

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA PORTO ALEGRE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

HENRI DE ARAÚJO DE ANDRADE

**ESTUDO PRELIMINAR DE AUTOMAÇÃO DOS MONITORAMENTOS E
ACIONAMENTOS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL
DE FORMA REMOTA**

PORTO ALEGRE - RS
2021

HENRI DE ARAÚJO DE ANDRADE

**ESTUDO PRELIMINAR DE AUTOMAÇÃO DOS MONITORAMENTOS E
ACIONAMENTOS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL
DE FORMA REMOTA**

Monografia a apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. João Alvarez Peixoto

PORTO ALEGRE - RS

2021

HENRI DE ARAÚJO DE ANDRADE

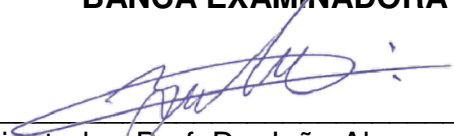
**ESTUDO PRELIMINAR DE AUTOMAÇÃO DOS MONITORAMENTOS E
ACIONAMENTOS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL
DE FORMA REMOTA**

Monografia a apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. João Alvarez Peixoto.

Aprovado em: 10 / 12 / 2021

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof. Dr. João Alvarez Peixoto

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Fernando Almeida Santos

Prof. Dr. Fernando Almeida Santos

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Emerson Fernandes da Cunha

Prof. Dr. Emerson Fernandes Cunha

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

PORTO ALEGRE

2021

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me incentivaram nos meus estudos. E à minha esposa Bianca, pela paciência, que trouxe tranquilidade e a organização para minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à toda minha família pela compressão. Aos meus pais pelo cafezinho antes da aula que deu a força para eu chegar bem nas aulas. À minha esposa Bianca, pelo apoio incondicional e por me aliviar nas tarefas domésticas (ano que vem eu pago).

Agradeço aos meus amigos, em especial ao meu grande amigo Sandro Amarante que sempre me apoia e torce por mim.

Agradeço à Taurus Armas, que sempre deu condições, flexibilizando horários para eu poder fazer a faculdade.

Agradeço aos meus colegas que nesta convivência, compartilhando experiências e dificuldades, aprendi muito e tive um período muito feliz da minha vida.

Agradeço à UERGS, a todos funcionários que convivi, os professores pela dedicação e em especial ao professor João Peixoto, principalmente pelo grande trabalho engrandecendo o curso e a universidade, e que como meu orientador tornou claro o desafio de fazer uma monografia.

RESUMO

No Brasil a produção de cerveja artesanal teve um grande crescimento nos últimos anos, mesmo em um momento de crise econômica. Na necessidade de melhorar a qualidade dos processos de fabricação, faz com que os cervejeiros busquem novas tecnologias que auxiliem a fabricação. Neste contexto o presente trabalho propõe a automação dos monitoramentos e acionamentos no processo de fabricação de cerveja artesanal de forma remota, usando a tecnologia da IoT, com plataformas de interação e visualização de dados com dispositivos móveis. Na implementação da metodologia foi construído um protótipo funcional, na fermentação da cerveja artesanal, com uso do módulo microcontrolador NodeMCU, do sensor de temperatura DS18B20 e do sensor de gás MQ-135, com a visualização e interação no App Blynk. Este sistema implementado monitorou a temperatura e a emissão de CO₂, controlou a temperatura e possibilitou de forma remota a troca do *set point* de temperatura e a visualização gráfica dos dados do processo. Ao final, o protótipo apresentou resultados satisfatórios, apresentando informações valiosas para o cervejeiro caseiro e agregando a possibilidade de fazer acionamentos remotos no processo.

Palavras-chaves: Fermentação. IoT. Controle.

ABSTRACT

In Brazil, the production of craft beer had a great growth in recent years, even at a time of economic crisis. In the need to improve the quality of manufacturing processes, it makes brewers look for new technologies to help manufacturing. In this context, the present work proposes the remote automation of monitoring and triggering in the craft beer manufacturing process, using IoT technology, with interaction and data visualization platforms with mobile devices. In implementing the methodology, a functional prototype was built, in the fermentation of craft beer, using the NodeMCU microcontroller module, the DS18B20 temperature sensor and the MQ-135 gas sensor, with visualization and interaction in the Blynk App. This implemented system monitored the temperature and CO2 emission, controlled the temperature and made it possible to remotely change the temperature set point and graphical visualization of the process data. In the end, the prototype presented satisfactory results, presenting valuable information for the home brewer and adding the possibility of making remote activations in the process.

Keywords: Fermentation. IoT. Control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Proposta de protótipo funcional.....	14
Figura 2 – Pinagem do módulo ESP8266 NodeMCU.....	17
Figura 3 – Processo de fabricação de cerveja	19
Figura 4 – Kit básico de fabricação de cerveja.....	19
Figura 5 – Pinos do sensor DS18B20	20
Figura 6 – Interface DS18B20 com outros dispositivos.....	21
Figura 7 – <i>Trimpot</i> e pinos do sensor MQ-135.....	21
Figura 8 – Sensor de gás MQ-135	22
Figura 9 – Sensor de pH PH-4502C.....	22
Figura 10 – Módulo eletrônico do sensor PH-4502C.....	23
Figura 11 – Funcionamento de um sensor de fluxo	24
Figura 12 – Sensor YF-S201.....	24
Figura 13 – Resistência tubular blindada	25
Figura 14 – Ciclo de refrigeração por compressão.....	26
Figura 15 – Funcionamento bomba centrífuga.....	26
Figura 16 – Estrutura de conexão dos componentes em MQTT	29
Figura 17 – <i>Widgets</i> do Blynk App.....	30
Figura 18 – Estrutura de comunicação do Blynk.....	30
Figura 19 – Conexão do Kitasato com sensor de CO ₂	31
Figura 20 – Sistema de controle de temperatura	32
Figura 21 – Tela de rotinas de gráficos Flot.....	33
Figura 22 – Sistema de leitura de cor.....	33
Figura 23 – Plotagem das cores das amostras	34
Figura 24 – Montagem para leitura via câmera.....	34
Figura 25 – Sistema para identificar as cores	35
Figura 26 – Esquema do projeto	36
Figura 27 – Fluxograma da lógica de automação	37
Figura 28 – <i>Dashboard</i> resultante do projeto.....	37
Figura 29 – Banco de líquido de resfriamento glicol.....	38
Figura 30 – Interface de controle da aplicação <i>WEB</i>	39

