



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA**  
**BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

# **Construção de um Aplicativo Móvel para o Monitoramento da Temperatura nos Processos Fermentativos**

**Por**

**Ayrton Rogério da Silva Gomes**

Serra Talhada,  
Abril/2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA  
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

**AYRTON ROGÉRIO DA SILVA GOMES**

# **Construção de um Aplicativo Móvel para o Monitoramento da Temperatura nos Processos Fermentativos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da  
Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade  
Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial  
à obtenção do grau de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos da Silva Junior

Serra Talhada,  
Abril/2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- G633c Gomes, Ayrton Rogério da Silva  
Construção de um aplicativo móvel para o monitoramento da temperatura nos processos fermentativos / Ayrton Rogério da Silva Gomes. - 2023.  
49 f. : il.
- Orientador: Luiz Carlos da Silva Junior.  
Inclui referências.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, , Serra Talhada, 2023.
1. Fermentação alcoólica. 2. Sistema automatizado. 3. Monitoramento remoto da temperatura. I. Junior, Luiz Carlos da Silva, orient. II. Título

CDD

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA  
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

**AYRTON ROGÉRIO DA SILVA GOMES**

**Construção de um Aplicativo Móvel para o Monitoramento da Temperatura nos  
Processos Fermentativos**

Trabalho de Conclusão de Curso julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação, defendida e aprovada por unanimidade em 25/04/2023 pela banca examinadora.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Luiz Carlos da Silva Junior  
Orientador  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Profa. Carlos André Batista  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Mário Henrique Bento Gonçalves e Oliveira  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

*Este trabalho é dedicado a minha família, namorada e amigos.*

# AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu forças e saúde para que eu pudesse seguir em frente.

À minha família, que sempre acreditou no meu potencial e me incentivou a estudar.

À minha namorada pelo apoio e incentivo.

Ao meu orientador Prof. Luiz Carlos, e à sua esposa, Jaqueline Silva que me orientaram com muita dedicação e carinho, sempre tentando fazer o melhor para com todos os orientandos, obrigada pela paciência, pelos conselhos e por todas as conversas que tivemos. Vocês são incríveis.

À todos do Laboratório de Energia, Física e Matemática (Prof. Luiz Carlos, Prof. Mário, Luiza, Felícia, Karen, Clébson, Marcos e Gleyson), que tornaram os dias de trabalhos mais leves e puderam agregar os seus conhecimentos neste trabalho científico, e dividiram momentos e sentimentos memoráveis.

À todos os meus amigos que me apoiaram e estiveram presentes quando mais precisei.

Ao Programa de Tutoria Discente, juntamente à Professora Maria do Socorro e demais colaboradores da Pró-Reitoria de Ensino e Graduação.

Aos membros da banca avaliadora por aceitarem participar e por suas sugestões.

A UFRPE/UAST por ter cedido a estrutura para realização desse trabalho.

À todo corpo docente, técnico, administrativo e demais pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização desse trabalho.

*“Não vos amoldeis às estruturas deste mundo,  
mas transformai-vos pela renovação da mente,  
a fim de distinguir qual é a vontade de Deus:  
o que é bom, o que Lhe é agradável, o que é perfeito.  
(Bíblia Sagrada, Romanos 12, 2)*

## RESUMO

Acompanhar os parâmetros durante o processo de fermentação alcoólica, como a temperatura é, fundamental para um bom produto. Essa supervisão pode acarretar em uma carga de trabalho excessiva devido a processos repetitivos. Neste cenário, a automação desta tarefa possibilita o acompanhamento dos dados utilizando um sistema para o monitoramento remoto. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma aplicação móvel em conjunto com um sistema embarcado utilizando Arduino, módulos e sensores de baixo valor aquisitivo. Espera-se como resultado uma solução para dispositivos móveis que possibilite o monitoramento remoto da temperatura.

**Palavras-chave:** Fermentação alcoólica, sistema automatizado, monitoramento remoto da temperatura.

## **ABSTRACT**

Monitoring the parameters during the alcoholic fermentation process, as temperature, is essential for a good product, this supervision can lead to an excessive workload due to repetitive processes. In this scenario, the automation of this task makes it possible to monitor the data of this parameter using a system for remote monitoring. The objective of this work is to develop a mobile application in conjunction with an embedded system using Arduino, modules and low-cost sensors. As a result, a solution for mobile devices that allows remote monitoring of temperature is expected.

**Keywords:** Alcoholic fermentation, automated system, remote temperature monitoring.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Estrutura do sistema. . . . .	24
Figura 3.2 – Este é um exemplo de código em Dart, apresentado no lado esquerdo. Já no lado direito, é possível visualizar uma aplicação em Flutter correspondente a esse código em Dart. . . . .	26
Figura 3.3 – Placa de prototipagem com conexão <i>wireless</i> NodeMCU. . . . .	27
Figura 3.4 – Sensor de temperatura à prova d’água DS18B20. . . . .	28
Figura 3.5 – Módulo relé. . . . .	28
Figura 3.6 – Coolers usados no sistema de resfriamento. Cooler da DC Brushless Fan ®(a) e da Sleev Bearing ®(b). . . . .	29
Figura 3.7 – Sensor de temperatura e umidade DHT22. . . . .	29
Figura 3.8 – Módulo de alimentação para arduino 12v para 3.3v, 5v e 12v. . . . .	30
Figura 3.9 – Fluxograma do sistema de aquisição de dados e resfriamento. . . . .	31
Figura 4.1 – Quantidade de solicitação realizadas ao servidor no período de até 30 dias. . . . .	33
Figura 4.2 – Quantidade de solicitações de leituras, gravações e exclusões no período de até 30 dias. . . . .	33
Figura 4.3 – Lista de sistemas ao qual o <i>Flutter</i> tem suporte. . . . .	34
Figura 4.4 – Tela inicial do aplicativo. . . . .	35
Figura 4.5 – Fluxo do processo para ir a tela de gráfico do aplicativo. . . . .	36
Figura 4.6 – Tela de Gráfico do aplicativo. . . . .	37
Figura 4.7 – Fluxo do processo para ir a tela de histórico do aplicativo. . . . .	38
Figura 4.8 – Tela de Histórico do aplicativo. . . . .	39
Figura 4.9 – Sistema de coleta de dados . . . . .	40
Figura 4.10–Sistema de resfriamento . . . . .	41
Figura 4.11–Caixa de poliestireno e os coolers . . . . .	42
Figura 4.12–NodeMCU para controle dos sensores . . . . .	42
Figura 4.13–NodeMCU usado na ativação dos coolers . . . . .	43
Figura 4.14–Fonte de alimentação ATX . . . . .	43
Figura 4.15–Fluxograma demonstrando a montagem de todo o sistema. . . . .	44
Figura 4.16–Fonte de alimentação ATX . . . . .	45

Figura 4.17–Gráfico comparativo entre as temperaturas internas e externas do sistema . .	45
Figura 4.18–Gráfico comparativo entre a medição automatizada e a medição manual . . .	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Análise comparativa entre o trabalho de Borges Filho (FILHO, 2020) e este trabalho. . . . .	20
Tabela 2.2 – Análise comparativa entre o trabalho de Aires (2021) e este trabalho. . . . .	21
Tabela 2.3 – Análise comparativa entre o trabalho de Nascimento e Lopes (2018) e este trabalho. . . . .	22
Tabela 2.4 – Análise comparativa entre os trabalhos. . . . .	23

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO . . . . .	13
1.1	Objetivos . . . . .	14
1.1.1	Objetivo geral . . . . .	14
1.1.2	Objetivos específicos . . . . .	14
1.2	Motivação . . . . .	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .	16
2.1	Fermentação alcoólica . . . . .	16
2.2	Internet das coisas . . . . .	17
2.3	BackEnd . . . . .	17
2.4	FrontEnd . . . . .	18
2.5	Aplicação Mobile . . . . .	19
2.6	Trabalhos relacionados . . . . .	19
2.6.1	Sistema de monitoramento remoto para nanocervejarias . . . . .	19
2.6.2	Automação aliada ao controle da produção na indústria sucroalcooleira: um estudo de caso sobre internet das coisas aplicada à produção de cachaça	20
2.6.3	Monitoramento, sensoriamento e controle remoto na produção de cerveja artesanal . . . . .	21
2.6.4	Comparação deste trabalho com os trabalhos relacionados . . . . .	23
3	MATERIAL E MÉTODOS . . . . .	24
3.1	Desenvolvimento da solução <i>BackEnd</i> . . . . .	24
3.2	Desenvolvimento do aplicativo <i>Mobile</i> . . . . .	25
3.3	Desenvolvimento do sistema embarcado . . . . .	26
3.3.1	Placa de prototipagem <i>wireless</i> NodeMCU ESP8266 . . . . .	27
3.3.2	Sensor de temperatura impermeável DS18B20 . . . . .	27
3.3.3	Atuadores . . . . .	28
3.3.4	Sensor de temperatura e umidade DHT22 . . . . .	29
3.3.5	Módulo de alimentação para arduino . . . . .	30
3.3.6	Relação entre o NodeMCU-Relé e o NodeMCU-Sensores . . . . .	30
3.4	Avaliação . . . . .	31

4	RESULTADOS . . . . .	32
4.1	Uso do servidor e banco de dados . . . . .	32
4.2	Construção do aplicativo . . . . .	34
4.3	Construção do sistema de resfriamento . . . . .	39
4.4	Análise dos dados de temperatura . . . . .	44
5	CONCLUSÃO . . . . .	47
5.1	Considerações finais . . . . .	47
5.2	Proposta para trabalhos futuros . . . . .	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	48

# 1 Introdução

O processo de fermentação é bastante antigo, há registros do uso de fermentados pelos sumérios, egípcios antigos, assírios e babilônicos. O processo fermentativo é conhecido antes do ano 6.000 a.C. (PACHECO, 2010), porém todo o processo era estritamente rústico e com pouca ou nenhuma tecnologia, muito mais um conhecimento empírico transmitido por costumes.

Sabe-se o quão importante é seguir um processo de produção industrializado (com etapas estritamente bem definidas e claras), porém, no processo de produção de fermentados, acompanhar cada etapa é um trabalho custoso. Na fermentação, o acompanhamento da temperatura é de vital importância, e as leveduras, como são microorganismos mesófilos, exigem uma temperatura ótima para a produção de álcool. Nos processos industriais, a fabricação de etanol ocorre na faixa de temperatura de  $25^{\circ}C$  à  $35^{\circ}C$  (NEVES, 2003). Tendo em vista a importância do monitoramento constante da temperatura o uso de equipamentos que colem, armazenem e disponibilizem tais dados de forma instantânea é de vital importância para tomar a decisão mais assertiva (MORAES, 2021).

A coleta de dados automatizada apresenta uma vantagem significativa ao diminuir drasticamente os erros associados à mão de obra humana. Com a automação, é possível reduzir consideravelmente as chances de falhas e imprecisões, uma vez que o processo é realizado por sistemas ou dispositivos programados para capturar, armazenar e processar dados de forma precisa e eficiente. Dessa forma, a coleta de dados automatizada pode fornecer informações mais confiáveis e precisas, contribuindo para a tomada de decisão mais informada e assertiva em diversos contextos.

