



DESENVOLVIMENTO DOS CIRCUITOS ELETRÔNICOS DE UM TERMOCIRCULADOR APLICADO À TÉCNICA CULINÁRIA *SOUS VIDE*

João Vitor de Paiva Marcotti¹, Camila de Brito Miranda², Erinaldo Sanches Nascimento³

¹Acadêmico do Curso de Ciências Econômicas, Universidade Cesumar – UNICESUMAR, EAD. Programa Voluntário de Iniciação Científica da UniCesumar - PVIC/UniCesumar. joaomarcotti@alunos.unicesumar.edu.br

²Coorientadora, Doutora, Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá - UEM. cbmiranda2@uem.br

³Orientador, Mestre, Docente, UNICESUMAR. erinaldo.nascimento@unicesumar.edu.br

RESUMO

Este trabalho aborda a teoria e o projeto relacionados ao desenvolvimento de placas de circuito impresso (na sigla em inglês *PCB: Printed Circuit Board*) de um termocirculador. Este visa projetar, implementar melhorias em relação ao trabalho desenvolvido por Marcotti e Nascimento (2021) e possibilitar o funcionamento de toda a eletrônica do equipamento proposto. Entre as modificações realizadas, pode-se destacar a substituição do microcontrolador ATmega328pu pelo ESP32, muito mais complexo e funcional, possibilitando conexão Wi-Fi e Bluetooth com o usuário do equipamento. Portanto, este trabalho finaliza o projeto dos circuitos eletrônicos do termocirculador proposto e iniciado no ano de 2019.

PALAVRAS-CHAVE: Eletrônica; ESP32; Microcontrolador; Sous Vide; Termocirculador.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Baldwin (2012), a palavra *Sous Vide* tem origem francesa, sendo traduzida como “sob vácuo”. Já a técnica culinária *Sous Vide* é definida como o ato de cozinhar um alimento, este embalado a vácuo, em um recipiente contendo água com temperatura controlada. Tal técnica foi aplicada pela primeira vez em 1970 pelo chef francês 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.

De acordo com Creed e Reeve (1998), atualmente, o grande atrativo desta técnica culinária ao público geral e a cozinheiros profissionais é, sem dúvida, a sua precisão quanto ao ponto de cocção do alimento, que, independente da sua espessura, sempre será fiel ao estabelecido previamente pelo cozinheiro. Ainda, segundo Baldwin (2012), os alimentos preparados por meio da técnica culinária *Sous Vide* mantêm as suas propriedades organolépticas e nutricionais, além de se tornarem muito mais macios e saborosos do que quando preparados por meio de técnicas culinárias comuns.

O controle da temperatura da água pode ser feito de forma manual, substituindo a água do recipiente à medida que esfria, ou automática, por meio de um termocirculador que, por meio de sensores, microcontrolador, hélice, aquecedor e outros componentes eletrônicos, é capaz de misturar e manter a temperatura da água constante do início ao fim do processo de cocção.

Este trabalho trata do projeto dos circuitos eletrônicos de um termocirculador aplicado à técnica culinária *Sous Vide* e baseado no protótipo projetado e executado por Marcotti e Nascimento (2021). Assim, seus circuitos eletrônicos foram elaborados de forma a reparar falhas observadas e pontuadas pelos autores e adicionar melhorias ao equipamento.

Desta forma, este trabalho possui como objetivo corrigir falhas notadas no trabalho de Marcotti e Nascimento (2021), buscando e projetando soluções, testando-as e validando a evolução



entre o protótipo obtido e o anterior, além de comprovar a funcionalidade proposta ao dispositivo desenvolvido: a prática da técnica culinária *Sous Vide*.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

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 eletrônica, microcontroladores e programação. Posteriormente, os circuitos eletrônicos do equipamento foram elaborados e, quando possível, testados por meio dos softwares EasyEDA e ISIS Proteus 8 Professional.

Para o processamento de informações enviadas pelos sensores, controle dos periféricos e conexão wireless com o usuário, foi projetado a utilização do microcontrolador ESP32, substituindo o microcontrolador ATmega328pu. Esta é a principal mudança entre este projeto e o desenvolvido por de Marcotti e Nascimento (2021).

A alimentação de todos os circuitos foi planejada para ocorrer por meio de um circuito conversor 110 VAC - 5 VDC projetado pelos autores. Por fim, os softwares foram escolhidos e os circuitos pensados e projetados de forma a facilitar a sua encomenda por meio da fabricante JLC PCBs.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os circuitos eletrônicos do equipamento projetado foram divididos em 4 circuitos: o circuito principal, de controle em tensão alternada, de alimentação e de comunicação.

Para o projeto do circuito principal, responsável pelo processamento das informações coletadas e enviadas pelos sensores, controle dos periféricos e conexão *wireless* com o usuário, baseou-se no microcontrolador ESP32 e seu datasheet.