Figura 31 – Esquema de ligação entre Arduino e módulo conversor RS-485	39
Figura 32 – Interface de supervisão da aplicação local.....	40
Figura 33 – Interface de controle da aplicação local	40
Figura 34 – Representação da disposição dos equipamentos	41
Figura 35 – Fluxograma do método aplicado	44
Figura 36 – Tela principal do projeto no Blynk	47
Figura 37 – Gráficos dos dados no Blynk.....	48
Figura 38 – Montagem componentes eletrônicos.....	49
Figura 39 – Diagrama de conexões protótipo funcional	49
Figura 40 – Desenho da fixação do sensor de temperatura.....	50
Figura 41 – Montagem sensor MQ-135.....	50
Figura 42 – Montagem física do protótipo	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Variáveis da fermentação de cerveja	46
Quadro 2 – Teste com diferentes estilos de cerveja	52
Quadro 3 – Funcionalidades do protótipo	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AWS	<i>Amazon Web Services</i> - Serviços Web Amazon
HSL	<i>Hue Saturation Lightness</i> – Matiz Saturação Luminosidade
IDE	Interface de Desenvolvimento
IIoT	<i>Industrial Internet of Things</i> - Internet Industrial das Coisas
IoMT	<i>Internet of Medical Things</i> - Internet das Coisas Médicas
IoT	<i>Internet of Things</i> - Internet das Coisas
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i> – Display de Cristal Líquido
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i> - Transporte de Telemetria por Enfileiramento de Mensagem
M2M	<i>Machine-to-Machine</i> - Máquina a máquina
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> – Modulação por Largura de Pulso
RFID	<i>Radiofrequency Identification</i> – Identificação por Radiofrequência
pH	Potencial Hidrogeniônico
PID	Proporcional Integral Derivativo
USB	<i>Universal Serial Bus</i> – Porta Serial Universal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMÁTICA.....	12
1.2 HIPÓTESE	13
1.3 OBJETIVOS.....	13
1.3.1 Objetivo geral	14
1.3.2 Objetivos específicos	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 REFERENCIAS TECNOLÓGICOS.....	16
2.1.1 Módulo ESP8266 NodeMCU	16
2.1.2 Produção de cerveja artesanal	17
2.1.3 Sensoriamento em processos contínuos	19
2.1.4 Atuadores em processo contínuos	24
2.1.5 Internet das Coisas	27
2.1.6 Protocolo MQTT	28
2.1.7 Aplicativo BLYNK.....	29
2.2 REFERENCIAIS DE PESQUISAS	31
2.2.1 Monitoramento de baixo custo aplicado a processos biotecnológicos – Estudo de caso da produção de cerveja artesanal	31
2.2.2 Automação das etapas de mosturação e clarificação do processo de brassagem na produção de cerveja artesanal.....	35
2.2.3 Sistema de monitoramento remoto para nanocervejarias	38
3 METODOLOGIA	42
3.1 TIPO DE PESQUISA	42
3.2 UNIVERSO DE ABRANGÊNCIA DA PESQUISA	42
3.3 MÉTODO APLICADO	43
4 RESULTADOS.....	46
5 ANÁLISE.....	54
6 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
APÊNDICES A – Código do programa do protótipo funcional.....	61

1 INTRODUÇÃO

A cerveja é a bebida alcóolica mais consumida no mundo e fica em terceiro lugar se for considerada todas as bebidas, a trás da água e do chá (MORADO, 2009). No Brasil com o movimento das cervejas artesanais há um acentuado crescimento, em dez anos saímos de 114 cervejarias chegando a 1.383 cervejarias no ano de 2020 (MAPA, 2021).

Na história humanidade, a cerveja foi fomentadora de diversas inovações, como o desenvolvimento da agricultura (plantações cereais para produção de cerveja e pão), a pasteurização (com Louis Pasteur¹), a escala de pH (com Soren Peter Lauritz Sorensen²), o desenvolvimento da refrigeração e além disso, seu crescimento acompanhou as novas tecnologias existentes.

Hoje, com todo o conhecimento milenar da cerveja, com diversas ferramentas e tecnologias é possível produzir de forma caseira uma cerveja de alta qualidade, algo impensado a pouco tempo (MOSHER, 2004).

1.1 PROBLEMÁTICA

A fabricação de produtos artesanais se diferencia da produção industrial nos detalhes em que o processo é realizado, onde a presença do especialista é constante, monitorando e atuando em todo o processo (FREITAS, 2008; BRAGA; ROMEIRO FILHO, 2009).

A produção caseira de cerveja é um trabalho árduo. Que exige muitas variáveis a serem controladas (temperatura, quantidade de ingredientes e tempos de processos), além do tempo necessário para realizar o processo, sendo que a primeira etapa, a Brassagem, dura de 6 a 8 horas. A parte fria do processo, que engloba a fermentação e a maturação, ocorre em dias ou até meses, dificultando muito o

¹ Louis Pasteur cientista francês inventor do processo de pasteurização ao estudar a fermentação na indústria cervejeira. Fonte:<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/Biograf/ilustres/louis.htm>

² Soren Peter Lauritz Sorensen químico Dinarmaquês, foi chefe do laboratório da cervejaria Carlsberg. Inventou a escala pH ao estudar o efeito da concentração de íons nas proteínas. Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%B8ren_S%C3%B8rensen

monitoramento direto (HUGHES, 2013).

Uma cerveja considerada de qualidade é resultado do rigor e empenho do cervejeiro nas suas diversas etapas de preparação. A evolução do cervejeiro vem da crítica do resultado, que vem da experiência e da comparação com outras produções.