Porém, o processo de produção automatizado não visa pequenos produtores, mas grandes indústrias, porque apenas 7% dos equipamentos são utilizados por pequenos produtores de cerveja artesanal (GODOI et al., 2016). Essa discrepância entre os produtores com produção automatizada e produtores sem ou com pouca automação se dá em grande parte pelo custo associado a esse processo e por requerer mão de obra especializada.

Com esses fatores mencionados, este trabalho tem o objetivo de construir uma solução final que forneça ao usuário a possibilidade do acompanhamento remoto do parâmetro de temperatura durante o processo de fermentação alcoólica, através do uso de sistemas embarcados

desenvolvido com o auxílio da placa microcontroladora Arduino, módulos para a conectividade *wireless* NodeMCU e sensores de temperatura impermeáveis, bem como uma aplicação para dispositivos móveis que facilite esse acompanhamento de forma prática e a baixo custo.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: na Seção 2, serão apresentados o referencial teórico e trabalhos relacionados. Na Seção 3, são abordados os materiais e métodos que serão utilizados no desenvolvimento da solução proposta neste trabalho. Na Seção 4, serão apresentados os resultados obtidos do presente trabalho. Por fim, na Seção 5, são apresentados as considerações finais, bem como os trabalhos futuros propostos.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver uma aplicação móvel para acompanhar, em tempo real, os dados de temperatura durante o processo de fermentação alcoólica.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Desenvolver um aplicativo móvel que monitore e realize o controle de temperatura na fermentação alcoólica;
- Controlar automaticamente, a ativação do sistema de resfriamento através do aplicativo;
- Criar uma interface que permita ao usuário acompanhar a temperatura através de gráficos.

## 1.2 Motivação

Considerando que o acompanhamento da temperatura durante o processo fermentativo é fundamental para a produção de bebidas de qualidade, é notório que muitos pequenos produtores enfrentam dificuldades para adquirir equipamentos de monitoramento em tempo real devido ao seu alto custo. Tendo isso em vista, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um aplicativo e um equipamento de baixo custo que sejam acessíveis a pequenos produtores. Dessa forma,

busca-se fornecer aos produtores uma solução mais econômica e viável para o monitoramento da temperatura durante o processo de fermentação, o que pode resultar em uma melhoria significativa na qualidade do produto final.

## 2 Fundamentação teórica

### 2.1 Fermentação alcoólica

Segundo Alterthum et al. (2020), a fermentação alcoólica é utilizada por muito tempo pela humanidade. Os egípcios, por exemplo, produziam bebidas alcoólicas através de cereais, frutas e leveduras. As leveduras são fungos encontrados na natureza de forma abrangente e sua descoberta foi feita por Antony van Leeuwenhoek auxiliado por um microscópio rudimentar (LEEUWENHOEK, 1676).

Diversas etnias mencionaram suas bebidas fermentadas, como: fenícios, assírios, romanos, gregos, entre outros. Esses povos, utilizavam fontes naturais de açúcares como frutas, raízes, folhas e cereais. Sendo assim, podemos dizer que as bebidas fermentadas são tão diversas quanto a quantidade de etnias. Deve-se ressaltar que esses processos fermentativos utilizados na antiguidade empregavam métodos rudimentares. A metodologia industrializada de fabricação do fermentado veio a ocorrer somente após muitos séculos (MORAES, 2021).

O processo de fermentação alcoólica ocorre quando se converte o açúcar em álcool e dióxido de carbono através de microrganismos unicelulares que fermentam o açúcar para garantir a sua vida e reprodução, durante este processo de transformação de açúcares em álcoois ocorre a emissão de dióxido de carbono e calor pelas leveduras. A fermentação alcoólica pode ser realizada por outros microrganismos, porém, os mais utilizados na indústria são as leveduras por sua eficiência fermentativa e sua resistência ao alto teor alcoólico gerado no final do processo. O microrganismo mais estudado é a *Saccharomyces cerevisiae*, ela também é utilizada no processo de fermentação do pão (HENDERSON; REX, 2012).

Pode-se obter diversos produtos a partir do tipo do mosto (solução na qual as leveduras estão atuando) que está fermentando, por exemplo, quando o fermentado é de malte de cevada (*Hordeum vulgare*), o resultado obtido é a cerveja, porém pode-se obter diversos tipos de cervejas, essas variedades estão condicionadas a temperatura em que o mosto está exposto, por exemplo, se o processo fermentativo estiver entre as temperaturas de  $5^{\circ}C$  a  $10^{\circ}C$ , o fermentado recebe a nomenclatura de fermentação baixa, gerando na cerveja uma menor porcentagem de álcool, já no caso em que o fermentado está na faixa de temperatura de  $12^{\circ}C$  a  $15^{\circ}C$ , recebe a nomenclatura

de fermentação alta, possuindo assim uma maior porcentagem de álcool (MORAES, 2021). No caso do vinho, tinto a faixa de temperatura ideal encontra-se entre  $25^{\circ}C$  e  $30^{\circ}C$  (RIBÉREAU-GAYON et al., 2006). Por esses motivos é que o controle rígido de temperatura para esse processo é de fundamental importância.

## 2.2 Internet das coisas

Em 1999, Kevin Ashton cunhou o termo "Internet das Coisas" (*Internet of Things* em inglês, abreviado como *IoT*), para se referir ao gerenciamento da cadeia de suprimentos por meio de dispositivos eletrônicos interconectados. A *IoT* permite que dispositivos, objetos e sistemas se comuniquem entre si e com os usuários, possibilitando uma ampla gama de aplicações, como monitoramento remoto, automação e coleta de dados em tempo real (GUBBI et al., 2013).

A partir disso, a definição de Internet das Coisas se tornou ampla e abrangente, com uma variedade de aplicações para diversas áreas como saúde, transporte, serviços públicos, entre outros (GUBBI et al., 2013). Essa tecnologia utiliza como princípio, o fornecimento de informações de forma *on-line* e acessíveis por quaisquer dispositivos eletrônicos (JUNIOR; FARINELLI, 2018). As informações transmitidas através do uso da *IoT* une o mundo físico e o digital em tempo real através da comunicação entre dispositivos eletrônicos, sejam eles sensores, geolocalizadores, identificadores por rádio frequência, entre outros, com objetos do mundo real, como máquinas industriais, serviços públicos, sistemas de *Big Data* (conceito referente à análise de grande volume de dados) para análises de dados obtidos dos dispositivos *IoT* e internet (MORAIS et al., 2018).

O uso da *IoT* tem um papel fundamental na indústria através da integração dos equipamentos e sistemas, conectando toda a cadeia de produção às redes inteligentes, controlando diversas ações de forma autônoma, beneficiando a indústria no seu processo produtivo e aumentando a produtividade (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2020).

## 2.3 BackEnd

O BackEnd é uma parte fundamental de qualquer sistema de software porque é responsável por lidar com a lógica de negócios e processamento de dados. Sem ele, um sistema não

seria capaz de processar solicitações, armazenar informações ou fornecer respostas úteis para o usuário.

Entre as principais funções do BackEnd, destacam-se: Primeiro, processamento de solicitações, o BackEnd é responsável por receber as solicitações feitas pelo usuário por meio do FrontEnd e processá-las de acordo com a lógica de negócios definida pelo aplicativo. Segundo, o armazenamento de informações, o BackEnd geralmente usa um banco de dados para armazenar informações importantes do sistema, como dados de usuários, histórico de transações, entre outros. Terceiro, a segurança, o BackEnd é responsável por garantir que o sistema esteja protegido contra ataques maliciosos, como invasões e roubo de dados. Quarto, a escalabilidade, o BackEnd é projetado para ser escalável, permitindo que o sistema cresça conforme necessário, adicionando mais recursos de processamento e armazenamento e Quinto, a integração com outros sistemas, muitos sistemas de software precisam se integrar com outros sistemas para funcionar adequadamente. O BackEnd é responsável por facilitar essa integração, garantindo que os dados sejam transferidos corretamente entre os sistemas.

## 2.4 FrontEnd

FrontEnd é a parte de um software que interage diretamente com o usuário final, ou seja, a interface gráfica que o usuário vê e com a qual interage. É responsável por coletar informações do usuário e transmiti-las para a parte do software que executa as funções e processos necessários para que a aplicação funcione corretamente.

O FrontEnd geralmente envolve tecnologias como *HTML*, *CSS* e *JavaScript* para criar a interface gráfica e permitir a interatividade com o usuário. Além disso, *frameworks* de Front-End, como *Angular*, *React* e *Vue.js*, são frequentemente usados para simplificar o desenvolvimento de interfaces de usuário complexas e dinâmicas.

O objetivo principal do FrontEnd é criar uma experiência do usuário agradável, intuitiva e fácil de usar, ao mesmo tempo em que fornece informações precisas e úteis. Isso inclui desde a escolha de cores, fontes e layout até a implementação de recursos interativos, como animações e efeitos visuais (EIS, 2015).

## 2.5 Aplicação Mobile

Uma aplicação Mobile é um software projetado para ser executado em dispositivos móveis, como smartphones e tablets. Essas aplicações geralmente são desenvolvidas para os sistemas operacionais móveis mais populares, como Android e iOS, e são distribuídas por meio de lojas de aplicativos, como a Google Play Store e a App Store da Apple.

As aplicações Mobile podem ser desenvolvidas para realizar diversas funções, desde jogos e entretenimento até ferramentas de produtividade e aplicativos empresariais. Alguns exemplos incluem aplicativos de redes sociais, bancos, serviços de transporte, aplicativos de compras online, dentre outros.

As aplicações Mobile geralmente são projetadas para aproveitar as funcionalidades e recursos dos dispositivos móveis, como a câmera, GPS, microfone, acelerômetro, dentre outros, a fim de fornecer uma experiência personalizada e de alta qualidade para o usuário. Além disso, a interface do usuário é projetada para ser intuitiva e fácil de usar em dispositivos com telas menores, com base nas tendências de design de interface do usuário para aplicativos Mobile (LOPES, 2016).

## 2.6 Trabalhos relacionados

Nesta Seção, abordaremos os trabalhos relacionados ao tema proposto, cujos trabalhos foram escolhidos seguindo os seguintes critérios: (i) trabalhos que utilizaram/desenvolveram um sistema de monitoramento de dados relacionados à fermentação alcoólica; (ii) trabalhos que utilizaram a plataforma Arduino ou sistemas similares.

