam diferença de potencial entre 7 e 14 V em relação à bancada de cozinha (Fotografia 12).

Fotografia 12 - Medição da diferença de potencial entre a panela e a bancada.



Fonte: Autoria própria.

Para solucionar tal problema, substituiu-se a tomada de 2 pinos utilizada inicialmente, por uma de 3 pinos, conectando seu terra à panela por meio de um fio com garra jacaré. Desta forma, eliminou-se a diferença de potencial entre a panela e a bancada de cozinha, como mostra a Figura 13.

Fotografia 13 - Medição da diferença de potencial entre a panela e a bancada após a adição do fio de terra.



Fonte: Autoria própria.

4.8.2 Validação do Funcionamento do Algoritmo

Este teste consistiu na observação e correção do design dos servidores web e da página de seleção e conexão da rede Wi-Fi (Figura 38), desenvolvidos com o uso de HTML, CSS e Javascript. Os servidores web são exibidos de acordo com o funcionamento do termocirculador, sendo divididos em modo de espera (servidor web 1), modo de alerta (servidor web 2) e modo de operação (servidor web 3), exibidos nas Figuras 39, 40 e 41 respectivamente.

Além disso, correções também foram realizadas no restante do algoritmo de programação, tais como a escolha da temperatura desejada padrão e o ajuste de posição dos textos exibidos no display.

Figura 38 - Página exibida pelo ponto de acesso para escolha da rede Wi-Fi.

Sous Vide Wi-Fi Setup

☐ ☐ ☐

☐ #NET-CLARO-WIFI

☐ BORIS_2G

☐ Cardoso-Camilo

☐ DIRECT-53-HP DeskJet 2600 series

☐ Fernandointernet 2.4GHz_5G

☐ HERIKA_2G

☐ KARINI 2.4

☐ LIGUE-DF75

☐ Paulo_2.4G

☐ Raissa

☐ SHAKE @EVSALEXELU

☐ Sapper2_2.4Ghz

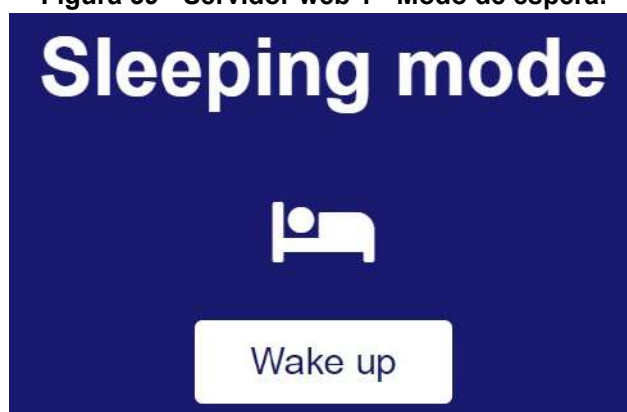
☐ Wifi-Home

☐ WillTerapias2g

Password:

Fonte: Autoria própria.

Figura 39 - Servidor web 1 - Modo de espera.



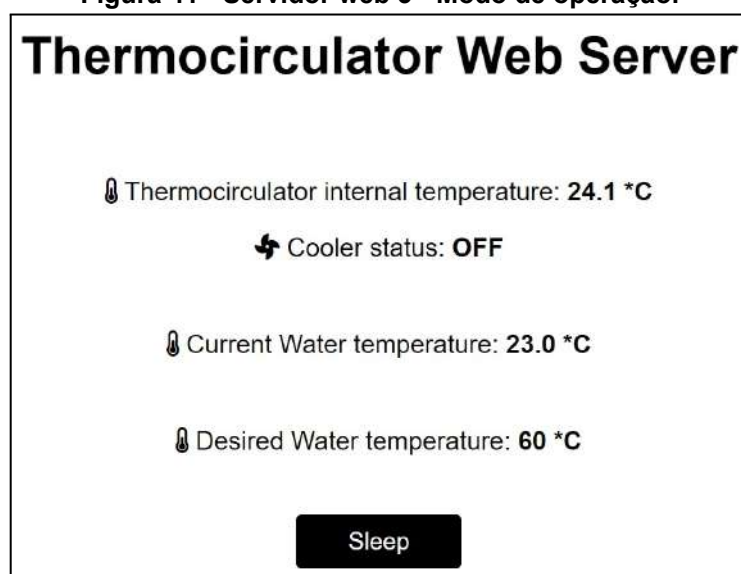
Fonte: Autoria própria.

Figura 40 - Servidor web 2 - Modo de alerta.



Fonte: Autoria própria.

Figura 41 - Servidor web 3 - Modo de operação.



Fonte: Autoria própria.

4.8.3 Bife de Chorizo Bovino

Em seu livro sobre a aplicação da técnica culinária *Sous Vide*, Fetterman, Halm e Peabody (2016) estabeleceram 55 °C como a temperatura correspondente a um bife ao ponto menos, 60 °C ao ponto e 65 °C ao ponto mais. Desta forma, a fim de se preparar um bife de chorizo bovino ao ponto menos, escolheu-se 55 °C como temperatura desejada. A fotografia Fotografia 14 ilustra o preparo de alimentos com o uso do termocirculador desenvolvido, utilizando-se a temperatura de 60 °C.

Fotografia 14 - Termocirculador com temperatura desejada de 60 °C.



Fonte: Autoria própria.

Seguiu-se o sugerido por Fetterman, Halm e Peabody (2016) e, como o bife preparado possuía 1 polegada de espessura, sua cocção durou 1 hora, sendo finalizado com o uso de maçarico a gás para criação da reação de Maillard. Como resultado, obteve-se um bife suculento, extremamente saboroso e, como esperado, ao ponto menos (Fotografia 15).

Fotografia 15 - Bife de chorizo preparado ao ponto menos (55 °C).



Fonte: Autoria própria.

4.8.4 Ovos

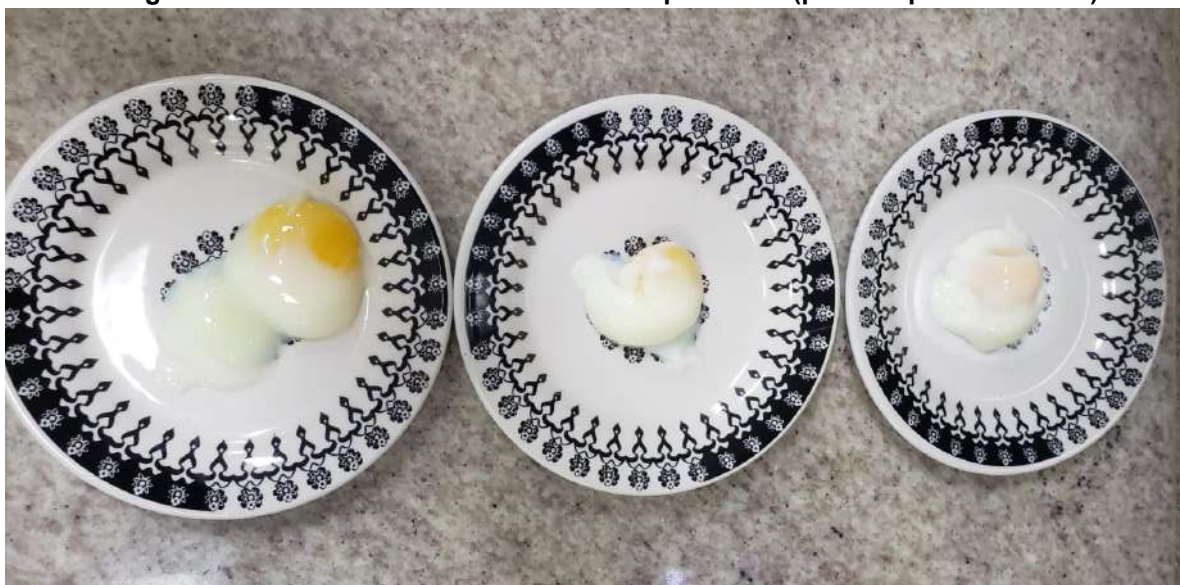
Quanto ao preparo de ovos não se faz necessário o uso de embalagem, uma vez que sua própria casca isola seu interior da água. A fim de averiguar a cocção da gema do ovo a diferentes temperaturas, 3 ovos foram preparados, durante 1 hora, a 60 °C, 65 °C e 70 °C, dispostos da esquerda para a direita com casca na Fotografia 16 e preparados para consumo na Figura 17.

Fotografia 16 - Ovos cozidos a diferentes temperaturas (com casca).



Fonte: Autoria própria.

Fotografia 17 - Ovos cozidos a diferentes temperaturas (prontos para consumo).



Fonte: Autoria própria.