Os cervejeiros artesanais contam com os mesmos insumos e técnicas das cervejarias comerciais, sendo que com cuidado na limpeza, no uso de ingredientes novos e, principalmente, com controle da temperatura dos processos, são capazes de produzir uma cerveja com qualidade igual ou superior que uma cervejaria industrial (MOSHER, 2004; HUGHES, 2013).

1.2 HIPÓTESE

Os cervejeiros caseiros estão em busca de novas formas de reduzir os esforços de fabricação e melhorar os resultados obtidos. E, como resultado, melhorar a repetibilidade das cervejas produzidas.

Com o surgimento de novas tecnologias, como o módulo microprocessado Arduino, o desenvolvimento da internet das coisas e o custo reduzido dos componentes eletrônico, favorece muito a criação de soluções de custo reduzido em sistemas embarcados (OLIVEIRA, 2017).

Isto faz crer que a automação do sensoriamento e atuação de sistemas de fabricação de produtos artesanais, com disponibilização dos dados e comandos em nuvem, permite que o fabricante execute parte da operação de forma remota, não atuando continuamente no processo, mas monitorando e sendo alertado de inconsistências.

1.3 OBJETIVOS

Este tópico apresenta o objetivo geral do presente trabalho, subdividido em objetivos específicos. Uma forma de dividir as atividades e análises, de forma complementar e integrada.

1.3.1 Objetivo geral

O presente projeto propõe a automação do sensoriamento e atuação de sistemas de fabricação de produtos artesanais, com disponibilidade dos dados e comandos em nuvem, permitindo que o fabricante execute parte da operação de forma remota, não atuando continuamente no processo, mas monitorando e sendo alertado de inconsistências. Auxiliando na tomada de decisão em processos e registro de anomalias para correções de futuras produções.

E como protótipo funcional, o trabalho irá monitorar e atuar de forma remota em um processo de fabricação de cerveja artesanal, na etapa de fermentação, conforme Figura 1.

Figura 1 – Proposta de protótipo funcional



Fonte: Autor (2021).

1.3.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, que somados irão compor o objetivo geral, são propostos os seguintes:

- a) estudar as aplicações de automação na fabricação de cervejas artesanais;
- b) selecionar as grandezas que serão monitoradas e atuadas;
- c) selecionar um método de interação remota com o monitoramento/atuação automatizado;
- d) implementar o protótipo funcional de fabricação de cerveja artesanal com monitoramento remoto;
- e) implementar a interação do protótipo com *broker* em nuvem;
- f) editar aplicativo supervisório;
- g) analisar comparativamente os ganhos de monitoramento remoto;
- h) publicar os resultados do trabalho em monografia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será abordada a base teórica pesquisada para o desenvolvimento do presente trabalho. Nele se encontram os referenciais tecnológicos, que englobam as tecnologias cujo conhecimento se faz necessário para melhor compreensão do trabalho proposto. Assim como apresenta os referenciais de pesquisa, que descrevem os estudos realizados por outros autores sobre o mesmo tema, como forma de observação comparativa de métodos e resultados, o que permite uma melhor conclusão dos resultados finais deste trabalho.

2.1 REFERENCIAS TECNOLÓGICOS

Os referenciais tecnológicos indicados neste trabalho propõem uma introdução básica nos conceitos e características de cada um, mas sendo apontado referências para quem deseje um conhecimento mais aprofundado.

Para a melhor compreensão deste estudo, faz necessário conhecer módulo ESP8266 NodeMCU, a produção de cerveja artesanal, o sensoriamento em processos contínuos, os atuadores em processos contínuos, a Internet das Coisas, o protocolo MQTT (*Message queuing telemetry transport*) e o aplicativo *mobile* BLYNK.

2.1.1 Módulo ESP8266 NodeMCU

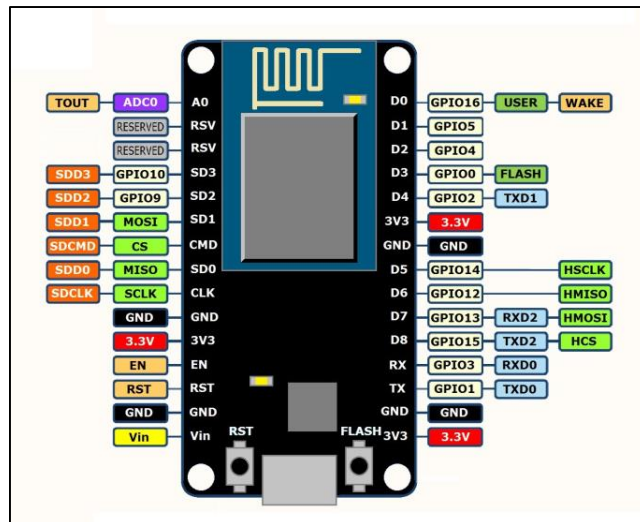
O módulo ESP8266 NodeMCU é uma placa com diversos recursos, sendo perfeita para aplicações IoT (*Internet of things*) pelo suporte integrado para rede *wifi* e conexão à rede de internet, tamanho reduzido, baixo consumo de energia, baixo custo, versatilidade de alimentação, que pode ser alimentado pela porta micro USB e também pelo pino Vin, ambos com tensão de 5V (STEVAN JUNIOR, 2018; PEIXOTO, 2021).

O módulo é uma placa de circuito impresso que contém um conversor serial – USB, um módulo ESP12E (que faz a comunicação com a rede *wifi* e onde fica o

*firmware*³ que executam operações programadas pelo usuário), por 10 portas digitais, sendo que 4 portas suportam saídas PWM⁴ (portas D2, D5, D6 e D8), também uma entrada analógica (pino A0). Além disso conta com pinos para acesso a periféricos especiais com barramento SPI através dos pinos CS, SCLK, MOSI, MISO e com barramento I2C através dos pinos DAS e SCL (PEIXOTO, 2021).

Na Figura 2 mostra a disposição física dos pinos do módulo NodeMCU.