Já o circuito de controle em tensão alternada, responsável pelo funcionamento adequado do ebulidor (equipamento responsável pelo aquecimento da água), foi baseado em Borges (2019) e é composto, basicamente, por um TRIAC e um optoacoplador.

Como fonte de energia para o microcontrolador e demais componentes eletrônicos, foi projetado e simulado o circuito de alimentação, responsável pela conversão 110 VAC - 5VDC. Este circuito é composto, basicamente, por transformador, ponte retificadora completa e regulador de tensão. A placa de controle e energia é composta pelo circuito de controle e pelo circuito de alimentação.

Com o objetivo de reduzir os cabos de conexão presentes no interior do equipamento, que, segundo Marcotti e Nascimento (2021), dificultam a sua montagem, projetou-se o circuito de comunicação. Este circuito possui a função de conectar o microcontrolador ao display OLED e aos botões, a serem utilizados, respectivamente, para a exibição de informações e para o de controle da temperatura desejada, realizando a comunicação entre equipamento e usuário.

Pensando na completa fabricação do equipamento, os 4 circuitos projetados foram elaborados e agrupados na forma de 3 placas de circuito impresso (na sigla em inglês *PCB: Printed Circuit Board*), com designs pensados para reduzir ao máximo as dimensões do termocirculador e reduzir a quantidade de cabos de conexão em seu interior, facilitando a sua montagem. Essas 3 placas possuem os arquivos *Gerber* necessários para a solicitação de sua fabricação, e são apresentadas na Figura 1.

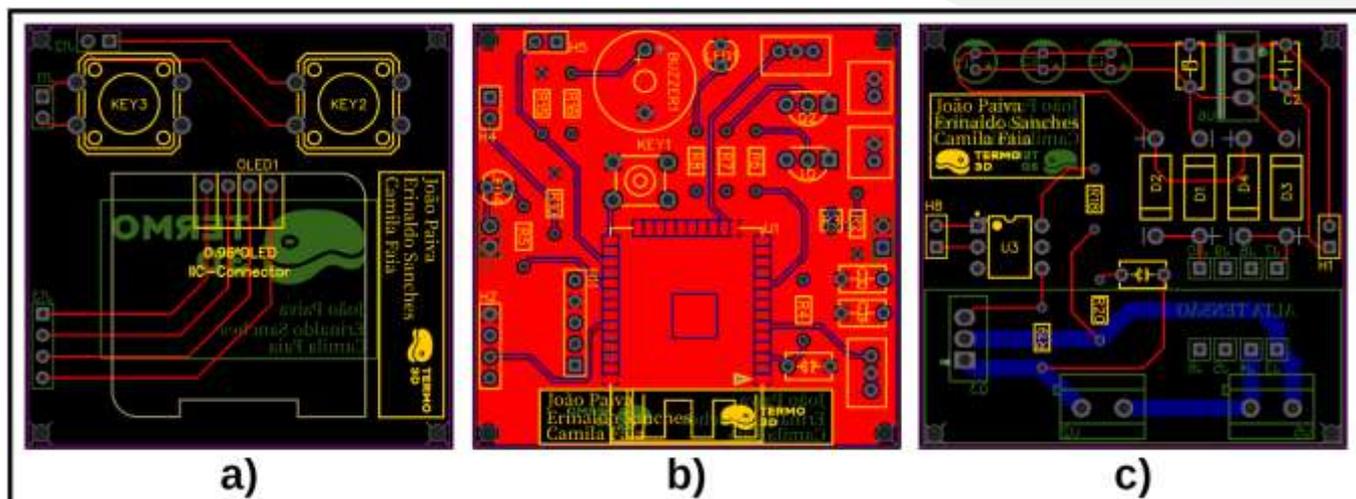


Figura 1: Placas de circuito impresso: (a) placa de comunicação, (b) placa principal e (c) placa de controle e energia.

Fonte: Autoria própria.

Ainda, obteve-se uma representação de como será a aparência das *PCBs* após a soldagem de seus componentes eletrônicos.

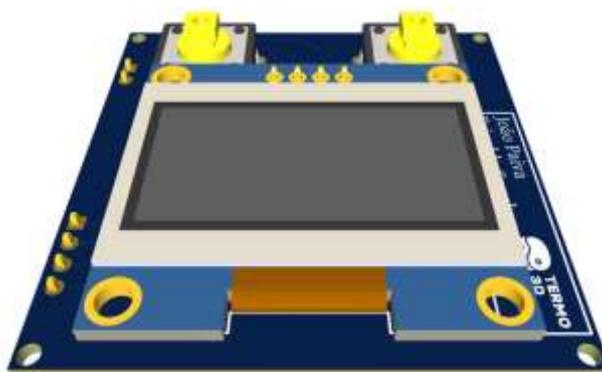


Figura 2: Placa de comunicação.