### 2.6.1 Sistema de monitoramento remoto para nanocervejarias

No artigo de Filho (2020), ele desenvolveu um sistema de monitoramento e controle remoto de baixo custo para as microcervejarias acompanharem o processo de produção de cerveja. Para chegar ao seu objetivo, o autor realizou a construção de duas soluções web, uma responsável por apresentar os dados do monitoramento ao usuário e outra responsável por fazer a

**Tabela 2.1 – Análise comparativa entre o trabalho de Borges Filho (FILHO, 2020) e este trabalho.**

	Borges Filho (2020)	Este Trabalho
Desenvolve o BackEnd	Sim	Sim
Desenvolve uma aplicação Mobile	Não	Sim
A aplicação faz uso de algum atuador	Sim	Sim
Aborda o sensoriamento de temperatura aplicada a fermentação alcoólica	Sim	Sim
Faz uso de banco de dados relacional ou não relacional	Sim	Sim
Utiliza arduino, sensores e módulos	Sim	Sim
A aplicação dispõe de um histórico dos dados acessível ao usuário	Sim	Sim

integração entre a solução *Frontend* e a solução de sistemas embarcados. No sistema embarcado o autor utilizou a placa Raspberry Pi para a supervisão e quatro Arduinos Uno R3 acoplados em cada tanque de fermentação e alguns periféricos. A solução web utilizou *HTML*, *CSS* e *JavaScript*. Para a armazenagem dos dados foi utilizado a plataforma Amazon Web Services, com o banco de dados *DynamoDB*.

A tabela 2.1 apresenta uma comparação entre o que foi desenvolvido por Filho (2020) e este trabalho, destacando que este trabalho desenvolveu praticamente o mesmo sistema que o autor supracitado com o diferencial de ter criado um aplicativo Mobile para o acompanhamento em tempo real dos dados de temperatura.

O sistema desenvolvido pelo autor apresentou um custo significativamente baixo em relação aos dispositivos similares disponíveis no mercado. Neste trabalho o autor afirma que o custo da solução desenvolvida por ele ficou em R\$ 784, 50, enquanto que as soluções já existentes ficaram em uma média de R\$ 1850, 00. Não foi possível verificar se a solução proposta está disponível para o uso.

## 2.6.2 Automação aliada ao controle da produção na indústria sucro-alcooleira: um estudo de caso sobre internet das coisas aplicada à produção de cachaça

Aires (2021) desenvolveu um estudo sobre automação na indústria de produção de cachaça utilizando sistemas embarcados e Internet das Coisas. Nesse estudo o autor identificou, depois de uma visita técnica a fábrica, uma necessidade de automatizar a medição do volume

**Tabela 2.2 – Análise comparativa entre o trabalho de Aires (2021) e este trabalho.**

	Aires(2021)	Este Trabalho
Desenvolve o BackEnd	NÃO	SIM
Desenvolve uma aplicação Mobile	SIM	SIM
A aplicação faz uso de algum atuador	NÃO	SIM
Aborda o sensoriamento de temperatura aplicada a fermentação alcoólica	NÃO	SIM
Faz uso de banco de dados relacional ou não relacional	SIM	SIM
Utiliza arduino, sensores e módulos	SIM	SIM
A aplicação dispõe de um histórico dos dados acessível ao usuário	SIM	SIM

do líquido alcoólico na produção da indústria. Para isso, o autor utilizou um Arduino Nano em conjunto com o módulo NodeMCU ESP8266 e sensor de fluxo de água YF-S201. A interface utilizada pelo usuário neste trabalho foi construída utilizando o *Blink*, uma plataforma de desenvolvimento baseado em *IoT*. É possível utilizar o aplicativo fornecido por essa plataforma nos sistemas operacionais *Android* e *IOS* construindo assim uma solução *IoT*.

A solução proposta pelo autor apresentou uma melhora de 10% em quantificar a variação entre as medições, impactando positivamente no cronograma produtivo da empresa a um custo aquisitivo baixo, porém o projeto apresentou uma limitação no armazenamento de dados da plataforma *Blink*. Entretanto, não foi possível verificar se a solução proposta está disponível para o uso.

A tabela 2.2 apresenta uma comparação entre o trabalho de Aires (2021) e o desenvolvido nesta monografia. Embora ambos os trabalhos tenham desenvolvido diversas características em comum, é possível identificar diferenças significativas entre eles. Destaca-se, porém, que este trabalho incluiu o desenvolvimento de um BackEnd e um aplicativo associado a um atuador para controle da temperatura durante o processo fermentativo.

### 2.6.3 Monitoramento, sensoriamento e controle remoto na produção de cerveja artesanal

Os autores Nascimento e Lopes (2018) produziram um sistema para realizar o monitoramento da temperatura durante o processo de fermentação da cerveja. Os autores identificaram uma dificuldade dos produtores de cerveja artesanais em acompanhar esse parâmetro durante as etapas de produção da bebida. Os autores utilizaram o microcontrolador Arduino Uno R3, o mó-

dulo Ethernet W5100 e o sensor de temperatura impermeável DS18B20 no sistema embarcado. A conexão com a plataforma web foi realizada através de uma rede local.

A solução resultou numa maior mobilidade e autonomia para os produtores, visto que a tarefa de monitorar a temperatura estava automatizada, acarretando apenas no acompanhamento desse parâmetro por parte do produtor, além de uma economia elétrica gerada ao utilizar o sistema proposto. Entretanto, na conclusão deste trabalho, não foi possível verificar a redução energética mencionada.

Na tabela 2.3 encontram-se as principais características dos dois trabalhos o de Nascimento e Lopes (2018) e o presente trabalho. Verifica-se que a diferença deste trabalho é o desenvolvimento do BackEnd.

**Tabela 2.3 – Análise comparativa entre o trabalho de Nascimento e Lopes (2018) e este trabalho.**

	Nascimento e Lopes (2018)	Este Trabalho
Desenvolve o BackEnd	Sim	Sim
Desenvolve uma aplicação Mobile	Não	Sim
A aplicação faz uso de algum atuador	Sim	Sim
Aborda o sensoriamento de temperatura aplicada a fermentação alcoólica	Sim	Sim
Faz uso de banco de dados relacional ou não relacional	Sim	Sim
Utiliza arduino, sensores e módulos	Sim	Sim
A aplicação dispõe de um histórico dos dados acessível ao usuário	Sim	Sim

## 2.6.4 Comparação deste trabalho com os trabalhos relacionados

Os trabalhos relacionados selecionados projetaram um impacto positivo importante na concepção da solução proposta neste trabalho. Verificando-se que o foco dos autores ocorreu em automatizar o acompanhamento de parâmetros diversos na produção da bebida alcoólica através do monitoramento desses parâmetros de forma remota. A Tabela 2.4 fornece uma comparação entre os trabalhos relacionados e a solução proposta no presente trabalho, destacando os aspectos que estão inclusos nesta solução.

Este trabalho tem como diferencial o desenvolvimento de uma solução móvel que monitore a temperatura de forma remota e exerça um controle de forma automatizada.

**Tabela 2.4 – Análise comparativa entre os trabalhos.**

	Borges Filho (2020)	Aires (2021)	Nascimento e Lopes (2018)	Este trabalho
Desenvolve o BackEnd	Sim	Não	Sim	Sim
Desenvolve uma aplicação FrontEnd	Sim	Sim	Sim	Sim
Desenvolve um aplicativo Mobile	Não	Sim	Não	Sim
A aplicação faz uso de algum atuador	Sim	Não	Sim	Sim
Aborda o sensoriamento de temperatura aplicada a fermentação alcoólica	Sim	Não	Sim	Sim
Faz uso de banco de dados relacional ou não relacional	Sim	Sim	Sim	Sim
Utiliza arduino, sensores e módulos	Sim	Sim	Sim	Sim
A aplicação dispõe de um histórico dos dados acessível ao usuário	Sim	Sim	Sim	Sim

### 3 Material e Métodos

Esta seção, contém os procedimentos que foram empregados no desenvolvimento da solução proposta neste trabalho, apresentados em 3 etapas: o desenvolvimento da solução para o BackEnd, o qual será necessária para a comunicação da aplicação *mobile* e o sistema embarcado, o desenvolvimento da aplicação móvel que foi o responsável por prover ao usuário o acesso aos dados coletados e por fim o desenvolvimento do sistema embarcado, que foi responsável por coletar os dados do processo fermentativo. A Figura 1 expressa a relação entre as etapas no âmbito geral da solução proposta.

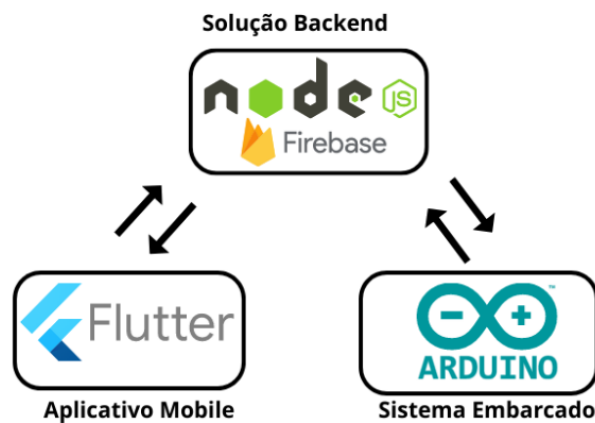


Figura 3.1 – Estrutura do sistema.  
Fonte: Autor

#### 3.1 Desenvolvimento da solução *BackEnd*

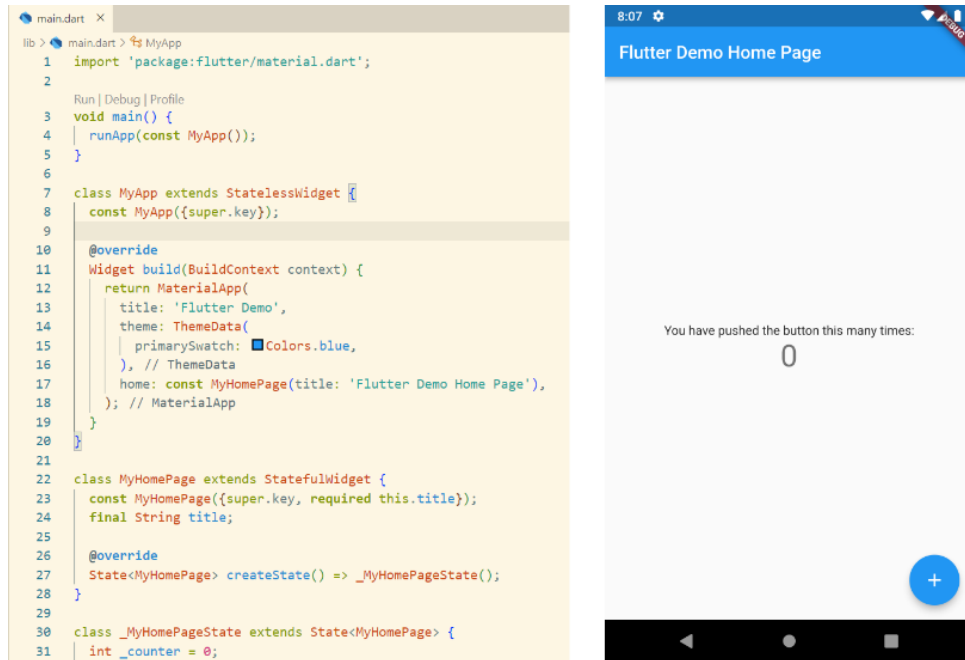
A primeira etapa foi o desenvolvimento de uma Interface de Programação de Aplicativos (*API* do inglês *Application Programming Interface*). Para realizar a construção dessa interface foi escolhido o Framework Node.js (é um software de código aberto, multiplataforma), com ele pode-se construir *APIs* seguindo a arquitetura *REST* (do inglês *Representational State Transfer*). É por intermédio de uma *API* que a comunicação entre o sistema embarcado e a aplicação móvel foi realizada, por esse motivo denominamos essa primeira etapa de desenvolvimento do *BackEnd*.