Ao se analisar os alimentos, notou-se que o ovo preparado a 60 °C apresentava clara e gema com texturas muito menos sólidas, sendo difícil de manusear com talheres. Já o ovo preparado a 65 °C apresentava clara com textura mais sólida do que o primeiro e gema mole, muito semelhante a ovos utilizados no preparo de ovos beneditinos. Por fim, o ovo preparado a 70 °C apresentava clara com textura muito semelhante ao anterior, mas possuía uma gema sólida, que não escorria ao ser cortada.

4.8.5 Costelinha Suína

Além de carne bovina, a técnica culinária *Sous Vide* pode também ser empregada no preparo da carne de outros animais, como porco, e de durações superiores a 1 hora. Desta forma, preparou-se uma costelinha suína (Figura 18) a 70 °C durante 4 horas, tendo em vista que se trata de um corte consideravelmente rígido. Assim como o bife de chorizo, também a finalizou com uso de maçarico.

Fotografia 18 - Costelinha suína preparada durante 4 horas.



Fonte: Autoria própria.

4.9 COMPARATIVO DO TERMOCIRCULADOR DESENVOLVIDO COM PARES DE MERCADO

A fim de comparar as características do termocirculador desenvolvido com as de termocirculadores comercializados, elaborou-se um comparativo com os equipamentos de entrada das fabricantes Anova Culinary, Cetro Máquinas, Chefsteps e My Sous Vide, presente no Quadro 2.

Quadro 2 - Comparativo do termocirculador desenvolvido com pares de mercado.

Característica	Termo 3D (presente trabalho)	Anova Precision Cooker Nano	Cetro SV95	Chefsteps Joule	My Sous Vide Home User
Preço (R\$)	700,00	1.300,00	1.290,00	3.199,00	1.499,00
Potência (W)	680	750	1200	1100	1100
Tensão (V)	127	120	220	120	127
Dimensão lateral (cm)	7 x 7	7,8 x 10,5	14,5 x 13	4,83 x 4,83	6 x 7,5
Altura (cm)	18,5	32,5	32	27,94	36,50
Peso (kg)	0,40	0,63	-	0,58	2,30
Monitoramento via Wi-Fi	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Controle via Wi-Fi	Não	Sim	Não	Sim	Não
Controle via Bluetooth	Não	Sim	Não	Sim	Não
Tipo de fixação	Base magnética	Suporte	Suporte	Base magnética	Suporte
Visor e botões físicos	Sim	Sim	Sim	Não	Sim

Fonte: Anova Culinary (2022a), Cetro Máquinas (2022b), Chefsteps (2022) e My Sous Vide (2023).

Ao se analisar o Quadro 4, nota-se, primeiramente, que o termocirculador desenvolvido neste trabalho apresenta um custo inferior ao de seus concorrentes, cumprindo o seu requisito de possuir um custo reduzido. Além disso, optou-se por um ebulidor de 680 W pois os de potência superiores a 1000 W possuíam mais do que o dobro da altura do utilizado, possibilitando assim, um termocirculador mais compacto. Destaca-se também, que o equipamento desenvolvido possui a função de monitoramento via Wi-Fi, ausente em alguns modelos comerciais.

4.10 DESENVOLVIMENTO DE UMA EMPRESA FICTÍCIA

No Brasil, estima-se que 52,2% dos empregos de carteira assinada são gerados por empresas de pequeno porte, sendo que estas correspondem a 99,1%

dos empreendimentos formais do país e são responsáveis por 20% de seu Produto Interno Bruto (PIB) (MESQUITA, 2018). Segundo pesquisa do Sebrae (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas) (2016), entre as empresas fundadas em 2012, apenas 76,6% delas sobreviveram após 2 anos de operação. Quando se observa empresas fundadas entre 2008 e 2009, o percentual de negócios sobreviventes cai consideravelmente (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Taxa de sobrevivência de empresas em 2 anos de operação de acordo com seu ano de fundação.



Fonte: Sebrae (2016).

Ainda, segundo Olivan (2021), apenas 37,6% das empresas fundadas em 2014 sobreviveram até 2019. Segundo esta mesma pesquisa, há correlação positiva entre a permanência da empresa no mercado e o seu tamanho, ou seja, quanto maior o porte da empresa, maior a taxa de sobrevivência.

Segundo Viana (2022), um dos principais fatores que influenciam no fechamento precoce de empresas é a falta de planejamento do negócio. Desta forma, nota-se a necessidade de se planejar a abertura da empresa, elevando suas chances de sobrevivência ao longo dos anos.

Assim, levando em consideração a importância do planejamento empresarial para a saúde futura do negócio, e pensando no desenvolvimento completo de um termocirculador, decidiu-se elaborar uma empresa fictícia responsável por sua pesquisa, produção e comercialização. Desta forma, desenvolveu-se um modelo de negócio, um plano de negócio e a marca da empresa.

4.10.1 Modelo de Negócio

Para a elaboração do modelo de negócio da empresa fictícia (Figura 42), baseou-se no livro de Osterwalder e Pigneur (2011). O Modelo de Negócios Canvas foi criado durante a tese de doutorado do professor e pesquisador suíço Alexander Osterwalder, em 2004. Atualmente, é utilizado por empresas de todo o mundo, como Google, Spotify e Amazon (MARTINS, 2021).

Figura 42 - Modelo de Negócios Canvas elaborado.



Fonte: Autoria própria.

4.10.2 Plano de Negócios

O plano de negócios busca descrever os objetivos de uma empresa, bem como quais passos devem ser seguidos para alcançá-los. Desta forma, um plano de negócios diminui os riscos e as incertezas que permeiam o início de uma empresa, e permite identificar e corrigir erros ainda no papel, evitando cometê-los durante o funcionamento. Ainda, um plano de negócios ajuda a concluir se a ideia de uma empresa é viável, buscando informações sobre o ramo, os produtos e os serviços

trabalhados, os fornecedores e os clientes, além de expor os pontos fortes e fracos do futuro negócio (SEBRAE, 2013).

Assim, para a elaboração do plano de negócios da empresa fictícia relacionada a este trabalho, seguiu-se a metodologia proposta pelo Sebrae, disponível no manual: Como elaborar um plano de negócios (SEBRAE, 2013). Segundo esta metodologia, um plano de negócios consiste em 7 tópicos principais: sumário executivo, análise de mercado, plano de marketing, plano operacional, plano financeiro, construção de cenários e avaliação estratégica.

4.10.2.1 Sumário executivo

O sumário executivo se trata de um resumo do plano de negócios, contendo os pontos mais importantes.

4.10.2.1.1 *O conceito do negócio*

Esta empresa desenvolverá (P&D), fabricará e comercializará termocirculadores para seu público alvo: cozinheiros amadores e profissionais, donas de casa e restaurantes, com foco no primeiro grupo. Seus únicos produtos comercializados serão termocirculadores, no entanto, sua fonte de receita também abarca a comercialização de peças e componentes de reposição e o aluguel de espaços para anúncios em sua plataforma de compartilhamento de receitas entre usuários.

O seu principal objetivo será tornar a prática da técnica culinária *Sous Vide* mais acessível a cozinheiros amadores e pequenos restaurantes que, geralmente, não dispõem de renda suficiente para adquirir um termocirculador profissional comercializado a altos valores por seus competidores de mercado atuais. Os diferenciais de seus termocirculadores serão o custo-benefício, a conexão wireless com o usuário e a facilidade de uso dos equipamentos.

Para a abertura da empresa, estima-se a necessidade de investimento de um capital igual a R\$ 23.061,00.

4.10.2.1.2 *O produto*

O primeiro modelo de termocirculador desenvolvido pela empresa possuirá como destaques: conexão Wi-Fi, display OLED de 3 polegadas para exibição de informações ao usuário, estrutura em plástico ABS, potência de 680 W e tensão de operação doméstica de 127 V. Suas dimensões serão compactas (7 x 7 x 18,5 cm), ideal para trabalhar com recipientes de diversos tamanhos, presentes em uma cozinha amadora.

Planeja-se que outros modelos sejam desenvolvidos futuramente, podendo variar a potência e tensão de operação, tipo e tamanho do display, dimensões do produto e tipo de conexão wireless (Bluetooth ou Wi-Fi).

4.10.2.1.3 *Equipe de gestão*

A equipe de gestão será composta, inicialmente, apenas por seu fundador, que dispõe de conhecimentos nas áreas de engenharia elétrica e eletrônica, economia e finanças.

4.10.2.1.4 *Missão*

Desenvolvimento, fabricação e comercialização de termocirculadores para cozinheiros amadores e profissionais, donas de casa e restaurantes.