Fonte: Autoria própria.

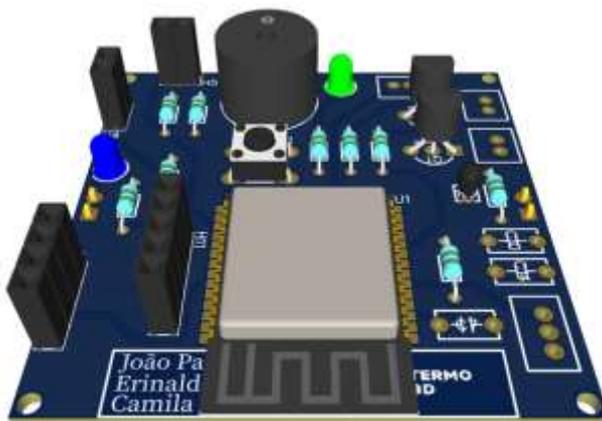


Figura 3: Placa principal.

Fonte: Autoria própria.

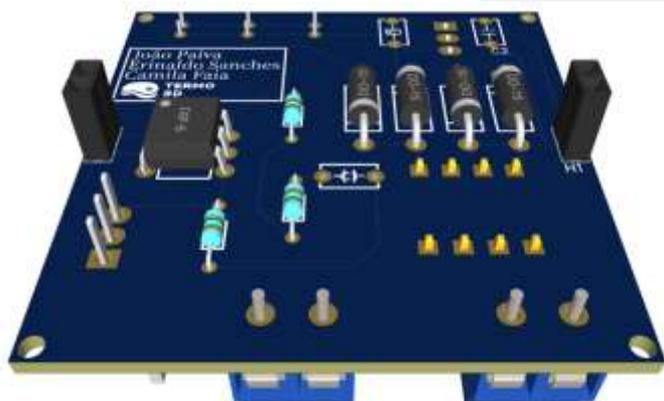


Figura 4: Placa de controle e energia.

Fonte: Autoria própria.

Quanto à placa de controle e energia, 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 (ASSOCIATION CONNECTING ELECTRONICS INDUSTRIES, 1998), 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 igual a 2 onças (oz), equivalente à 56,7 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, utilizando a fabricação padrão, ΔT igual a 15 °C e I igual a 8 A, tem-se a largura da trilha calculada igual a 2 milímetros.

As três PCBs 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 próprios, conforme mostrado na Figura 5. Soquetes macho e fêmea são utilizados para conectá-las.

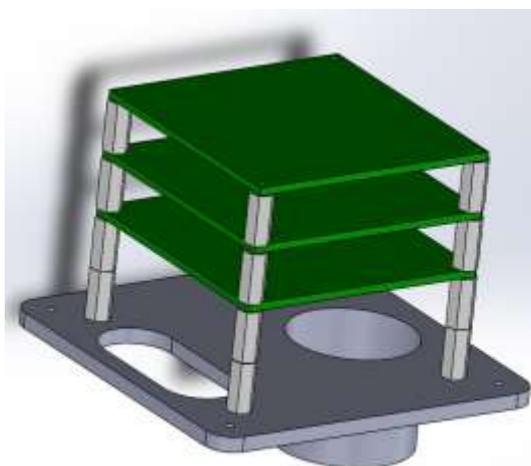


Figura 5: Disposição das três placas em torre no interior do termocirculador.

Fonte: Autoria própria.



Com as 3 PCBs finalizadas, foi estimado, para a aquisição dos componentes eletrônicos, o custo final de produção de uma unidade de cada placa, bem como a sua soma, ou seja, o custo total de todos os circuitos eletrônicos presentes no equipamento. (Quadro 1).

Quadro 1: Tabela de custos de uma unidade de cada PCB desenvolvida.

Placa de comunicação	R\$26,09
Placa principal	R\$68,00
Placa de controle e energia	R\$40,40
Custo total	R\$134,49

Fonte: Os autores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a finalização deste trabalho, concluiu-se a etapa de projeto dos circuitos eletrônicos do termocirculador proposto, obtendo como resultado final todos os arquivos necessários para a visualização, entendimento e fabricação das placas de circuito impresso que o compõem. Assim, como continuidade a este trabalho, resta aos autores encomendar tais placas, adquirir os componentes eletrônicos necessários e executar o projeto desenvolvido, testando-o e validando seu funcionamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION CONNECTING ELECTRONICS INDUSTRIES. **IPC-2221A Generic Standard on Printed Board Design**. 124 p. Northbrook, fev. 1998.

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.

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.

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.

MARCOTTI, João Vitor de Paiva; NASCIMENTO, Erinaldo Sanches. 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.