A escolha do Framework Node.js se deu pelo fato de diversas plataformas poderem hospedar serviços web e que tem a compatibilidade com o mesmo, com isso, a solução *BackEnd* não precisaria estar em uma máquina local, por exemplo, na mesma máquina onde estará o sistema embarcado. Em conjunto com o Node.js será utilizado o serviço de banco de dados Firebase. A escolha do Firebase está associado a sua simplicidade de uso e implementação, dado que o mesmo emprega a característica de armazenagem de dados não-relacionais (*NoSQL*), permitindo uma armazenagem simples dos dados coletados, outra característica que contribuiu para o uso do Firebase é a sua capacidade de escalar a aplicação.

## 3.2 Desenvolvimento do aplicativo *Mobile*

O desenvolvimento da aplicação para dispositivos móveis foi elaborada através do *Flutter*, um *Framework open-source* (código aberto) que utiliza a linguagem de programação *Dart* e é mantido pela empresa Google. Com o *Flutter*, é possível construir aplicações de diferentes complexidades em multiplataforma, como *Android*, *IOS*, *Web* e *Desktop* (FLUTTER, 2022).

Esse *Framework* conta com diversos materiais gerados pela própria Google e pela comunidade de software. Pode-se encontrar suporte na sua documentação oficial gerida pela Google, artigos em sites e blogs, repositórios de pacotes geridos por entusiastas do *Framework*, entre outros. Tais pacotes são responsáveis por facilitar o desenvolvimento no *Framework*, retirando uma carga de trabalho desnecessária sem perder a qualidade no produto final. A figura 3.2 apresenta um exemplo padrão de uma aplicação criada usando o Flutter.



**Figura 3.2** – Este é um exemplo de código em Dart, apresentado no lado esquerdo. Já no lado direito, é possível visualizar uma aplicação em Flutter correspondente a esse código em Dart.

**Fonte:** Autor

Com base na figura 3.2, pode-se observar que a estrutura do framework Flutter é simples e intuitiva, o que proporciona um desenvolvimento mais ágil de aplicações responsivas e funcionais. Desse modo, o presente trabalho atribui um papel fundamental ao Flutter no desenvolvimento da aplicação mobile, em virtude das suas vantagens anteriormente mencionadas, que facilitam a criação de aplicações móveis de alta qualidade.

### 3.3 Desenvolvimento do sistema embarcado

Para a solução do sistema embarcado, foram utilizados componentes eletrônicos de baixo custo aquisitivo compostos por dois módulos de comunicação *wireless NodeMCU ESP8266*, quatro sensores de temperatura impermeável, um sensor de temperatura e umidade ambiente, um módulo atuador relé e um módulo de alimentação. Esses componentes foram selecionados porque suprem as necessidades do projeto, tendo em vista a grande diversidade de componentes, microcontroladores, sensores e módulos existentes no mercado.

### 3.3.1 Placa de prototipagem *wireless* NodeMCU ESP8266

A placa de prototipagem NodeMCU utiliza o chip ESP8266, esta placa possui conectividade *wireless*, o que permite realizar projetos que envolvam *IoT*, além de possuir diversas portas, nas quais podem ser acrescentados sensores, e também possui compatibilidade com a placa Arduino. A decisão de utilizar essa placa para o desenvolvimento deste trabalho está relacionado ao uso deste componente no trabalho do autor (AIRES, 2021), no qual foi atestado a capacidade técnica do módulo. A Figura 3.3 representa a placa NodeMCU ESP8266 que foi utilizada na construção desta solução.

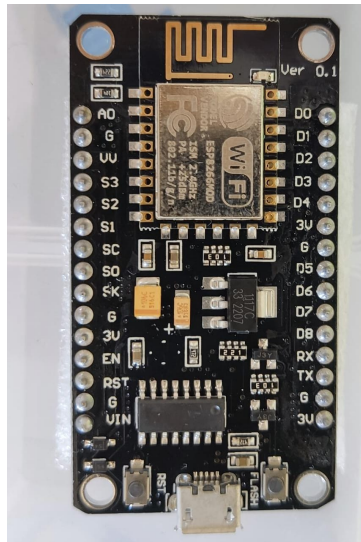


Figura 3.3 – Placa de prototipagem com conexão *wireless* NodeMCU.  
Fonte: Autor

### 3.3.2 Sensor de temperatura impermeável DS18B20

O sensor de temperatura DS18B20, possui uma faixa de leitura de  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ , com uma precisão de  $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  dependendo das condições do ambiente. Além dessas características, o sensor também é à prova d'água, o que o torna aplicável a ambientes secos e úmidos. Neste trabalho o sensor será submerso ao líquido em processo fermentativo. O critério para a escolha deste sensor foi motivado por seu uso no trabalho dos autores (VENTURINI et al., 2019), no qual pôde-se atestar a usabilidade do sensor em condições equiparáveis ao que foi proposto no presente trabalho. O sensor impermeável é demonstrado pela Figura 3.4.



**Figura 3.4 – Sensor de temperatura à prova d'água DS18B20.  
Fonte: Autor**

### 3.3.3 Atuadores

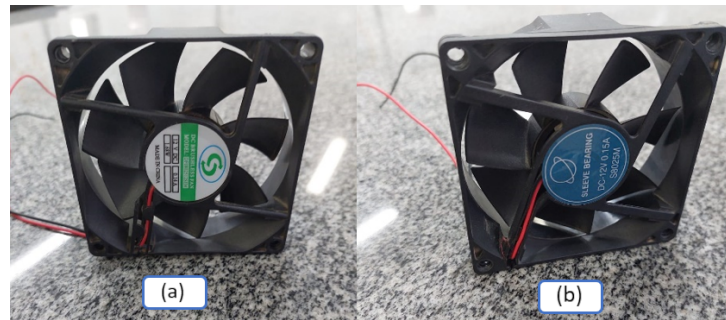
São dispositivos que, através de um sinal recebido por um dispositivo controlador tem a capacidade de modificar uma variável controlada como temperatura, pressão, entre outros. Existem diversos tipos de atuadores, por exemplo, atuadores hidráulicos e pneumáticos (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2020).

Este trabalho irá utilizar um relé, um relé é um dispositivo eletromecânico que é usado para controlar um circuito elétrico de baixa potência, com base em um sinal elétrico em um circuito separado de alta potência. O relé consiste em um interruptor controlado por um eletroímã, que é ativado ou desativado por um sinal elétrico. Quando o sinal elétrico é aplicado, o eletroímã é ativado e puxa uma alavanca ou placa para fechar ou abrir os contatos elétricos do relé, permitindo ou interrompendo o fluxo de corrente elétrica em outro circuito. O relé servirá para controlar os atuadores, que no caso deste trabalho foram os coolers, a Figura 3.5 apresenta o módulo relé.



**Figura 3.5 – Módulo relé.  
Fonte: Autor**

A figura 3.6 exibe os dois coolers que foram usados como atuadores no sistema de resfriamento, o cooler da esquerda (Figura 3.6) é vendido pela DC Brushless Fan ®, especificações DC, 12 V, 0,14 A, 1,68 W, o da direita (Figura 3.6) é vendido pela Sleeve Bearing ®, especificações DC, 12 V, 0,15 A, potência não informada. Ambos os coolers eram acionados juntos quando os sensores indicavam que a faixa de temperatura estava fora da determinada.

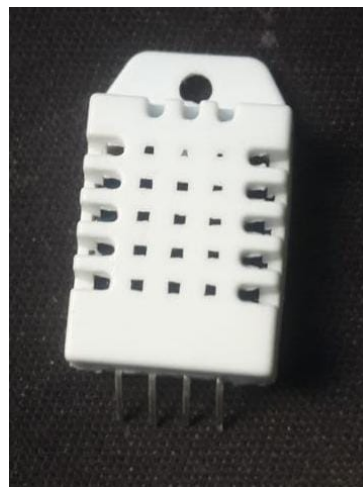


**Figura 3.6 – Coolers usados no sistema de resfriamento. Cooler da DC Brushless Fan ®(a) e da Sleeve Bearing ®(b).**

**Fonte: Autor**

### 3.3.4 Sensor de temperatura e umidade DHT22

O sensor de temperatura e umidade DHT22, possui uma faixa de medição de temperatura ambiente de  $-40$  a  $80$  °C e de umidade relativa de 0% a 100%, com uma precisão de  $\pm 0,5$  °C e 2% (JUNIOR; FARINELLI, 2018). A Figura 3.7 demonstra o sensor DHT22 que foi utilizado neste trabalho.



**Figura 3.7 – Sensor de temperatura e umidade DHT22.**

**Fonte: Autor**

### 3.3.5 Módulo de alimentação para arduino

O módulo de alimentação para Arduino é capaz de converter uma entrada de 12 *v* em 3.3 *v*, 5 *v* e 12 *v*, com cada voltagem tendo uma finalidade específica no projeto. O módulo, representado na Figura 3.8, é conectado diretamente aos Módulos NodeMCU para fornecer a corrente suficiente para todos os componentes do sistema.

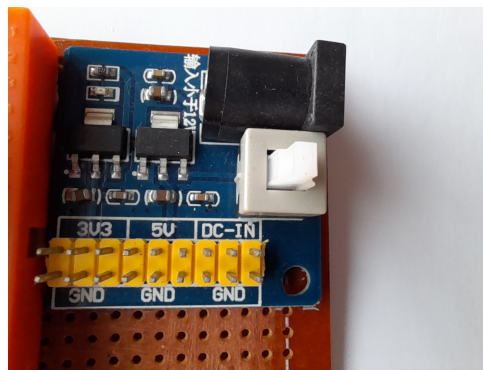
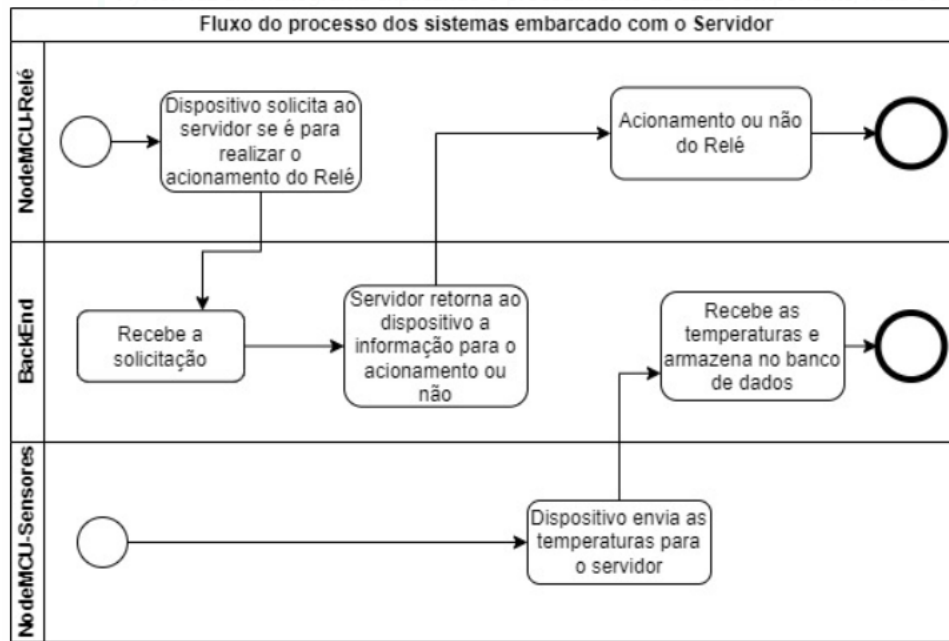


Figura 3.8 – Módulo de alimentação para arduino 12v para 3.3v, 5v e 12v.