4.10.2.2 *Análise de mercado*

O mercado de termocirculadores cresceu nos últimos anos graças à difusão e popularização da técnica culinária *Sous Vide* por meio da internet, ganhando espaço nas cozinhas domésticas. É composto por empresas como Anova Culinary, Chefsteps e a brasileira Cetrol Máquinas.

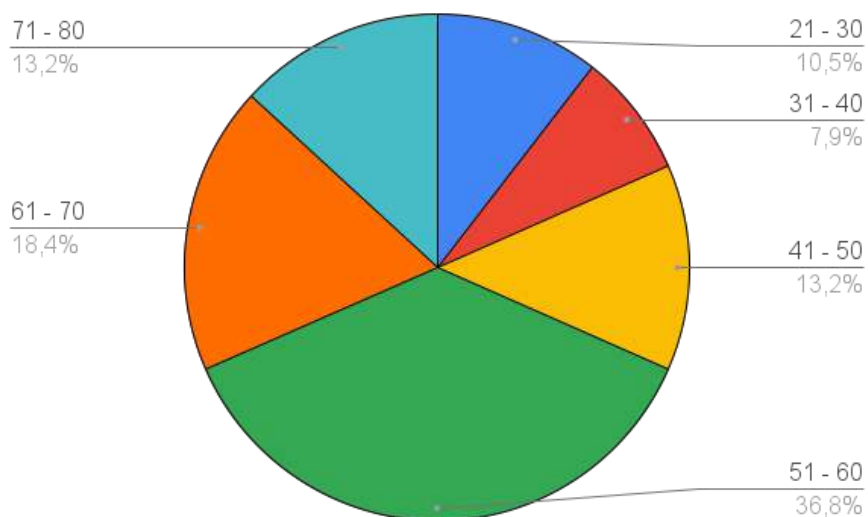
4.10.2.2.1 *Cliente*

Uma pesquisa de mercado foi realizada a fim de se obter informações relevantes a respeito do perfil dos clientes da empresa. Para isso, obteve-se dados

de donos e potenciais consumidores de termocirculadores. A pesquisa foi conduzida por meio da criação de um formulário, seguido de sua divulgação em grupos do Facebook sobre *Sous Vide* e na seção de comentários de vídeos culinários da plataforma YouTube relacionados a esta técnica culinária. Os meios de divulgação se tratavam de comunidades majoritariamente de língua inglesa, sendo necessário elaborar o formulário em inglês e tratar de valores monetários em dólar.

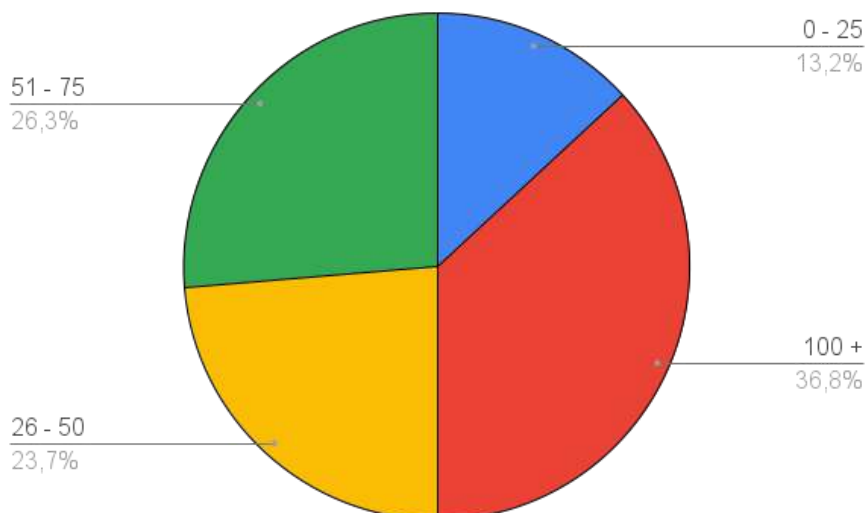
O formulário coletou informações durante 2 meses, de 26/01/2023 a 31/03/2023, recebendo um total de 38 respostas. Obteve-se informações relevantes a respeito do perfil dos clientes interessados no produto desenvolvido, as quais são indicadas do Gráfico 5 ao Gráfico 14.

Gráfico 5 - Faixa etária.

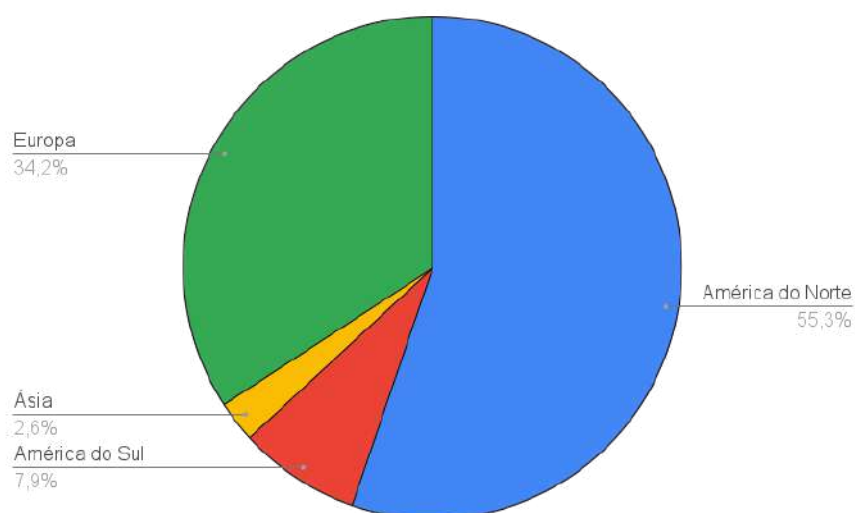


Fonte: Autoria própria.

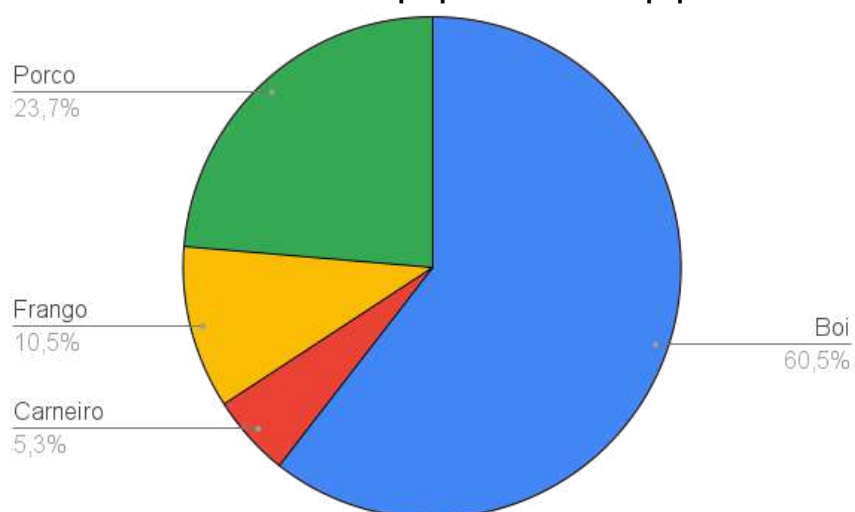
Gráfico 6 - Renda em milhares de dólares.



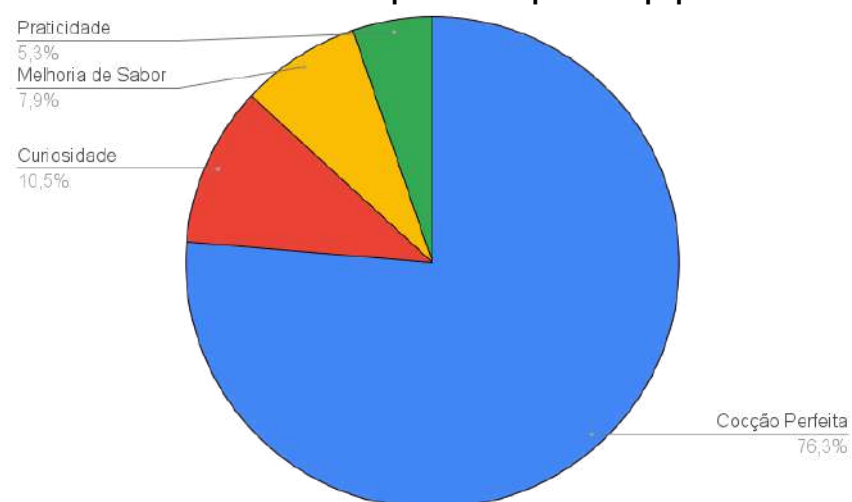
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 7 - Continente de residência.

Fonte: Autoria própria.