Figura 2 – Pinagem do módulo ESP8266 NodeMCU



Fonte: Adaptado de Arduining (2021).

O NodeMCU pode ser programado em linguagens modernas como a linguagem LUA e MicroPython (ainda em fase inicial de adaptação) e com a IDE do Arduino, na linguagem C++ (STEVAN JUNIOR, 2018).

2.1.2 Produção de cerveja artesanal

O processo de fabricação de cerveja é relativamente simples. Inicia com a moagem da cevada maltada; esses grãos moídos são colocados em infusão com

³ *Firmware* é uma classe específica de software de computador que fornece controle de baixo nível para o hardware específico do dispositivo. Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Firmware>

⁴ A sigla PWM (do inglês *Pulse Width Modulation*) significa Modulação por Largura de Pulso, ou seja, através da largura do pulso de uma onda quadrada é possível o controle de potência ou velocidade. Fonte: http://www.mecaweb.com.br/eletronica/content/e_pwm

água. Essa etapa é chamada de mosturação (MORADO, 2009).

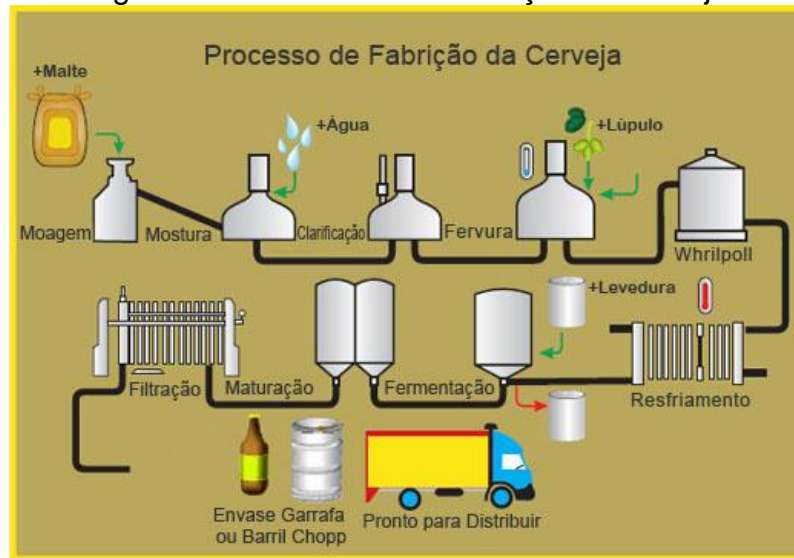
A mosturação é realizada com o aquecimento em temperaturas específicas que ativam as enzimas *alfamilase* (60°C a 65°C) e a *betamilase* (65°C a 70°C) que transformam o amido da cevada em glicose. Após a mosturação, é realizada a filtragem do mosto (líquido resultante da mosturação) onde se separa o líquido dos grãos. Com o líquido filtrado aquecemos o mosto até ferver.

A fervura dura no mínimo uma hora e nesta etapa há adições de lúpulo (flor). Ingrediente que age como um tempero, conferindo amargor, sabor e aroma a cerveja. Terminada a fervura, se faz o *whirlpool* (turbilhonamento que gera um redemoinho) para haver decantação de toda massa vegetal de lúpulo no centro do fundo da panela, clarificando o mosto. Depois se resfria o mosto lupulado à uma temperatura ideal a adição da levedura (fungo).

Com o líquido resfriado é transferido para o fermentador oxigenando deixando o mosto pronto para receber a levedura. Com a adição da levedura, inicia-se a fermentação, que dura alguns dias. A levedura consome toda glicose disponível gerando principalmente álcool e CO₂. Finalizada a fermentação, se realiza a maturação, com a diminuição da temperatura, onde há a busca por melhorar os aromas da cerveja e facilitar a filtragem.

E por fim, se chega ao envase, onde se coloca a cerveja em garrafas ou barris, fazendo também a carbonatação (adição de CO₂) da cerveja, que já está própria para o consumo. Na Figura 3 mostra um resumo de todo o processo de fabricação de cerveja (MORADO, 2009).

Figura 3 – Processo de fabricação de cerveja



Fonte: Beer (2021).

Os cervejeiros caseiros normalmente usam um *kit* de equipamentos, sendo que os itens básicos para fazer a cerveja são: panela, fundo falso ou bazooka filtrante, termômetro, pá cervejeira, balança, moedor de cereais, fermentador, arrolhador de tampinhas e enchedora de garrafas, como mostra a Figura 4 (PALMER,2017).

Figura 4 – Kit básico de fabricação de cerveja



Fonte: Ceva (2021).

2.1.3 Sensoriamento em processos contínuos

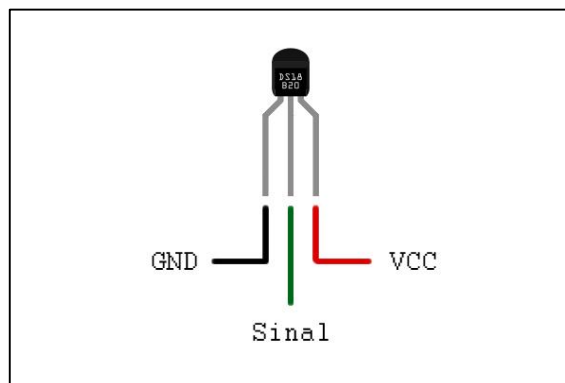
Na fabricação de cerveja há inúmeras grandezas que são medidas

(temperatura, volume, pH, densidade, entre outras). Na fermentação (etapa que será monitorada no protótipo funcional) os dados importantes deste processo são: a temperatura, a densidade, pH e a produção de CO₂ (COSTA JÚNIOR, 2019).

Na medição e monitoramento da temperatura são necessários dispositivos de sensoriamento. Um exemplo é o sensor DS18B20, sensor digital que tem a capacidade de fazer leituras com resolução de 9 a 12 bits, com incremento de 0,5°C (9 bits), 0,25°C (10bits), 0,125°C (11 bits) e 0,0625°C (12 bits). Cada DS18B20 tem um ID de 64 bits, possibilitando que até 127 sensores funcionem em um mesmo barramento. E ele realiza medições de temperatura na faixa entre -55°C e 125°C (LOCATELLI, 2021).