Fonte: Autor

### 3.3.6 Relação entre o NodeMCU-Relé e o NodeMCU-Sensores

A figura 3.9 ilustra o fluxograma do processo de aquisição de dados e acionamento do sistema de resfriamento. Nesse processo, há dois dispositivos distintos: o primeiro coleta os dados de temperatura e os envia para o servidor *BackEnd*, enquanto o segundo aciona o relé e solicita autorização ao servidor para ligar ou desligar os coolers responsáveis por resfriar o recipiente presente na caixa de poliestireno expandido. A figura evidencia a interligação entre os dois *NodeMCU* e o *BackEnd*, tornando claro o funcionamento do sistema de resfriamento em questão.



**Figura 3.9 – Fluxograma do sistema de aquisição de dados e resfriamento.**

**Fonte: Autor**

## 3.4 Avaliação

A avaliação da solução foi realizada através de uma análise comparativa entre os dados do parâmetro de temperatura coletados pela solução automatizada e a coleta realizada de forma manual. Com isso, busca-se atestar a capacidade da aplicação realizar o acompanhamento automatizado da temperatura no processo de fermentação alcoólica.

Essa avaliação foi realizada em ambiente controlado, no Laboratório de Energia, Física e Matemática, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Pernambuco.

## 4 Resultados

### 4.1 Uso do servidor e banco de dados

Para desenvolver a solução proposta neste trabalho, iniciou-se com a construção do *BackEnd* utilizando ferramentas como *Node.JS*, a biblioteca *Express*, *Google Cloud Functions* e o *Firestore Database*. Essas soluções foram integradas e funcionaram da seguinte forma: utilizando as ferramentas *Node.JS*, *Express*, *Google Cloud Functions* e *Firestore Database*, foi possível desenvolver um projeto que integra todas essas tecnologias de maneira eficiente. As rotas e funções necessárias para o trabalho foram implementadas em um único arquivo *JavaScript*, permitindo uma fácil manutenção e desenvolvimento do sistema.

No arquivo *JavaScript*, foram definidas as rotas para receber e enviar dados para o sistema embarcado, assim como as rotas para fornecer informações para o aplicativo. Além disso, as funções que processam e salvam os dados foram implementadas utilizando a biblioteca *Express* e a *Google Cloud Functions*, enquanto o *Firestore Database* foi utilizado para armazenar os dados coletados.

No desenvolvimento de aplicações *web*, uma rota é uma estrutura que permite definir o caminho pelo qual os dados são manipulados e as ações executadas em uma aplicação. Em outras palavras, ela é responsável por estabelecer a comunicação entre diferentes partes do sistema.

No projeto em questão, uma rota específica foi criada para calcular se o acionamento do sistema de resfriamento era necessário ou não. Essa rota é um trecho de código que define o caminho para o processamento dos dados coletados pelos sensores de temperatura. Quando o sistema embarcado envia os dados para o *BackEnd*, essa rota é responsável por receber a requisição, processar os dados e enviar uma resposta indicando se o sistema de resfriamento deve ser acionado ou não.

O servidor é configurado para enviar os últimos 24 registros quando solicitado pelo aplicativo, enquanto os dados são coletados pelo sistema embarcado responsável pelo monitoramento das temperaturas a cada 30 minutos e enviados para o banco de dados do servidor. Essa frequência de coleta foi definida para atender ao limite gratuito imposto pelo Google. No entanto, é importante destacar que o *Firebase* possui uma fácil escalabilidade do serviço, garantindo que

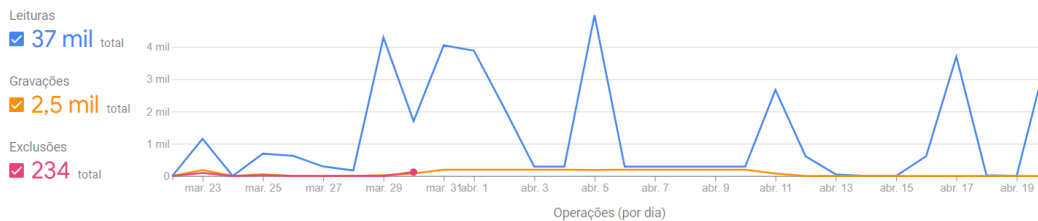
o sistema permaneça fornecendo o serviço mesmo em picos de acessos, suportando assim a demanda recebida.

A Figura 4.1 mostra as solicitações de gravação, leitura ou exclusão durante o período de até 30 dias feitas ao servidor. Com isso, podemos notar que durante testes realizados em 23 de março de 2023, o servidor sofreu um pico de solicitações e nenhum problema que causasse impacto ao trabalho pôde ser notado.



**Figura 4.1 – Quantidade de solicitação realizadas ao servidor no período de até 30 dias.**  
**Fonte: Autor**

A seguir, A Figura 4.2 mostra de forma detalhada o total de cada tipo de solicitação realizada ao servidor e, por consequência, ao banco de dados.



**Figura 4.2 – Quantidade de solicitações de leituras, gravações e exclusões no período de até 30 dias.**  
**Fonte: Autor**

Ainda na Figura 4.2 podemos notar um número exagerado de leituras, isso deve-se ao fato de que o *Firebase* realiza uma chamada de leitura para cada item que pretende-se enviar como resultado, ou seja, se o aplicativo solicitar o histórico dos últimos dados salvos, o servidor irá realizar 24 consultas de leitura, isso pode acarretar em custo de serviço significativo.

## 4.2 Construção do aplicativo

A aplicação foi desenvolvida com o uso do *Flutter*, um *framework* multiplataforma que permite a criação de aplicativos para *desktops*, *web* e dispositivos móveis. A Figura 4.3 mostra uma lista dos sistemas operacionais que suportam essa tecnologia.

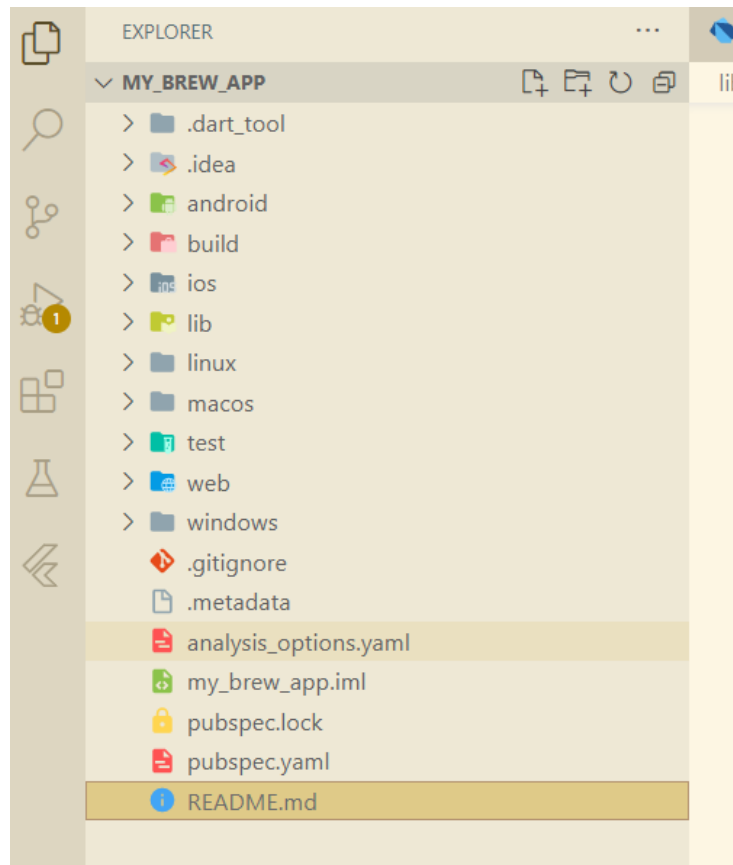


Figura 4.3 – Lista de sistemas ao qual o *Flutter* tem suporte.

Fonte: Autor

No entanto, devido ao curto prazo disponível para o desenvolvimento do projeto, os testes foram focados na versão para *Android*. Isso não impede que a aplicação seja adaptada para outras plataformas no futuro, já que o *Flutter* é uma tecnologia que suporta múltiplas plataformas.

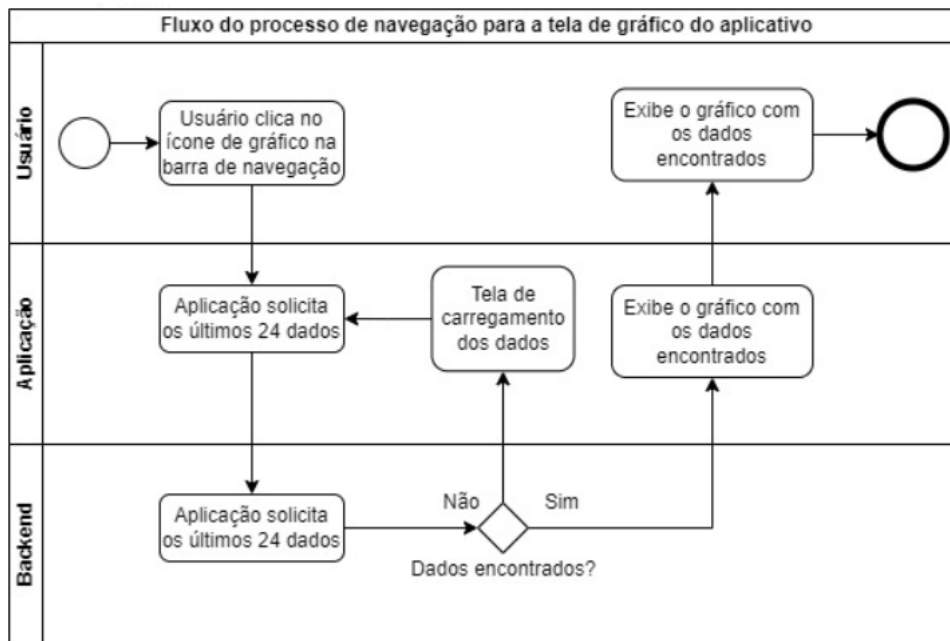
A tela principal do sistema móvel exibe ao usuário informações sobre a última temperatura registrada no banco de dados e a faixa de temperatura configurada para manter a fermentação dentro dos limites desejados. Além disso, há uma barra de navegação que permite ao usuário acessar as telas de gráfico e histórico. A Figura 4.4 ilustra a página principal do aplicativo.