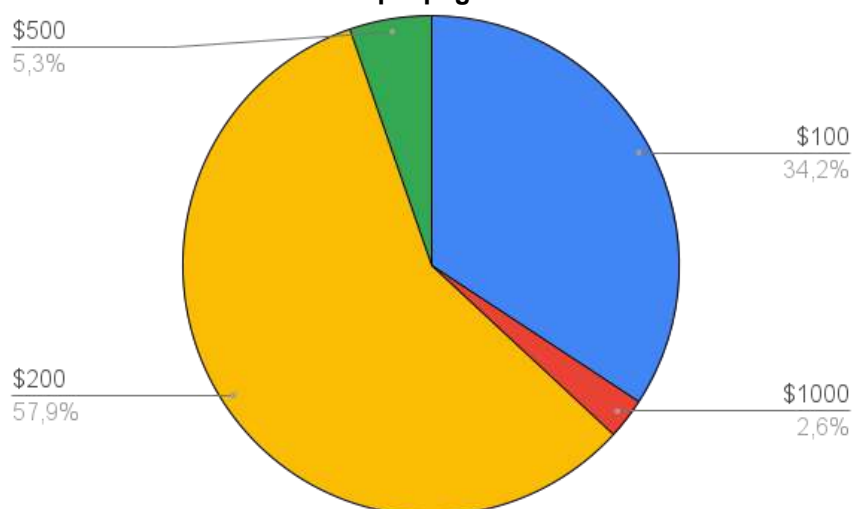
Gráfico 8 - Alimento mais preparado com o equipamento.

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 9 - Maior atrativo para a compra do equipamento.

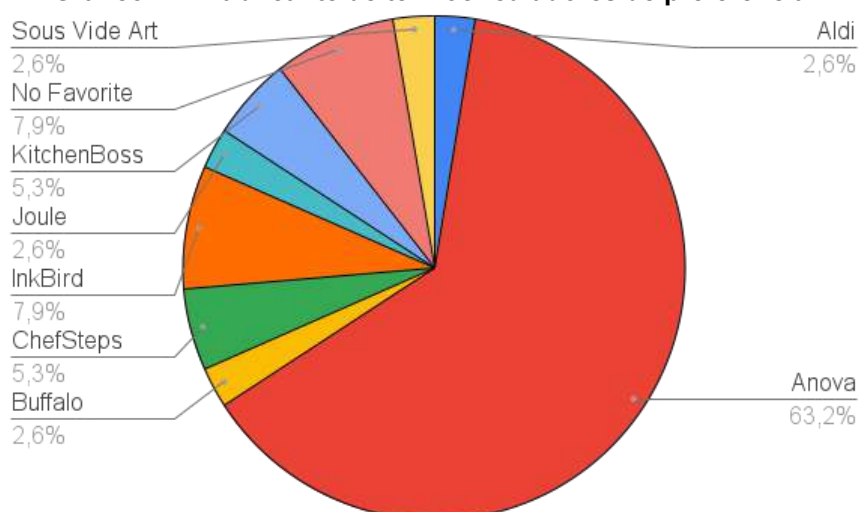
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 10 - Valor máximo que pagaria em um termocirculador.



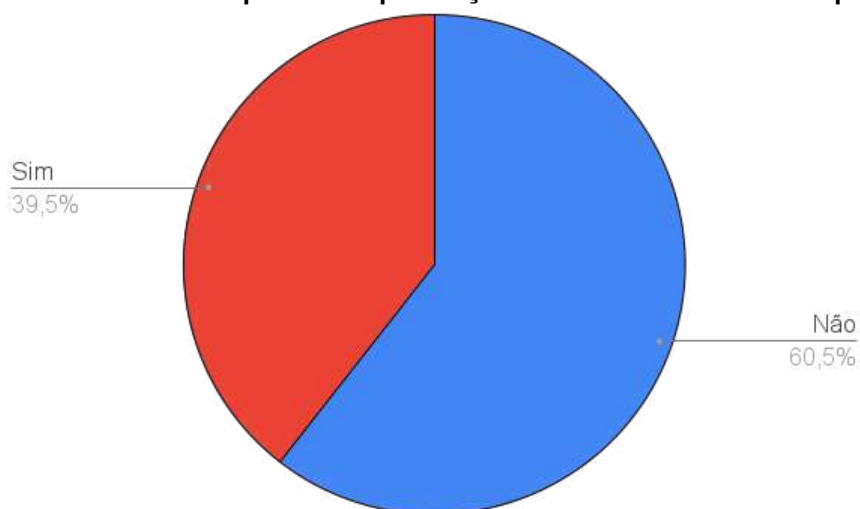
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 11 - Fabricante de termocirculadores de preferência.



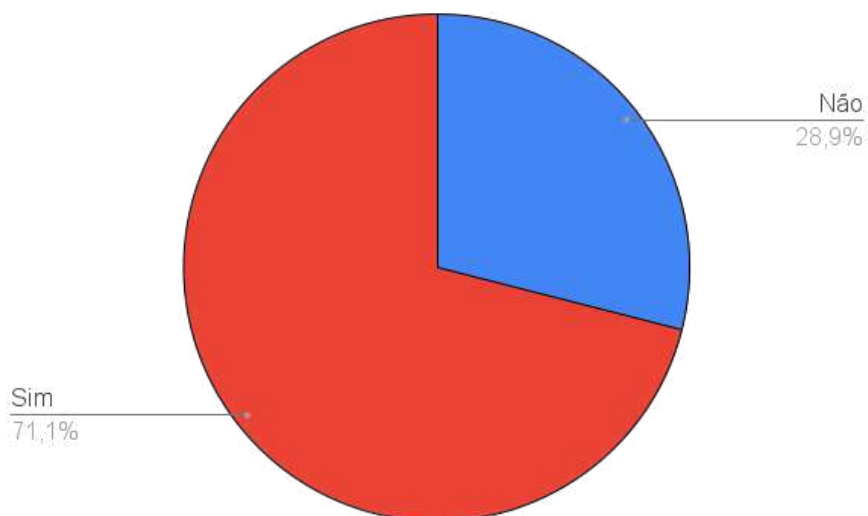
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 12 - Se considera importante a presença de conexão *wireless* no equipamento.



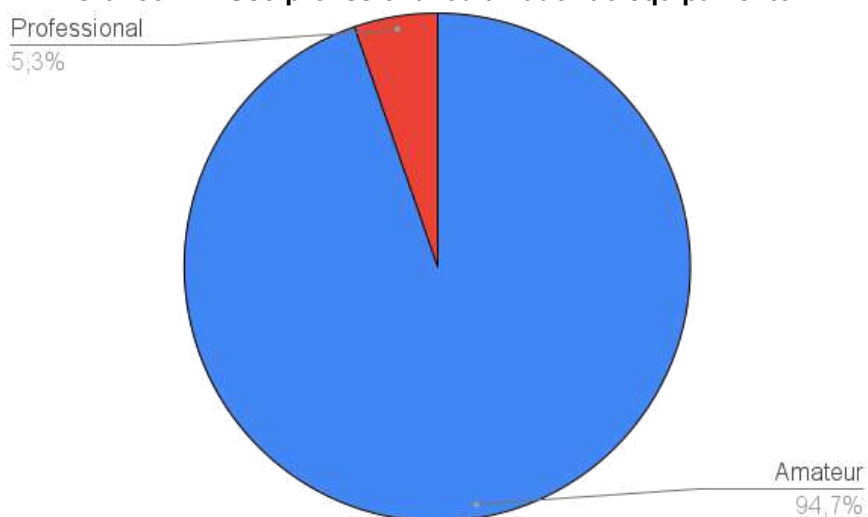
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 13 - Se considera importante a disponibilidade de uma rede de compartilhamento de receitas entre usuários.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 14 - Uso profissional ou amador do equipamento.



Fonte: Autoria própria.

Desta forma, pôde-se formar a persona consumidora deste equipamento, sendo ela de meia idade (50% das respostas entre 41 e 60 anos), de renda elevada (36,80% dos participantes recebem mais de cem mil dólares por ano) e residente da América do Norte (55,3% dos votos). Quanto às suas opiniões, tem-se que prefere utilizar o termocirculador para o preparo de cortes bovinos (preferência de 60,5% dos votantes), tendo o adquirido em razão da facilidade de se obter uma cocção perfeita (76,3% dos votos), pagaria no máximo 200 dólares pelo equipamento (93,4% dos votos), possui preferência pela marca Anova Culinary (63,2% dos votos) e utiliza o equipamento de forma amadora (94,7%). Surpreendentemente, 60,5% dos

votantes não consideraram importante a presença de conexão *wireless* no equipamento.