O sensor tem três pinos (pino de dados, de alimentação e de aterramento), como mostra Figura 5, o pino de dados usa a tecnologia *One-Wire* (a comunicação é realizada através de um fio dedicado para dados) (LOCATELLI, 2021).

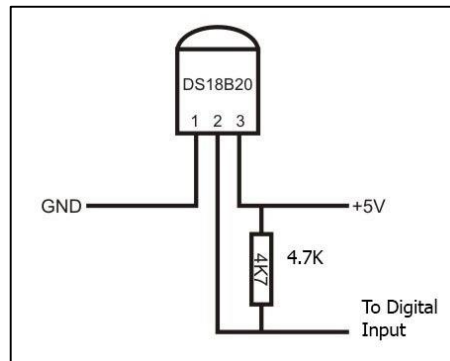
Figura 5 – Pinos do sensor DS18B20



Fonte: Straub (2020).

O sensor tem tensão de operação entre 3 Vcc a 5Vcc, com consumo de 1,5mA de corrente. A Figura 6 apresenta o diagrama da interface do DS18B20 com outros dispositivos.

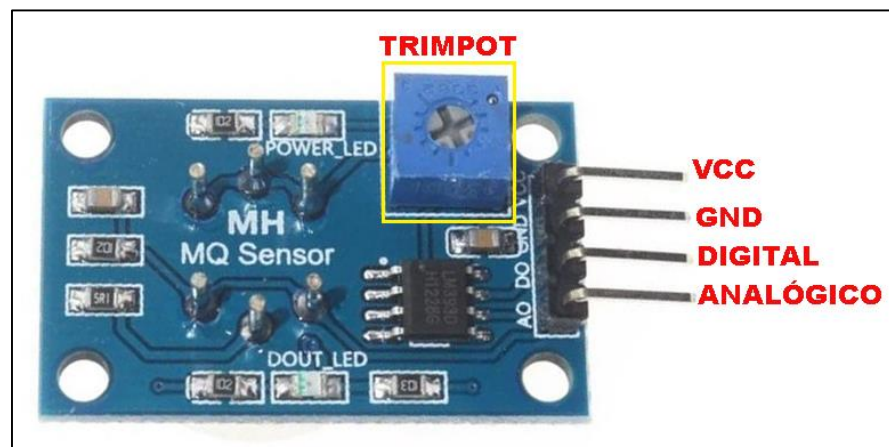
Figura 6 – Interface DS18B20 com outros dispositivos



Fonte: Autor(2021).

No sensoriamento da emissão de dióxido de carbono, podemos utilizar o sensor de gás MQ-135. O sensor MQ-135 é um módulo capaz de detectar vários tipos de gases (amônia, dióxido de carbono, benzeno, óxido nítrico e etanol). Cada gás possui uma faixa de detecção específica, que pode ser ajustada através de um *trimpot* localizado na placa (CIRCUITO, 2021). A Figura 7 mostra os pinos e o *trimpot* do sensor.

Figura 7 – *Trimpot* e pinos do sensor MQ-135



Fonte: Autor (2021).

De acordo com Circuito (2021), o sensor é composto por um tubo de cerâmica, uma camada sensível de estanho, com eletrodos de medição e aquecedor fixados externamente por uma rede de plástico e aço inoxidável, conforme a Figura 8.

Figura 8 – Sensor de gás MQ-135



Fonte: Filipeflop (2021).

O sensor de gás MQ-135 é alimentado com tensão de 5V e consome uma corrente aproximada de 150mA, capaz de operar na faixa de temperatura de -10°C a 70°C (CANDIDO, 2021).

Na medição do pH um tipo de sensor é o PH-4502C. O sensor PH-4502C é formado por um eletrodo pH e um módulo eletrônico que faz a interface com microcontroladores. O eletrodo fica submerso no líquido que será feita as medições (USINAINFO, 2021a). A Figura 9 mostra os componentes do sensor de pH.

Figura 9 – Sensor de pH PH-4502C

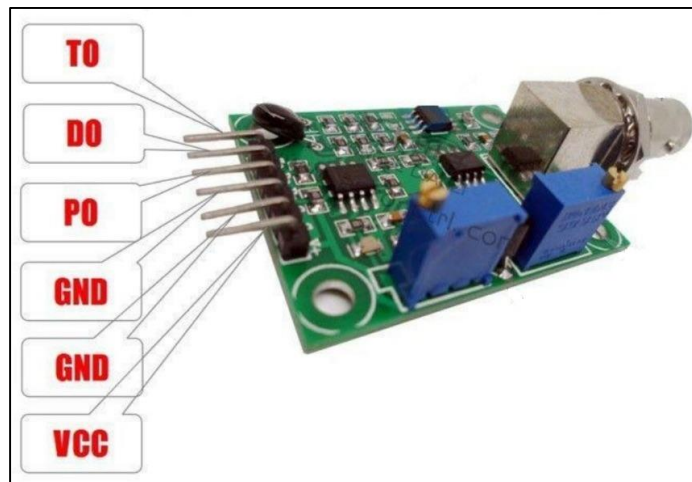


Fonte: Adaptado de Usinainfo (2021a).

De acordo com Usinainfo (2021a), o sensor tem tensão de trabalho de 5V e corrente de 5mA a 10mA, em uma faixa de temperatura de 0°C a 60°C. E pode medir toda gama da escala ph (0pH a 14pH).

O módulo eletrônico possui pinos de saídas: TO (saída de temperatura), DO (saída de 3,3 V), PO (saída analógica PH, que é conectado na entrada analógica do microcontrolador), Gnd (terra), VCC (5Vcc), POT 1 (deslocamento de leitura analógica), POT 2 (configuração de limite de PH) (USINAINFO, 2021b). A Figura 10 mostra os pinos de saída do módulo eletrônico.