Figura 4.4 – Tela inicial do aplicativo.

Fonte: Autor

Ao visualizar o histórico da última leitura, na tela principal, o usuário pode acessar a tela de gráfico, onde são exibidas as últimas 24 medições das temperaturas interna e externa do mosto em processo de fermentação. Na figura 4.5 encontra-se o fluxograma que representa o acesso a tela de gráficos.

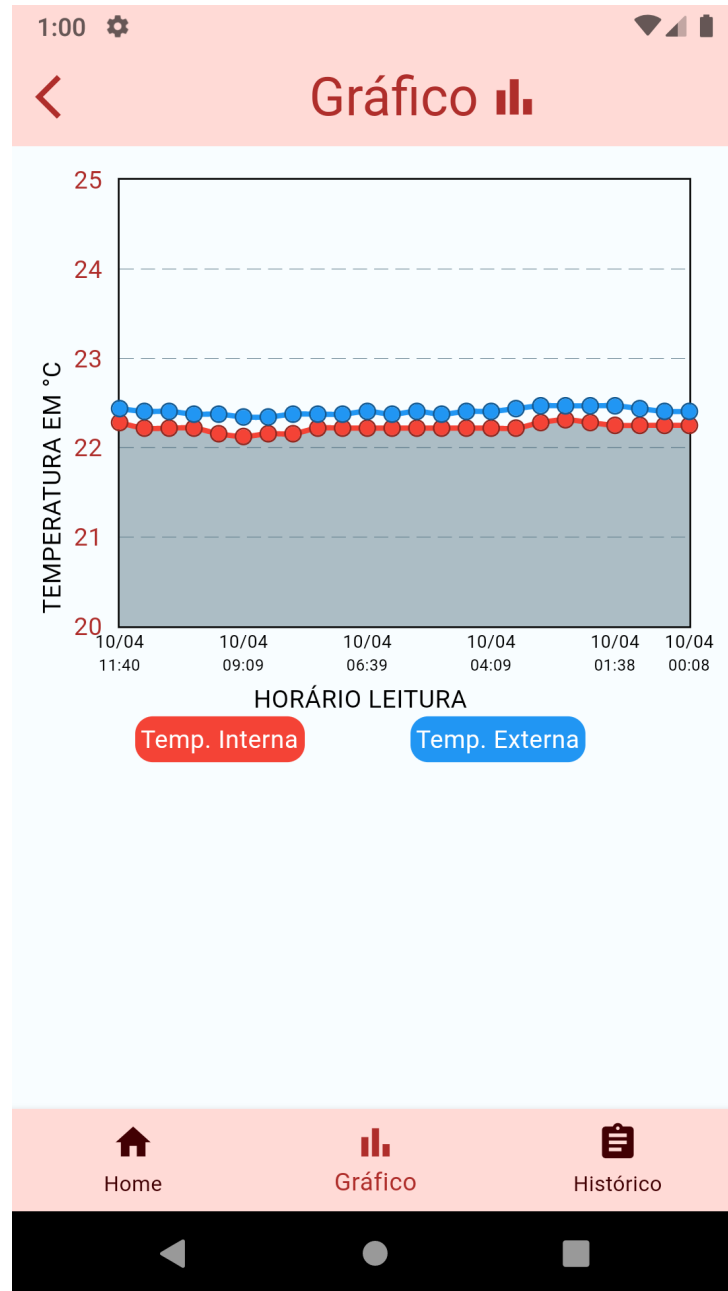


**Figura 4.5 – Fluxo do processo para ir a tela de gráfico do aplicativo.**

**Fonte: Autor**

Ao acessar a aplicação, o usuário pode visualizar os dados de temperatura em um gráfico simples e intuitivo. Para isso, basta clicar no ícone de gráficos. A aplicação, então, realiza uma solicitação ao *BackEnd*, buscando os últimos 24 dados de temperatura. Caso esses dados sejam encontrados, a aplicação os exibe no gráfico para o usuário. No entanto, se a aplicação não encontrar esses dados, ela realiza uma nova solicitação, garantindo assim que o gráfico exibido esteja sempre atualizado.

O gráfico, apresentado na Figura 4.6, apresenta as temperaturas interna em vermelho e externa em azul no eixo y e o tempo no eixo x.



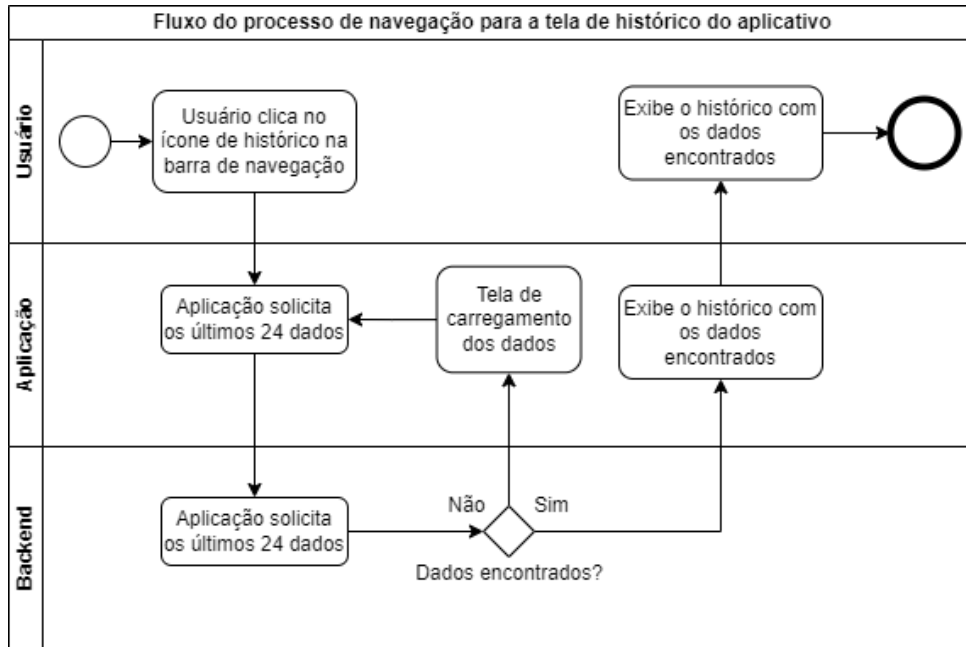
**Figura 4.6 – Tela de Gráfico do aplicativo.**

**Fonte: Autor**

O sistema móvel oferece ao usuário um histórico resumido das leituras realizadas pelo sistema embarcado. Para acessar essa funcionalidade, basta clicar no ícone de histórico, presente na barra de navegação da aplicação. A Figura 4.7 ilustra o processo de navegação para a tela de histórico, enquanto a Figura 4.8 exibe a própria tela de histórico da aplicação.

A fim de apresentar o histórico das temperaturas coletadas, a aplicação realiza uma requisição ao *BackEnd* solicitando os últimos 24 registros armazenados no banco de dados. O *BackEnd*, então, realiza a busca no banco de dados e retorna os dados para a aplicação, que os exibe em forma de cartões.

Ao acessar a tela de histórico, o usuário pode navegar pelos registros e visualizar a evolução da temperatura ao longo do tempo, deslizando o dedo de baixo para cima na tela. Essa funcionalidade permite uma análise mais detalhada dos dados coletados, o que proporciona uma melhor compreensão do processo de fermentação em curso.



**Figura 4.7 – Fluxo do processo para ir a tela de histórico do aplicativo.**

**Fonte: Autor**



Figura 4.8 – Tela de Histórico do aplicativo.

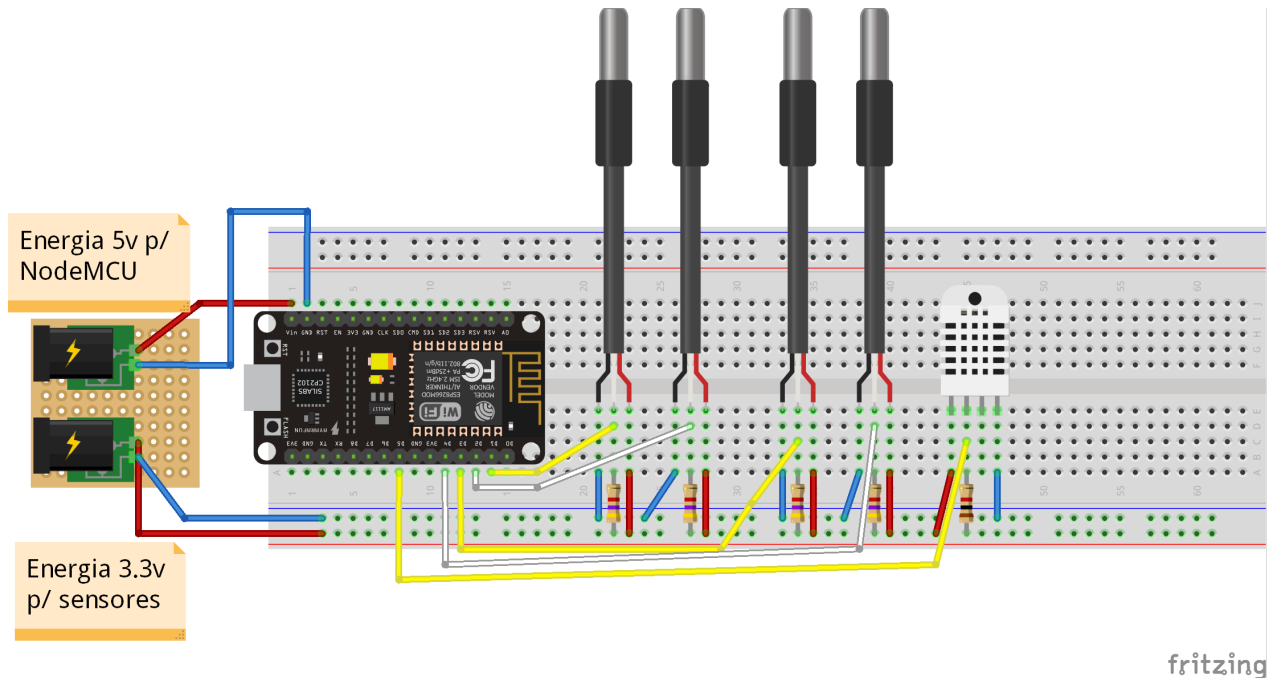
Fonte: Autor

### 4.3 Construção do sistema de resfriamento

O sistema foi criado no laboratório de Energia, Física e Matemática com a intenção de simular um sistema que tivesse a capacidade de ser acionado remotamente para resfriar o mosto durante o processo de fermentação.