4.10.2.2.2 Concorrentes

Este mercado é composto majoritariamente por empresas estrangeiras, com destaque para as americanas Anova Culinary e Chefsteps. Quanto ao mercado nacional, pode-se destacar a empresa Cetro Máquinas, que dispõe de equipamentos profissionais e amadores em seu catálogo.

Fundada no ano de 2012, a Chefsteps está sediada em Seattle (EUA), possui como missão ajudar pessoas a cozinhar de forma inteligente. Possui como principal equipamento, o termocirculador Chefsteps Joule, anunciado em 2016 (HATCH, 2016). Além da qualidade de seus equipamentos, agrega valor aos clientes e se diferencia dos concorrentes por meio da disponibilização de aulas de culinária e receitas de diversos alimentos (CHEFSTEPS, 2022). Seu produto de entrada se trata do Joule White Polycarbonate, no valor de U\$ 199,99 (BREVILLE, 2022). Já como seu produto topo de linha, tem-se o Joule Stainless Steel, comercializado por U\$ 249,99 (BREVILLE, 2022). Seus termocirculadores dispõem de base magnética para fixação ao recipiente.

Já a empresa Anova Culinary, foi fundada no ano de 2013, possui sede em San Francisco (EUA), e comercializa equipamentos culinários como termocirculadores, fornos e seladoras a vácuo. Ainda em 2013 anunciou seu primeiro e, ainda hoje, principal produto, o Anova Precision Cooker (ANOVA, 2019). Foi adquirida pela multinacional sueca Electrolux em 2017 pelo valor de 250 milhões de dólares (ELECTROLUX, 2017). Seu produto de entrada se trata do Precision Cooker Nano, no valor de U\$ 99,99 (ANOVA CULINARY, 2022a). Já como seu produto topo de linha, tem-se o Precision Cooker Pro, comercializado por U\$ 399,99 (ANOVA CULINARY, 2022b).

Por sua vez, a brasileira Cetro Máquinas está localizada em Bauru-SP (Brasil), e foi fundada no ano de 2012. Iniciou com o comércio de máquinas de embalar produtos e, atualmente, conta com mais de 250 funcionários e mais de 600 máquinas em seu catálogo, entre elas termocirculadores e water ovens (BONINI, 2021) Seu produto de entrada se trata do SV95, no valor de R\$ 1.290,00 (CETRO

MÁQUINAS, 2022b). Já como seu termocirculador topo de linha, tem-se o SV100, comercializado por R\$ 3.290,00 (CETRO MÁQUINAS, 2022c).

4.10.2.2.3 Fornecedores

Entre os fornecedores necessários para as operações da empresa, destacam-se 3 cujos produtos estão estritamente relacionados a fabricação dos termocirculadores:

- Distribuidores de componentes eletrônicos;
- Fabricantes de placas de circuito impresso;
- Fabricantes de filamentos para impressão 3D.

Entre distribuidores de componentes eletrônicos, destacam-se Digi-Key, Mouser Electronics e ICSuperman, empresas que possuem disponível em seu estoque todos os componentes necessários para os circuitos presentes nos termocirculadores a serem fabricados. Já quanto aos fabricantes de placas de circuito impresso, temos com destaque a JLCPCBs, que oferece um rápido e fácil processo de solicitação de fabricação de PCBs. Por fim, quanto aos fabricantes de filamentos para impressão 3D, pode-se citar a empresa 3D Lab, que conta com filamentos de diferentes materiais e de muita qualidade a preços reduzidos.

4.10.2.3 Plano de marketing

Atualmente, os termocirculadores presentes no mercado possuem um alto valor comercial, impedindo a sua aquisição por cozinheiros amadores de baixa renda e pequenos restaurantes. Pensando nisso, a estratégia de marketing desta empresa objetiva atender esta demanda reprimida, ofertando ao mercado termocirculadores de custo reduzido em relação aos seus concorrentes e de simples funcionamento.

A prospecção de clientes ocorrerá por meio das redes sociais da empresa, combinado a estratégias de tráfego pago e parcerias com influencers e programas culinários. As vendas serão realizadas integralmente de forma online, por meio de site próprio e anúncios em marketplaces, tais como Mercado Livre e Amazon, reduzindo os custos necessários para a abertura de uma loja física.

4.10.2.3.1 Preço

Os componentes eletrônicos serão adquiridos em atacado por meio de um dos fornecedores mencionados anteriormente, em razão da redução de custo. Já as placas de circuito impresso serão fabricadas em grandes quantidades por meio da empresa JLC PCBs. Desta forma, com base nos valores dos componentes adquiridos para a construção do equipamento desenvolvido neste trabalho, toda a eletrônica do termocirculador terá um custo de fabricação igual a R\$ 205,09 por unidade, discriminado no Quadro 3.

Quadro 3 - Custos de fabricação dos circuitos eletrônicos por termocirculador.

Insumo	Quantidade	Custo unitário	Custo total
Botão	2	R\$ 0,56	R\$ 1,12
Buzzer	1	R\$ 2,71	R\$ 2,71
Cabos conectores de 2 vias	4	R\$ 1,46	R\$ 2,92
Cabos conectores de 3 vias	4	R\$ 1,88	R\$ 3,76
Capacitor	4	R\$ 0,05	R\$ 0,20
Conector borne	2	R\$ 0,61	R\$ 1,22
Conversor AC-DC	1	R\$ 18,24	R\$ 18,24
Display OLED	1	R\$ 33,55	R\$ 33,55
Ebulidor	1	R\$ 37,90	R\$ 37,90
ESP32-WROOM-32	1	R\$ 45,00	R\$ 45,00
LED	1	R\$ 0,14	R\$ 0,14
Mini botão	2	R\$ 0,39	R\$ 0,78
Motor CC	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Optoacoplador	1	R\$ 3,46	R\$ 3,46
Resistor	9	R\$ 0,04	R\$ 0,36
Soquete	5	R\$ 0,11	R\$ 0,55
Sensor de nível d'água	1	R\$ 3,04	R\$ 3,04
Sensor de temperatura	1	R\$ 14,90	R\$ 14,90
Termistor	1	R\$ 0,28	R\$ 0,28
Transistor	2	R\$ 0,08	R\$ 0,16

TRIAC	1	R\$ 3,46	R\$ 3,46
Ventoinha	1	R\$ 13,34	R\$ 13,34
Placa de controle e alimentação	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
Placa principal	1	R\$ 4,00	R\$ 4,00
Custo de fabricação dos circuitos eletrônicos	R\$ 205,09		

Fonte: Autoria própria.

A fabricação da estrutura do equipamento será realizada pela própria empresa, inicialmente em menor escala e por meio de impressão 3D em plástico ABS, com valor de R\$ 75,09 por unidade e discriminado no Quadro 4.

Quadro 4 - Custos de fabricação da estrutura plástica por termocirculador.

Insumo	Quantidade	Custo unitário	Custo total
Hélice (6,35 g)	1	R\$ 0,52	R\$ 0,52
Imãs	4	R\$ 10,32	R\$ 41,28
Parafusos hexagonais	8	R\$ 0,49	R\$ 3,92
Parafusos	20	R\$ 0,49	R\$ 9,80
Porcas	2	R\$ 0,49	R\$ 0,98
Parte inferior (99,34 g)	1	R\$ 7,18	R\$ 7,18
Parte superior (47,63 g)	1	R\$ 2,96	R\$ 2,96
Tampa inferior 1 (13,61 g)	1	R\$ 0,66	R\$ 0,66
Tampa inferior 2 (4,54 g)	1	R\$ 0,56	R\$ 0,56
Tampa medial (14,06 g)	1	R\$ 1,29	R\$ 1,29
Suporte ebulidor (6,80 g)	1	R\$ 0,49	R\$ 0,49
Suporte do sensor de temperatura (0,45g)	2	R\$ 0,03	R\$ 0,06
Energia gasta na impressão 3D (Anet ET4 - 240 W)	26 horas e 55 minutos	R\$ 0,22	R\$ 5,95
Custo de fabricação da estrutura plástica	R\$ 75,09		

Fonte: Autoria própria.