Figura 10 – Módulo eletrônico do sensor PH-4502C



Fonte: Adaptado de Usinainfo (2021b).

Na medição de volume da transferência de líquidos um exemplo é o sensor de fluxo YF-S201. O sensor de fluxo YF-S201 é um dispositivo que possui um sensor de efeito Hall preso à carcaça e um ímã em seu eixo. A cada volta que o ímã passa pelo sensor de efeito Hall⁵ é gerado um pulso na saída de sinal do sensor. Conhecendo o volume deslocado de uma volta é possível saber o volume da transferência de um líquido (CASTRO, 2021). A Figura 11 mostra o funcionamento do sensor de fluxo.

⁵ Efeito Hall é o surgimento de uma diferença de potencial em um condutor elétrico, transversal ao fluxo de corrente e um campo magnético perpendicular à corrente. Fonte: https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Efeito_Hall#:~:text=O%20efeito%20Hall%20est%C3%A1%20relacionad%20o,campo%20magn%C3%A9tico%20perpendicular%20%C3%A0%20corrente.&text=O%20efeito%20Hall%20%C3%A9%20a,caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20de%20metais%20e%20semicondutores

Figura 11 – Funcionamento de um sensor de fluxo



Fonte: Castro (2021).

O sensor YF-S201 opera com tensão de operação de 4,5Vcc a 18Vcc, com corrente máxima de 10mA em 5Vcc, suporta até 60°C de temperatura e para conversão, 516 pulsos equivalem a um litro. O sensor possui três pinos de saída: alimentação, GND (terra) e sinal. A Figura 12 mostra a imagem do sensor YF-S201.

Figura 12 – Sensor YF-S201



Fonte: Eletrogate (2021).

2.1.4 Atuadores em processo contínuos

Na fabricação de cerveja, nas diversas etapas e processos para atingir a qualidade esperada, há atuação no aquecimento, resfriamento e transferência de líquidos (PALMER, 2017).

No aquecimento é comum o uso de resistências elétricas. A resistência tubular blindada é um tipo de resistências elétrica que aquece o líquido sem o condutor elétrico ficar em contato (COREL, 2021). A Figura 13 mostra uma resistência tubular blindada usada em painelas.

Figura 13 – Resistência tubular blindada

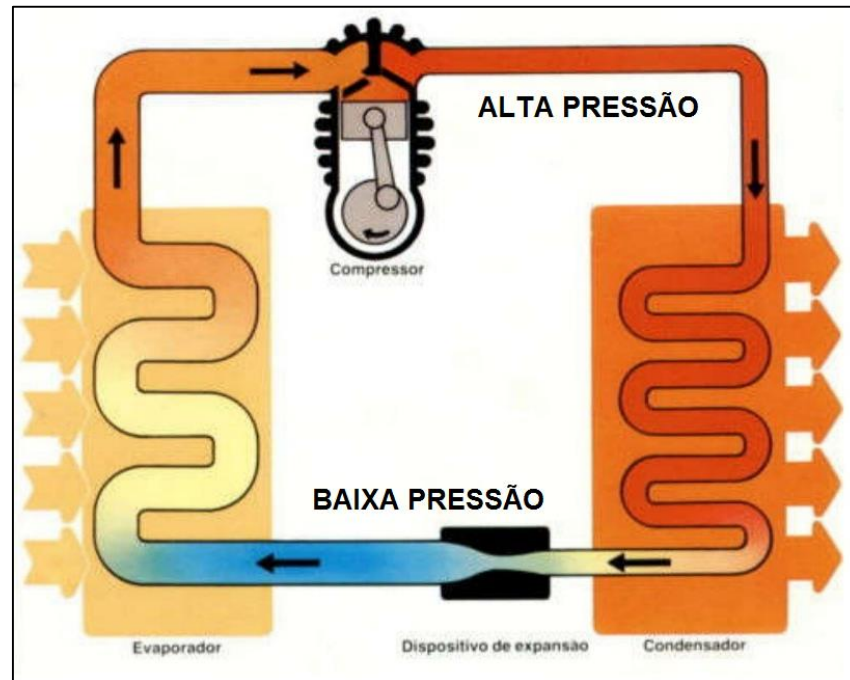


Fonte: Gadstore (2021).

No resfriamento é utilizado sistemas de refrigeração que aplicam um ciclo de refrigeração por compressão. Para ocorrer o ciclo de refrigeração tem que ter quatro componentes: compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador (CONSULTORIA, 2020).

No compressor, o fluido refrigerante entra em estado vapor, que é succionado pelo compressor, saindo em estado de vapor com alta pressão e alta temperatura. No condensador, o calor retirado do ambiente a ser refrigerado é rejeitado para as vizinhanças, causando sua mudança de estado de vapor para líquido. No dispositivo de expansão, o fluido entra estado líquido em alta pressão e temperatura, saindo em dois estados: líquido e gasoso, em baixa pressão e temperatura. No evaporador, o fluido se vaporiza, absorvendo o calor do ambiente a ser refrigerado, ele entra no estado líquido e vapor em baixa pressão e temperatura, saindo em baixa pressão e temperatura (CONSULTORIA, 2020). A Figura 14 mostra o ciclo de refrigeração.

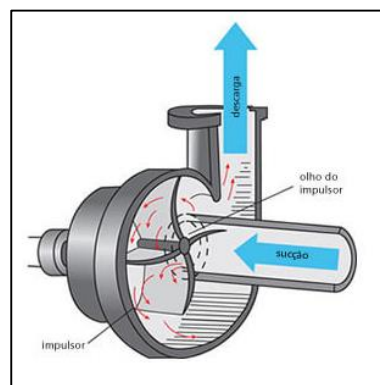
Figura 14 – Ciclo de refrigeração por compressão



Fonte: Consultoria (2020).

Na transferência de líquidos normalmente são usadas bombas centrífugas como atuadores. O seu funcionamento acontece através de impulsores, que giram transferindo a energia centrífuga para o líquido. Isso gera uma pressão, fazendo o bombeamento do líquido (DEGRAUS, 2019). A Figura 15 ilustra o funcionamento de uma bomba centrífuga.