O sistema contou com dois sensores de temperatura ds18b20 fixados em dois recipientes

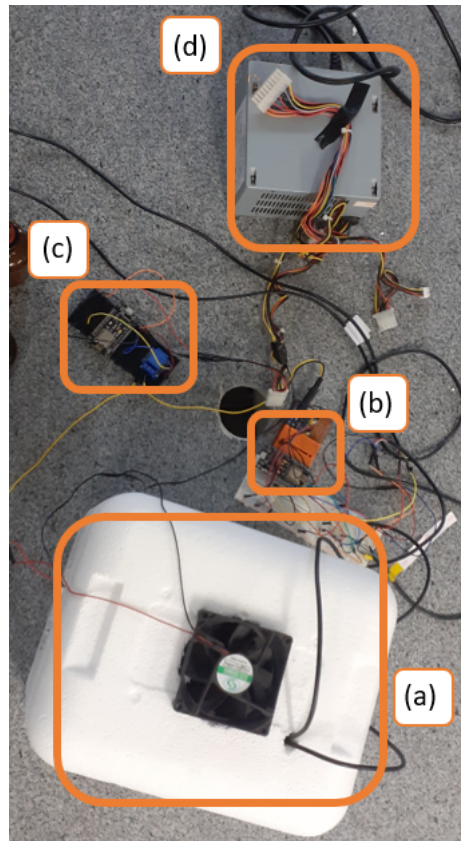
de fermentados fora da caixa, dois sensores ds18b20 fixado nos frascos fermentados dentro da caixa e um sensor de temperatura e umidade do ar dht22 fixado do lado externo da caixa, como na figura esquemática a seguir (Fig. 4.9)



**Figura 4.9 – Esta figura contém o esquema da montagem do sistema de coleta de dados.**  
**Fonte: Autor**

A intenção real não era de testar se o sistema era eficaz ou não para realizar o resfriamento, mas se o sistema conseguiria trabalhar em conjunto com o NodeMCU, com os sensores e com o atuador e quais dificuldades seriam enfrentadas nessa fase do trabalho.

O sistema de resfriamento (Figura 4.10) foi composto por uma caixa isolante de poliestireno expandido, coolers, sistema embarcado e a fonte de alimentação utilizada para dar energia ao sistema.

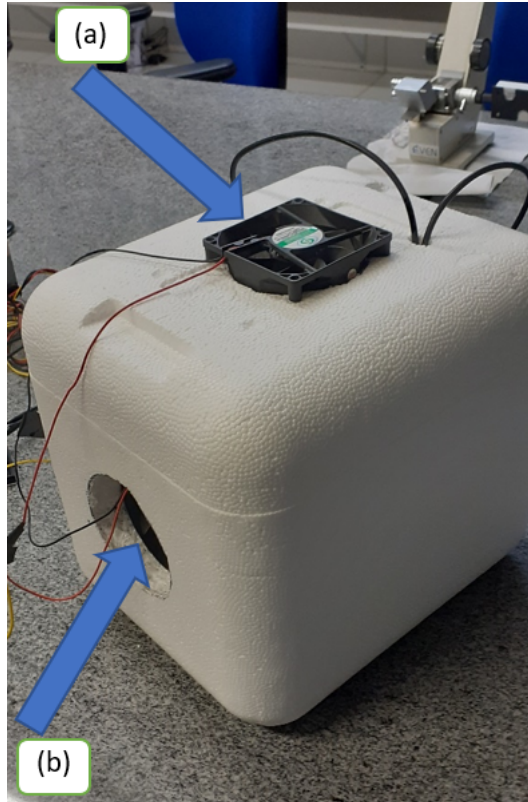


**Figura 4.10** – Esta figura contém o sistema completo de resfriamento, (a) com a caixa de poliestireno expandido, (b) e (c) sistema embarcado e a (d) fonte de alimentação utilizada para dar energia ao sistema.

**Fonte: Autor**

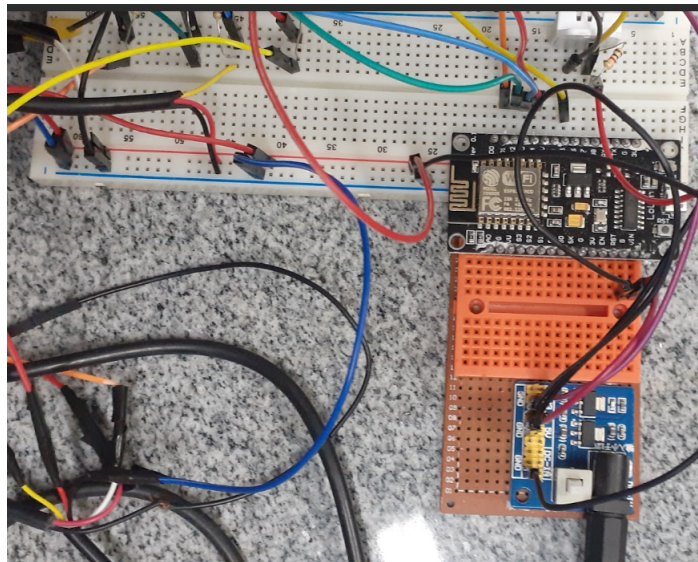
A caixa poliestireno expandido, ficou com duas perfurações, onde dois coolers foram fixados, um colocando o ar para dentro da caixa (Fig. 4.11b) e outro retirando o ar de dentro da caixa (Fig. 4.11a) como pode ser visto na Figura 4.11.

Na Figura 4.12, encontram-se o NodeMCU e os sensores DS18B20 utilizados para captação da temperatura do fermentado que ficaram fora da caixa e do fermentado dentro da caixa. Foi necessária a utilização de dois NodeMCU's atuando conjuntamente nesse projeto, pois um ficou responsável para enviar os dados dos sensores (Figura 4.12) e o outro ficou responsável por checar a temperatura para a ativação dos coolers (Figura 4.13), pois um único NodeMCU não conseguiu alimentar os sensores e ao mesmo tempo acionar os coolers.



**Figura 4.11** – Esta figura contém o sistema completo de resfriamento, com a caixa de poliestireno expandido, sistema embarcado e a fonte de alimentação utilizada para dar energia ao sistema.

**Fonte: Autor**

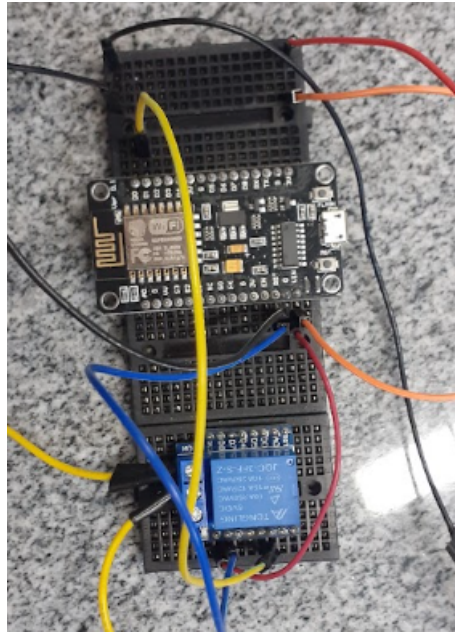


**Figura 4.12** – Nesta figura encontram-se o NodeMCU utilizado para obter as temperaturas via sensores.

**Fonte: Autor**

Na Figura 4.13 encontram-se o NodeMCU e o relê utilizado para o acionamento dos coolers.

Como o sistema necessitou de mais corrente que o esperado, pois a intenção inicial do



**Figura 4.13** – Nesta figura encontram-se o NodeMCU utilizado para ativar os coolers.

**Fonte: Autor**

projeto era ligar o sistema inteiro a uma fonte simples de 12V, porém ao ligar esse sistema a essa fonte de 12V percebeu-se que o sistema não ficou com potência suficiente para o envio da temperatura e para o acionamento do atuador. Foi necessário a utilização da fonte ATX (Figura 4.14)



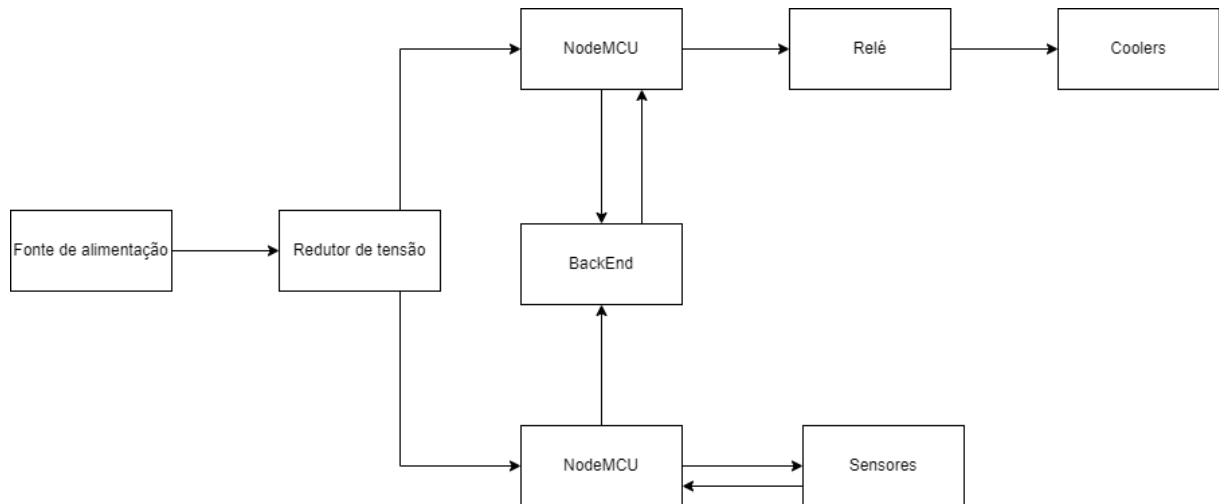
**Figura 4.14** – Nesta figura encontram-se a fonte de alimentação ATX utilizada para fornecer energia para os dois NodeMCU e para os coolers.

**Fonte: Autor**

A fonte de Alimentação ATX fornecia 12 *volts* ao módulo de conversão de voltagem, o módulo de conversão foi o equipamento responsável por distribuir essa voltagem para os módulos *wireless NodeMCU* e para o relé que receberam 5 *volts* de corrente elétrica, os sensores

receberam uma corrente elétrica de 3.3volts

Na figura 4.15 encontra-se um esquema de todo o sistema montado desde a Fonte ATX até as comunicações entre o NodeMCU com os coolrs e com os sensores.