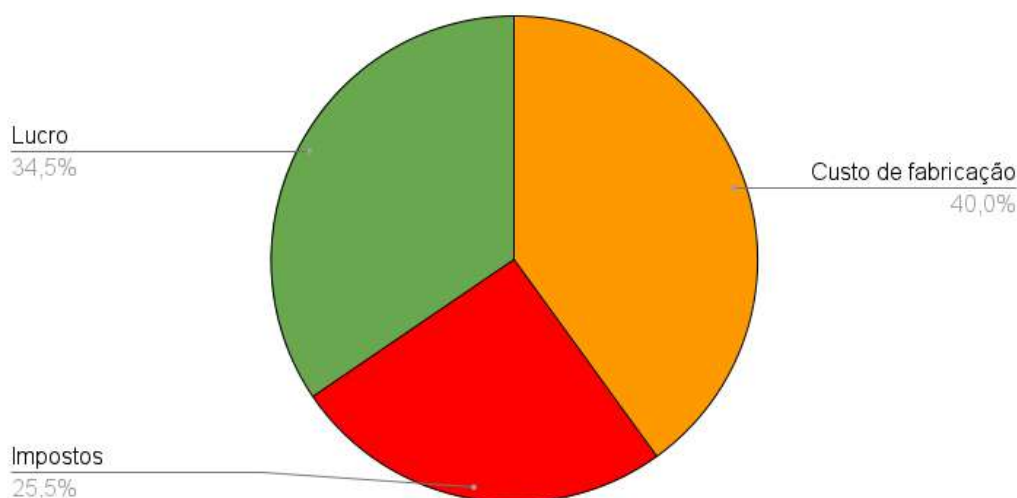
Desta forma, os termocirculadores comercializados pela empresa terão um custo de fabricação igual a R\$ 280,18 por unidade. Além dos custos de produção do

produto, deve-se considerar também os impostos incidentes sobre o seu valor final de venda: ICMS (19%) e IPI (6,5%)

Assim, estima-se um valor de venda de R\$ 700,00 por termocirculador, situando-se abaixo do valor praticado por empresas concorrentes (superiores a R\$ 1.000,00), mantendo sua proposta inicial de custo reduzido ao cliente e apresentando um custo de fabricação de R\$ 280,18 e impostos iguais a de R\$ 178,50, ou seja, um custo total de R\$ 458,68. Desta forma, estima-se um lucro bruto igual a R\$ 241,32 por unidade vendida, representando uma margem de lucro bruto igual a 34,50 %.

Assim, tem-se o valor final de venda dos termocirculadores composto por R\$ 280,18 (40,00%) referente aos custos de fabricação, R\$ 178,50 (25,50%) referente aos impostos incidentes sobre a venda do produto e R\$ 241,32 (34,50%) referentes ao lucro por unidade vendida (Gráfico 15).

Gráfico 15 - Composição do valor final de venda.



Fonte: Autoria própria.

4.10.2.4 Plano operacional

Inicialmente, as operações da empresa serão desempenhadas e controladas por seu único membro, com este atuando desde a etapa de projetos e planejamento, até a encomenda dos componentes eletrônicos e placas de circuito impresso e montagem do termocirculador. Desta forma, no início certos processos serão terceirizados até que, com o crescimento das operações da empresa, ocorra a expansão da equipe.

4.10.2.5 Plano financeiro

4.10.2.5.1 Estimativa dos investimentos fixos

Diante da possibilidade de iniciar as operações da empresa com certos processos terceirizados, tem-se uma grande redução do investimento fixo inicial, que corresponde ao investimento nos bens necessários para que a empresa funcione de maneira adequada (SEBRAE, 2013). Assim, estima-se a necessidade de um investimento fixo no valor de R\$ 8.000,00, sendo R\$ 3.000,00 direcionados a aquisição de um notebook de uso profissional, R\$ 4.500,00 direcionados a compra de uma impressora 3D de alta qualidade e R\$ 500,00 direcionados a aquisição de ferramentas para o manuseio e montagem dos termocirculadores (Quadro 5).

Quadro 5 - Investimento fixo.

Notebook	R\$ 3.000,00
Impressora 3D	R\$ 4.500,00
Ferramentas	R\$ 500,00
Investimento fixo	R\$ 8.000,00

Fonte: Autoria própria.

4.10.2.5.2 Capital de giro

Segundo Sebrae (2013), o capital de giro representa os recursos necessários para o funcionamento normal da empresa, como matéria prima. Assim, projeta-se a necessidade de um investimento em capital de giro inicial igual a R\$ 14.061,00, considerando o estoque de componentes, placas de circuito impresso e estruturas para a produção de 50 unidades iniciais de termocirculadores (Quadro 6).

Quadro 6 - Investimento em capital de giro inicial.

Aquisição dos componentes eletrônicos iniciais	R\$ 9.415,00
Fabricação de PCBs iniciais	R\$ 400,00
Fabricação das estruturas iniciais	R\$ 4.247,00
Investimento total em capital de giro inicial	R\$ 14.061,00

Fonte: Autoria própria.

4.10.2.5.3 *Investimentos pré-operacionais*

Como a empresa iniciará suas operações em na residência de seu fundador, não haverá a necessidade de despesas com reformas ou aquisição de um local. Ainda, como a empresa iniciará contando com apenas seu fundador na equipe, será registrada como MEI (Micro Empreendedor Individual) sem custos. Desta forma, como custos pré-operacionais tem-se apenas o custo inicial de divulgação definido como R\$ 1.000,00, valor suficiente para divulgar os produtos da empresa e seus canais de vendas nas redes sociais.

4.10.2.5.4 *Investimento total*

Somando-se as três divisões de investimento mencionadas anteriormente, chega-se ao investimento inicial total de R\$ 23.061,00, que será obtido a partir de recursos próprios do fundador (Quadro 7).

Quadro 7 - Divisão do investimento inicial total.

Investimento fixo	R\$ 8.000,00
Investimento em capital de giro	R\$ 14.061,00
Investimentos pré-operacionais	R\$ 1.000,00
Investimento total	R\$ 23.061,00

Fonte: Autoria própria.

4.10.2.6 *Avaliação estratégica*

4.10.2.6.1 *Análise SWOT*

Com base na matriz SWOT elaborada (Figura 43), determinou-se os principais fatores críticos para o início das operações da empresa. Alguns dificultam seu sucesso final, como o setor apresentar concorrência já consolidada, dificuldade de diferenciação e a existência de poucos consumidores. Alguns favorecem, como o baixo investimento inicial e o público alvo pouco explorado.

Figura 43 - Matriz SWOT.



Fonte: Autoria própria.

4.10.3 A Marca

A marca da empresa foi elaborada levando em consideração aspectos que a ligue diretamente ao seu produto, termocirculadores. Desta forma, o nome escolhido para a nomear foi Termo 3D, em referência ao método de fabricação da estrutura plástica dos equipamentos. Ainda, utilizando as cores bordô e salmão, criou-se a seguinte logo para estampar os produtos e comerciais da empresa (Figura 44).

Figura 44 - Logo da empresa fictícia.



Fonte: Autoria própria.

4.10.4 Conclusão Sobre a Viabilidade do Negócio

Após o desenvolvimento de todo o planejamento empresarial, contando com modelo de negócios, plano de negócios e marca, uma análise cuidadosa acerca da viabilidade do negócio foi feita. Levou-se em consideração, principalmente, a análise SWOT elaborada, com foco para as seguintes ameaças: setor com empresas consolidadas e poucos consumidores, além da seguinte fraqueza: dificuldade de diferenciação do produto, que quando observadas individualmente, já apresentam algum perigo ao negócio. No caso analisado, os três ocorrem simultaneamente, apresentando muito mais perigo, tanto no início quanto durante as operações da empresa, independentemente de quantos anos se passar.

Assim, com poucos clientes por se tratar de um utensílio culinário pouco conhecido e aplicável a uma técnica culinária específica, combinado a um mercado já composto por empresas famosas e consolidadas mundialmente, como Anova Culinary - pertencente à gigante Electrolux - e ChefSteps, conclui-se que a abertura de uma empresa desenvolvedora e fabricante de termocirculadores é inviável diante do contexto apresentado.

5 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, cumpriu-se todos os objetivos estabelecidos inicialmente: desenvolvimento e execução dos circuitos eletrônicos e da estrutura do termocirculador, elaboração de um algoritmo de programação para o microcontrolador em MicroPython, contando com a implementação de um controlador *On-Off* para a manutenção da temperatura constante da água e planejamento de uma empresa fictícia responsável pelo desenvolvimento, fabricação, comercialização e distribuição do equipamento.

Como resultado final, obteve-se um equipamento compacto, muito menor do que seus pares de mercado, capaz de manter a temperatura da água constante, de baixo custo, controlado por meio de botões físicos e monitorado via servidor web, funcionalidade esta ausente em certos modelos comercializados. No entanto, infelizmente, a conclusão acerca da viabilidade do negócio elaborado por meio da empresa fictícia não foi a desejada, inviabilizando a abertura do mesmo. Apesar disso, pode-se concluir que este trabalho foi um sucesso, culminando em um produto de perfeito funcionamento: um termocirculador aplicado à técnica culinária *Sous Vide*.