Figura 15 – Funcionamento bomba centrífuga



Fonte: Degraus (2019).

2.1.5 Internet das Coisas

O termo IoT (do inglês, *Internet of things*) foi cunhado em 1999 pelo britânico Kevin Ashton, com a ideia do rastreamento de “coisas” usando a internet (STEVAN JUNIOR, 2018; HOSAIN, 2018).

Se pode definir a IoT basicamente como qualquer objeto ou dispositivo (com sensores e *softwares*) conectado em uma rede de internet (HOSAIN, 2018). Ou em uma visão mais ampla como uma rede criada com muitas redes menores com muitos dispositivos, que se comunicam para fornecer serviços de valor agregado (STEVAN JUNIOR, 2018).

O IoT mudou a internet para algo sensorial com o monitoramento de vários parâmetros físicos, como: a temperatura, pressão, vibração, iluminação, umidade, entre outros. Se tornando mais proativa do que propriamente informativa, passiva ou reativa (STEVAN JUNIOR, 2018).

A internet das coisas pode ser vista a partir de muitas perspectivas. Numa perspectiva de casas inteligentes, onde dispositivos de automação transformam o ambiente residencial mais cômodo aos seus moradores. Em uma perspectiva de cidades inteligentes, é agregado a capacidade de conectividade, segurança, transporte e mobilidade, com o monitoramento das variáveis de ambiente e/ou interatividade, servindo de subsídio para decisões de forma sustentável, humana e social.

Na perspectiva industrial, IIoT (*Industrial Internet of Things*) com a indústria 4.0 com altíssimo nível de sensoriamento, com a integração do controle e inteligência artificial por intermédio dos mais diferentes sistemas de comunicação, integra diversos conceitos da indústria, como supervisão e manutenção, coleta abundante de sinais de sensores, comunicação máquina a máquina (M2M) e tecnologias de automação.

Com acréscimo de tecnologias mais atuais, como máquinas inteligentes, a interconexão de diferentes redes de comunicação e incremento nos requisitos de segurança trazem aplicações no transporte e logística, somadas das tecnologias móveis, provocando melhoria da produtividade e aumento da rentabilidade do setor. De forma adicional, as ferramentas IoT permite que todas as coisas em movimento possam ser identificadas e/ou rastreadas por códigos de barra ou *tags* RFID.

A IoT possibilita que muitos elementos da frota sejam monitorados continuamente, como rastreamento das cargas, comunicação da empresa, aumento da segurança da frota e otimizando as intervenções de manutenção.

Na perspectiva de saúde e entretenimento, há uma visão mais conservadora em relação a IoT. Os dispositivos médicos conectados e as diferentes aplicações voltados ao cuidado da saúde estão cada vez mais evoluídos, dando suporte ao que chamamos de Internet das coisas médicas (IoMT). Paralelamente à medicina, a manutenção da saúde também se baseia na prática de exercícios. Hoje técnicos e juízes fazem uso abundante de imagens e *softwares* que mapeiam os movimentos dos atletas e dos equipamentos.

Na perspectiva de agronegócio, com surgimento da agricultura de precisão, houve um aumento da automação das fazendas, resultando em um processo de digitalização, ao que conhecemos como fazendas inteligentes (STEVAN JUNIOR, 2018).

Contudo as aplicações da IoT continuarão a evoluir junto de novas tecnologias, fazendo com que dispositivos ou objetos que ainda não possuem uma conexão de rede, possam ter uma conexão adicionada no futuro (HOSAIN, 2018).

2.1.6 Protocolo MQTT

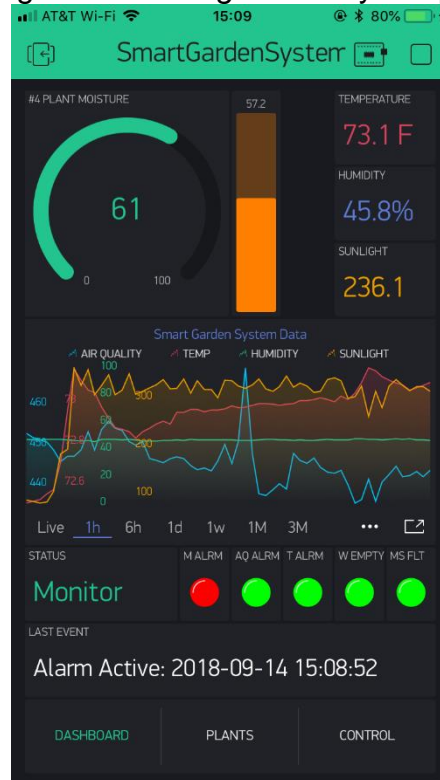
O protocolo MQTT (*Message Queueing Telemetry Transport*) é uma solução para os dispositivos atuarem na internet das coisas. Ele possui três componentes: o cliente publicador (*publisher*), o cliente assinante (*subscriber*) e o agente de recebimento e entrega de mensagens (*broker*) (PEIXOTO, 2021).

O *broker* atua da mesma forma que um servidor *web*, porém de um modo mais simplificado e orientado a aplicações que repassam dados simples. A sintaxe é simples e leve, sendo suportada pela maioria dos sistemas IoT, incluindo o Arduino e o NodeMCU (OLIVEIRA, 2017).

A publicação e recebimento de dados são realizados através do *broker*. Um cliente (*publisher*) transmite a mensagem ao *broker*, escrevendo em um tópico (endereço para qual uma mensagem será encaminhada). O *broker* é responsável por gerir e encaminhar a mensagem ao *subscriber* previamente inscrito no tópico. Um

e números, botões, *displays* e gráficos) (SENEVIRATNE, 2018). A Figura 17 mostra os *widgets* de um projeto no Blynk App.