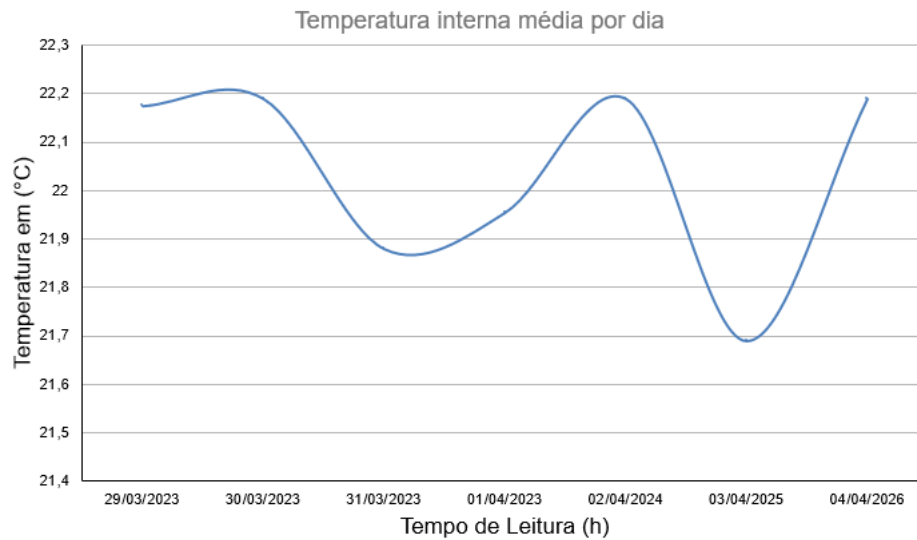
**Figura 4.15 – Fluxograma demonstrando a montagem de todo o sistema.**

**Fonte: Autor**

## 4.4 Análise dos dados de temperatura

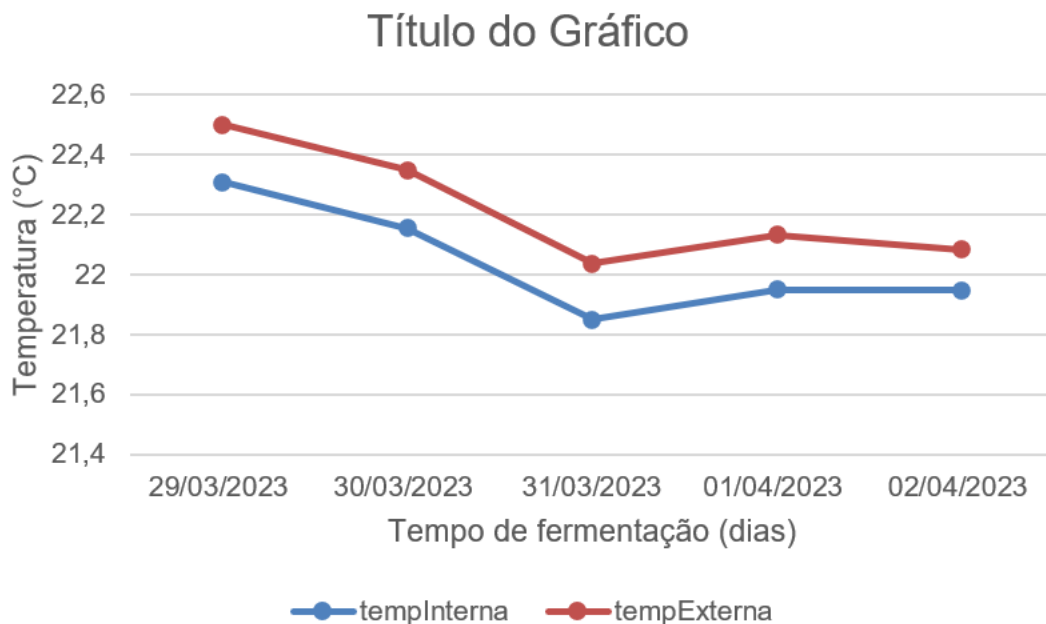
A temperatura foi fixada via servidor na faixa de  $20^{\circ}C$  à  $21^{\circ}C$ , ou seja, sempre que a temperatura passasse desta faixa fixada o atuador era acionado, o gráfico dessa coleta de dado interna esta na Figura 4.16

Observa-se pela figura 4.16 que a temperatura média do fermentado não ultrapassou  $22,2^{\circ}C$ , ou seja ficou  $1,2^{\circ}C$  acima do fixado, observa-se uma tentativa do sistema de fazer com que a temperatura interna da caixa permanecesse abaixo de  $21^{\circ}C$ , porém notou-se que apenas a atuação de 2 coolers não foi suficiente para isso.



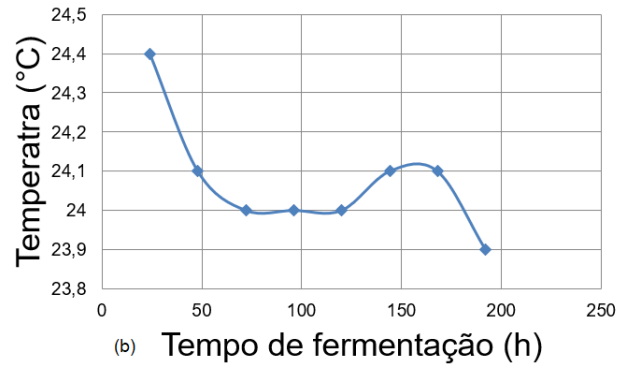
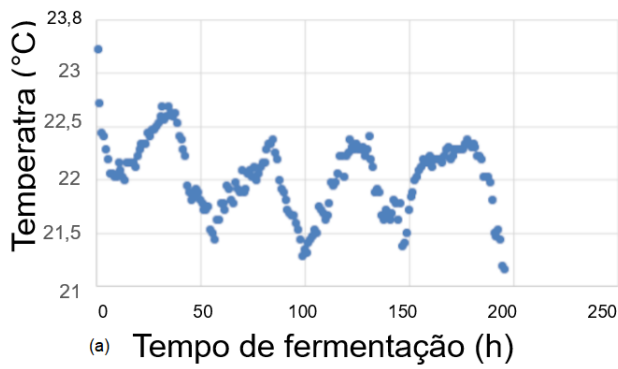
**Figura 4.16 – Gráfico de temperatura dos frascos internos ao sistema (caixa de poliestireno expandido)**  
**Fonte: Autor**

Na Figura 4.17 percebe-se a atuação do sistema na tentativa de manter a curva temperatura sempre a baixo da temperatura externa.



**Figura 4.17 – Gráfico comparando a temperatura média diária dos frascos que estão dentro da caixa (tempInterna) e os frascos fora da caixa (tempExterna) para 5 dias de experimento.**  
**Fonte: Autor**

A Figura 4.18 compara uma coleta de dados automatizada com o sistema elaborado por esse trabalho (Fig. 4.18a) para um tempo de fermentação de 7 dias e a coleta de dados realizado no mesmo laboratório, porém sendo realizada de maneira manual uma vez ao dia durante 8 dias (Fig. 4.18b).



**Figura 4.18 – Gráfico comparando (a) coleta de dado automatizada e (b) coleta de dados manuais**

**Fonte: Autor**

Observa-se claramente que os dois gráficos exibem a mesma tendência de queda de temperatura, porém percebe-se que na Figura 4.18a possui muito mais informação a variações precisas ao longo do dia do que a Figura 4.18b, possibilitando uma tomada de decisão mais assertiva pra remediação em altas temperaturas.

## 5 Conclusão

### 5.1 Considerações finais

O sistema de monitoramento remoto proposto neste projeto utilizou o conceito de internet das coisas para monitorar o processo fermentativo e acionar o sistema de resfriamento conforme a faixa de temperatura delimitada. O sistema registrou as temperaturas interna e externa dos mostos e do ambiente, enviando constantes retornos de informação ao usuário do sistema móvel. No entanto, é importante ressaltar que o sistema de resfriamento não foi projetado para ser testado em termos de eficácia para realizar o resfriamento.

Apesar de ter enfrentado problemas relacionados à alimentação dos sensores e do atuador, o sistema proposto funcionou com êxito ao monitorar o processo fermentativo. Para contornar o problema, foi utilizado um segundo módulo NodeMCU.

Em resumo, este projeto mostrou que é possível utilizar a tecnologia de internet das coisas para monitorar e controlar processos, como a fermentação de mostos. Com isso, é possível obter dados precisos e em tempo real sobre o processo, o que pode levar a melhorias na eficiência e na qualidade do produto final. No entanto, é importante destacar que a eficácia do sistema de resfriamento não foi testada neste projeto.

### 5.2 Proposta para trabalhos futuros

Embora o sistema de monitoramento remoto proposto tenha apresentado um bom desempenho no monitoramento do processo fermentativo, os trabalhos futuros devem se concentrar em melhorar a interface da aplicação, aprimorar o sistema embarcado e a integração com o Firebase. Dessa forma, será possível obter um sistema ainda mais eficiente e preciso para o monitoramento e controle de processos fermentativos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRES, M. Y. d. L. Automação aliada ao controle da produção na indústria sucroalcooleira: um estudo de caso sobre internet das coisas aplicada à produção de cachaça. Universidade Federal de Campina Grande, 2021.
- ALTERTHUM, F. et al. Biotecnologia industrial. 2020.
- EIS, D. *Guia Front-End: O caminho das pedras para ser um dev Front-End*. [S.l.]: Editora Casa do Código, 2015.
- FILHO, M. D. B. Sistema de monitoramento remoto para nanocervejarias. Universidade Federal de Uberlândia, 2020.
- FLUTTER, F. *Flutter documentation*. 2022. Disponível em: <<https://flutter.dev/>> Acesso em 02 set. de 2022.
- GODOI, A. V. V. et al. Pesquisa do perfil cervejeiro artesanal caseiro e suas oportunidades. *Anais Simpósio de Pesquisa e Seminário de Iniciação Científica*, v. 1, n. 1, 2016.
- GUBBI, J. et al. Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, Elsevier, v. 29, n. 7, p. 1645–1660, 2013.
- HENDERSON, J. P.; REX, D. *Sobre Vinhos - Tradução da 2ª edição norte-americana*. 2012. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788522114757/>> Acesso em 07 set. de 2022.
- JUNIOR, S. L. S.; FARINELLI, F. A. *DOMÓTICA-Automação Residencial e Casas Inteligentes com Arduino e ESP8266*. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2018.
- LEEUWENHOEK, A. V. Observations, communicated to the publisher by mr. antony van leewenhoeck, in a dutch letter of the 9th octob. 1676. here english'd: concerning little animals by him observed in rain-well-sea-and snow water; as also in water wherein pepper had lain infused. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, The Royal Society London, v. 12, n. 133, p. 821–831, 1676.
- LOPES, S. *Aplicações mobile híbridas com Cordova e PhoneGap*. [S.l.]: Editora Casa do Código, 2016.
- MORAES, I. d. O. *BIOTECNOLOGIA INDUSTRIAL*. [S.l.]: Editora Blucher, 2021. v. 4.
- MORAIS, I. S. d. et al. Introdução a big data e internet das coisas (iot). *Porto Alegre: SAGAH*, 2018.
- NASCIMENTO, D. V. d.; LOPES, H. A. Monitoramento, sensoriamento e controle remoto na produção de cerveja artesanal. Universidade Federal Fluminense, 2018.
- NEVES, L. C. M. d. *Obtenção da enzima glicose 6-fosfato desidrogenase utilizando 'Saccharomyces cerevisiae' W303-181*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2003.

PACHECO, T. F. Fermentação alcoólica com leveduras de características flocculantes em reator tipo torre com escoamento ascendente. Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. *Handbook of Enology, The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments*. [S.l.]: John Wiley & Sons, Ltd, 2006.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. d. D. *Sensores industriais: fundamentos e aplicações*. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2020.

VENTURINI, S. F. et al. Projeto de um sistema de medição e controle de temperatura de baixo custo para ser utilizado na etapa de mosturação do processo de fabricação de cervejas artesanais. *Cippus*, v. 7, n. 1, p. 25–36, 2019.