Para trabalhos futuros, há a possibilidade de melhorar os servidores web elaborados para este equipamento, e permitir, além do monitoramento, o controle da temperatura da água desejada por meio de botões virtuais. A substituição do motor com hélice por uma bomba d'água também é uma possibilidade, além da troca do ebulidor de 680 W por um de potência superior a 1000 W. Ainda, pode-se optar pelo uso de outro sensor de nível d'água, uma vez que o utilizado neste trabalho não emite uma tensão igual a zero quando retirado da água, pois sua superfície permanece úmida durante alguns minutos. A substituição dos dois botões físicos e do display OLED por um display com suporte a touchscreen, aproximaria ainda mais este termocirculador de seus pares de mercado.

REFERÊNCIAS

3D LAB. **Filamento ABS Premium Preto.** Disponível em: <https://3dlab.com.br/produto/filamento-abs-premium-preto/>. Acesso em: 31 mar. 2023a.

3D LAB. **Filamento PETG Branco.** Disponível em: <https://3dlab.com.br/produto/filamento-petg-branco/>. Acesso em: 31 mar. 2023b.

3D LAB. **Filamento PLA Premium Branco.** Disponível em: <https://3dlab.com.br/produto/filamento-pla-branco/>. Acesso em: 31 mar. 2023c.

ALIEXPRESS. **10 pcs LM1117T-3.3 LM1117T LM1117 Low Dropout Voltage Regulator 3.3 V.** Disponível em: <https://pt.aliexpress.com/item/32421177118.html>. Acesso em: 17 mar. 2023.

Anova Company Fact Sheet. San Francisco. 2019. 1 p.

ANOVA CULINARY. **Anova Precision Cooker Nano.** Disponível em: <https://anovaculinary.com/products/anova-precision-cooker-nano>. Acesso em: 29 nov. 2022a.

ANOVA CULINARY. **Anova Precision Cooker Pro.** Disponível em: <https://anovaculinary.com/products/anova-precision-cooker-pro>. Acesso em: 29 nov. 2022b.

BALDWIN, Douglas E. Sous vide cooking: a review. **International Journal Of Gastronomy And Food Science**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 15-30, Jan. 2012. Elsevier BV.

BONINI, Raphael. **Bauruense começou testando máquinas na garagem e hoje planeja abrir unidade nos EUA.** 2021. Disponível em: <https://www.socialbauru.com.br/2021/10/04/bauruense-testando-maquinas-garagem-hoje-planeja-abrir-unidade-eua/>. Acesso em: 29 nov. 2022.

BORGES, António M. F. **Desenvolvimento de um sistema electrónico de aquecimento para “sous vide”.** 2019. 105 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2019.

BOYLESTAD, Robert; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. 11. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013. 782 p.

BREVILLE. **Joule Sous Vide - Stainless Steel**. Disponível em: <https://www.breville.com/us/en/products/sous-vide/cs10001.html?clickid=UYHWmWy0cxyNWZnySHSTZVuEUkA0ehUeZU1Rwk0&irgwc=1&mpname=ChefSteps&cid=8631>. Acesso em: 29 nov. 2022.

BREVILLE. **Joule Sous Vide - White Polycarbonate**. Disponível em: <https://www.breville.com/us/en/products/sous-vide/cs20001.html?clickid=UYHWmWy0cxyNWZnySHSTZVuEUkA0ehU-ZU1Rwk0&irgwc=1&mpname=ChefSteps&cid=8631>. Acesso em: 29 nov. 2022.

CARDOSO, Matheus. **Como Funciona o Controlador ON/OFF?** 2020. Disponível em: <https://edu.ieee.org/br-ufcgras/como-funciona-o-controlador-on-off/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

CETRO MÁQUINAS. **Termocirculador Sous Vide Constantine - Bivolt**. Disponível em: https://www.cetro.com.br/termocirculador-sous-vide-constantine/p?idsku=892&gclid=Cj0KCQiAyMKbBhD1ARIsANs7rEHpQUUp2FBC5QF0ljzb-7QBhNeORXZP6HeGuMi5ed3HnYXxNHArAHwsaAhNuEALw_wcB. Acesso em: 14 nov. 2022a.

CETRO MÁQUINAS. **Termocirculador Sous Vide SV95**. Disponível em: https://www.cetro.com.br/termocirculador-sous-vide-sv95/p?idsku=896&gclid=Cj0KCQiAyMKbBhD1ARIsANs7rEGFOVaW92XiSQNPcTFA1xo7X5jMv2UdKTyj8sCQZXco v-8fDur-mqkaAiwVEALw_wcB. Acesso em: 14 nov. 2022b.

CETRO MÁQUINAS. **Termocirculador Sous Vide SV 100**. Disponível em: https://www.cetro.com.br/termocirculador-sous-vide-sv-100/p?idsku=895&gclid=Cj0KCQiAyMKbBhD1ARIsANs7rEHwGbu3gzL9LSbZSiOeSfph6G_QalwLZi20sH1OurU4yd2kf4PHBrwaArlNEALw_wcB. Acesso em: 14 nov. 2022c.

CHEFSTEPS. **Welcome to ChefSteps!**: we are here to help you go from curious cook to confident in the kitchen.. We're here to help you go from curious cook to confident in the kitchen. Disponível em: <https://www.chefsteps.com/>. Acesso em: 14 nov. 2022.

CREED, Philip G.; REEVE, William. Principles and applications of sous vide processed foods. **Sous Vide And Cook Chill Processing For The Food Industry**. Gaithersburg. p. 25-56. Ago. 1998.

DARAZ. **USB To Serial USB TO UART TTL SERIAL CP2102 Module**. Disponível em: <https://www.daraz.pk/products/usb-to-serial-usb-to-uart-ttl-serial-cp2102-module-i147852162.html>. Acesso em: 17 mar. 2023.

DS18X20: DS18B20 temperature sensor driver. DS18B20 temperature sensor driver. Disponível em: <https://mpython.readthedocs.io/en/master/library/mPython/ds18x20.html>. Acesso em: 11 abr. 2023.

ELECTROLUX to acquire fast-growing smart kitchen appliance company Anova. 2017. Disponível em: <https://www.electroluxgroup.com/en/electrolux-to-acquire-fast-growing-smart-kitchen-appliance-company-anova-23189>. Acesso em: 29 nov. 2022.

ESPRESSIF SYSTEMS. ESP32-WROOM-32 Datasheet. [Datasheet]. Manufacturer: Espressif Systems, 2021.

ON SEMICONDUCTOR. MOC3023: Optocoupler, Phototriac Output, Zero Crossing, DIP-6. [Datasheet]. Manufacturer: ON Semiconductor, 2018.

FERRANDO, Daniel; ARAUJO, John Welvins Barros de; KAKUNO, Edson Massayuki. **Controle de Temperatura PID com Arduino**. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - SIEPE, 9., 2017, Santana do Livramento. Anais. Santana do Livramento: Unipampa, 2017. p. 1-7.

FETTERMAN, Lisa Q.; HALM, Meesha; PEABODY, Scott. **Sous Vide At Home**: the modern technique for perfectly cooked meals. Berkeley: Ten Speed Press, 2016. 385 p.

FRANCISQUINI, Júlia D'Almeida et al. REAÇÃO DE MAILLARD: uma revisão. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, [S.L.], v. 72, n. 1, p. 48, 21 nov. 2017. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/2238-6416.v72i1.541>.

GALVANI, Yohanna. **Filamentos para impressora 3D**: entenda como funcionam e escolha o melhor para você. Entenda como funcionam e escolha o melhor para você. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/filamentos-para-impressora-3d/>. Acesso em: 20 ago. 2022.

HAMMELRATH, Robert. **Driver for the SH1106 display**. 2023. Disponível em: <https://github.com/robert-hh/SH1106>. Acesso em: 11 abr. 2023.

HATCH, Amy. **ChefSteps Announces Joule**. 2016. Disponível em: <https://www.chefsteps.com/chefsteps-debuts-joule#:~:text=Founded%20in%202012%2C%20ChefSteps%20is,techniques%2C%20tools%2C%20and%20resources..> Acesso em: 29 nov. 2022.

INSTITUTE OF PRINTED CIRCUITS. **IPC-2221A**: Generic Standard on Printed Board Design. Northbrook: Ipc, 2003. 124 p.

JOOM. **Conversor Ac-Dc Módulo de Fonte de Alimentação Ac 110V 220V 230V Para 5V 12V 24V Comutação**. Disponível em: <https://www.joom.com/pt-br/products/5c94a21d8b2c37010199b5ba>. Acesso em: 17 mar. 2023.

MACHINE: Functions related to the hardware. 2023. Disponível em: <https://docs.micropython.org/en/latest/library/machine.html>. Acesso em: 11 abr. 2023

MARCOTTI, João V. P.; NASCIMENTO, Erinaldo S. **Desenvolvimento de um termocirculador aplicado à técnica culinária Sous Vide**. In: XII EPCC - ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA DA UNICESUMAR, 2021, Maringá. Anais Eletrônico XII EPCC. Maringá: Unicesumar, 2021. 4p.

MARTINS, Wendel. **O que é o Business Model Canvas e como usar a técnica na prática?** 2021. Disponível em: <https://senno.ai/business-model-canvas/>. Acesso em: 14 nov. 2022.

MATH: Mathematical functions. Mathematical functions. 2023. Disponível em: <https://docs.micropython.org/en/latest/library/math.html>. Acesso em: 11 abr. 2023.

MESQUITA, Laís Gonçalves. **Elaboração Do Plano De Gestão De Uma Empresa Fictícia De Serviços De Automação**. 2018. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

MOUSER ELECTRONICS. **Espressif Systems ESP32-WROOM-32 MCU Modules**. 2018. Disponível em: <https://br.mouser.com/new/espressif/espressif-esp32-wroom-32-modules/>. Acesso em: 14 nov. 2022.

MY SOUS VIDE. **My Sous Vide Home User**. 2023. Disponível em: <https://www.mysousvide.com.br/produto/mysousvidehomeuser/>. Acesso em: 26 mar. 2023.

OLIVAN, Fernando. **Menos de 40% das empresas nascidas no Brasil sobrevivem após cinco anos, diz IBGE**. 2021. Disponível em: <https://fenacon.org.br/noticias/menos-de-40-das-empresas-nascidas-no-brasil-sobrevivem-apos-cinco-anos-diz-ibge/#:~:text=partir%20de%202020.-,Segundo%20o%20IBGE%2C%20apenas%2037%2C6%25%20das%20empresas%20nascidas,e%20o%20tamanho%20das%20empresas>. Acesso em: 18 de dezembro de 2022.

ONEWIRE Driver. Disponível em: <https://docs.pycom.io/tutorials/hardware/owd/>. Acesso em: 11 abr. 2023.

OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves. **Business Model Generation: inovação em modelos de negócios: um manual para visionários, inovadores e revolucionários**. Rio de Janeiro - RJ: Alta Books, 2011. 293 p.

RAMOS, Ana E. A. **O Sistema Sous Vide**. 2004. 34 f. Monografia (Especialização) - Curso de Curso de Especialização Lato Sensu em Qualidade em Alimentos, Centro de Excelência em Turismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

RICARDO CUISINE. **A Practical Guide to Sous-Vide Cooking**. Disponível em: <https://www.ricardocuisine.com/en/articles/special-feature/1167-a-practical-guide-to-sous-vide-cooking>. Acesso em: 14 nov. 2022.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Como elaborar um plano de negócios**. Brasil. Brasília: Sebrae, 2013.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Sobrevivência das empresas no Brasil**. Brasil. Brasília: Sebrae, 2016.

SILVA, Luana N. **Controle PID de temperatura com integração de dados em rede**. 2018. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecatrônica, Departamento Acadêmico de Metal-Mecânica, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

SOCKET: Low-level networking interface. Low-level networking interface. 2023. Disponível em: <https://docs.python.org/3/library/socket.html>. Acesso em: 11 abr. 2023.

TEIXEIRA, Gustavo. **Micropython ESP32**: parte 1. Parte 1. 2019. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/micropython-esp32-parte-1/#:~:text=Micropython%20ESP32%20%C3%A9%20uma%20linguagem,microcontroladores%20e%20ambientes%20com%20restri%C3%A7%C3%B5es>. Acesso em: 17 mar. 2022.

THONNY: Python IDE for beginners. Python IDE for beginners. Disponível em: <https://thonny.org/>. Acesso em: 11 abr. 2023.

TIME: Time related functions. Time related functions. 2023. Disponível em: <https://docs.micropython.org/en/latest/library/time.html>. Acesso em: 11 abr. 2023.

ULU, Tayfun. **WiFi Manager**. 2023. Disponível em: <https://github.com/tayfunulu/WiFiManager>. Acesso em: 11 abr. 2023.

VIANA, Flavia. **A falta de planejamento é um dos vilões da mortalidade das empresas no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://sebraepr.com.br/comunidade/artigo/a-falta-de-planejamento-e-um-dos-viloes-da-mortalidade-das-empresas-no-brasil>. Acesso em: 20 de dezembro de 2022.

ANEXO A - Direitos autorais - Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998. Disposições
preliminares



Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998.

Mensagem de veto

Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Título I

Disposições Preliminares

Art. 1º Esta Lei regula os direitos autorais, entendendo-se sob esta denominação os direitos de autor e os que lhes são conexos.

Art. 2º Os estrangeiros domiciliados no exterior gozarão da proteção assegurada nos acordos, convenções e tratados em vigor no Brasil.

Parágrafo único. Aplica-se o disposto nesta Lei aos nacionais ou pessoas domiciliadas em país que assegure aos brasileiros ou pessoas domiciliadas no Brasil a reciprocidade na proteção aos direitos autorais ou equivalentes.

Art. 3º Os direitos autorais reputam-se, para os efeitos legais, bens móveis.

Art. 4º Interpretam-se restritivamente os negócios jurídicos sobre os direitos autorais.

Art. 5º Para os efeitos desta Lei, considera-se:

I - publicação - o oferecimento de obra literária, artística ou científica ao conhecimento do público, com o consentimento do autor, ou de qualquer outro titular de direito de autor, por qualquer forma ou processo;

II - transmissão ou emissão - a difusão de sons ou de sons e imagens, por meio de ondas radioelétricas; sinais de satélite; fio, cabo ou outro condutor; meios óticos ou qualquer outro processo eletromagnético;

III - retransmissão - a emissão simultânea da transmissão de uma empresa por outra;

IV - distribuição - a colocação à disposição do público do original ou cópia de obras literárias, artísticas ou científicas, interpretações ou execuções fixadas e fonogramas, mediante a venda, locação ou qualquer outra forma de transferência de propriedade ou posse;

V - comunicação ao público - ato mediante o qual a obra é colocada ao alcance do público, por qualquer meio ou procedimento e que não consista na distribuição de exemplares;

VI - reprodução - a cópia de um ou vários exemplares de uma obra literária, artística ou científica ou de um fonograma, de qualquer forma tangível, incluindo qualquer armazenamento permanente ou temporário por meios eletrônicos ou qualquer outro meio de fixação que venha a ser desenvolvido;

VII - contrafação - a reprodução não autorizada;

VIII - obra:

a) em co-autoria - quando é criada em comum, por dois ou mais autores;

b) anônima - quando não se indica o nome do autor, por sua vontade ou por ser desconhecido;

c) pseudônima - quando o autor se oculta sob nome suposto;

d) inédita - a que não haja sido objeto de publicação;

e) póstuma - a que se publique após a morte do autor;

f) originária - a criação primígena;

g) derivada - a que, constituindo criação intelectual nova, resulta da transformação de obra originária;

h) coletiva - a criada por iniciativa, organização e responsabilidade de uma pessoa física ou jurídica, que a publica sob seu nome ou marca e que é constituída pela participação de diferentes autores, cujas contribuições se fundem numa criação autônoma;

i) audiovisual - a que resulta da fixação de imagens com ou sem som, que tenha a finalidade de criar, por meio de sua reprodução, a impressão de movimento, independentemente dos processos de sua captação, do suporte usado inicial ou posteriormente para fixá-lo, bem como dos meios utilizados para sua veiculação;

IX - fonograma - toda fixação de sons de uma execução ou interpretação ou de outros sons, ou de uma representação de sons que não seja uma fixação incluída em uma obra audiovisual;

X - editor - a pessoa física ou jurídica à qual se atribui o direito exclusivo de reprodução da obra e o dever de divulgá-la, nos limites previstos no contrato de edição;

XI - produtor - a pessoa física ou jurídica que toma a iniciativa e tem a responsabilidade econômica da primeira fixação do fonograma ou da obra audiovisual, qualquer que seja a natureza do suporte utilizado;

XII - radiodifusão - a transmissão sem fio, inclusive por satélites, de sons ou imagens e sons ou das representações desses, para recepção ao público e a transmissão de sinais codificados, quando os meios de decodificação sejam oferecidos ao público pelo organismo de radiodifusão ou com seu consentimento;

XIII - artistas intérpretes ou executantes - todos os atores, cantores, músicos, bailarinos ou outras pessoas que representem um papel, cantem, recitem, declamem, interpretem ou executem em qualquer forma obras literárias ou artísticas ou expressões do folclore.

Art. 6º Não serão de domínio da União, dos Estados, do Distrito Federal ou dos Municípios as obras por eles simplesmente subvencionadas.