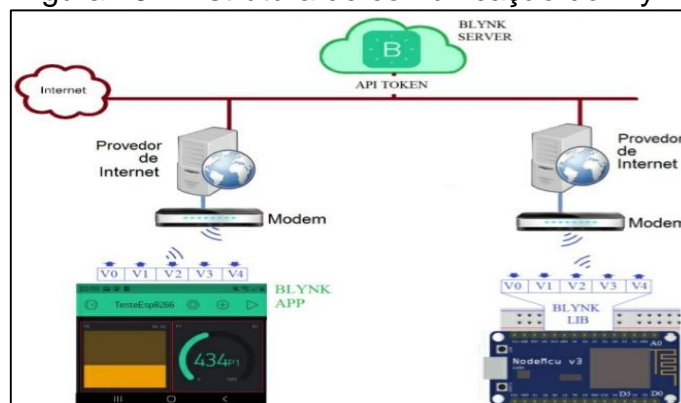
Figura 17 – *Widgets* do Blynk App



Fonte: Labs (2018).

Cada objeto está vinculado a uma variável, que compartilha dados com o microcontrolador e são inseridas no código do seu programa (PEIXOTO, 2021). A Figura 18 ilustra a estrutura de comunicação do Blynk.

Figura 18 – Estrutura de comunicação do Blynk



Fonte: Peixoto (2021).

2.2 REFERENCIAIS DE PESQUISAS

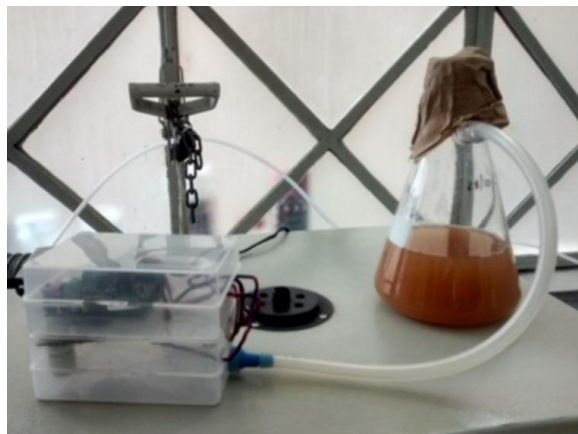
Este trabalho realiza pesquisas de anterioridade, ou seja, quais trabalhos que já foram realizados com este mesmo tema e que resultados obtiveram. Estas pesquisas trazem autores que já investigaram o tema, sendo seus métodos e seus resultados referências para concepção do estudo do trabalho proposto nesta monografia.

2.2.1 Monitoramento de baixo custo aplicado a processos biotecnológicos – Estudo de caso da produção de cerveja artesanal

A pesquisa de Cardoso (2017) monitorou o processo de fermentação a partir da emissão de CO₂, a análise da cor da cerveja e o monitoramento da cor do teste de inóculo (análise do número de células viáveis de levedura).

O sistema de monitoramento de emissão de dióxido de carbono foi calibrado em uma incubadora, onde existe um cilindro de CO₂ acoplado que mantém constante os níveis do gás. A fermentação foi realizada a partir de uma receita de uma cerveja Pale Ale com levedura Ale Nottingham Yeast, o mosto foi fermentado em um Kitasato com uma saída lateral, com uma conexão de silicone conectada à entrada do sensor de CO₂ (CARDOSO, 2017). A Figura 19 mostra o Kitasato conectado ao sistema de monitoramento.

Figura 19 – Conexão do Kitasato com sensor de CO₂



Fonte: Cardoso (2017).

Segundo Cardoso (2017), o controle de temperatura da fermentação foi realizado com o Kitasato em banho-maria, colocado em uma geladeira junto com o sistema de monitoramento, que foi conectado externamente a um *notebook*. A Figura 20 mostra todo o sistema dentro da geladeira.

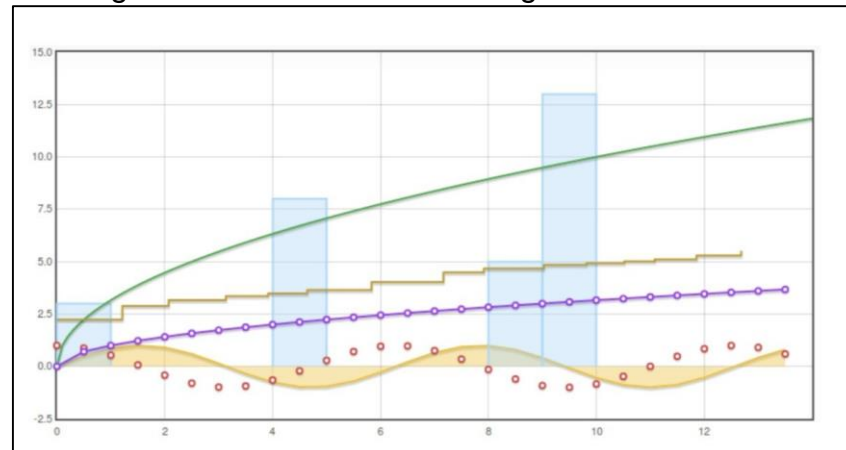
Figura 20 – Sistema de controle de temperatura



Fonte: Cardoso (2017).

De acordo com Cardoso (2017), para detectar a emissão de CO_2 , foi utilizado o sensor MG811 junto com um circuito de amplificação de sinal. E para monitorar a temperatura foi usado o sensor DHT22. Esses sensores foram conectados em um Arduino Uno R3. Os dados foram transmitidos através da saída USB, utilizando o protocolo Firmata. Os dados foram visualizados no *notebook* usando rotinas de gráficos Flot. A Figura 21 mostra tela feitas em rotinas de gráficos Flot.

Figura 21 – Tela de rotinas de gráficos Flot



Fonte: Cardoso (2017).

Na análise da cor da cerveja foi utilizado um Arduino Uno R3 e um sensor de cor TCS3200, conectados a um computador, que recebe os dados e compara com a tabela de cores EBC⁶. As amostras de cerveja são colocadas na frente do sensor. A Figura 22 apresenta o sistema de leitura das amostras de cerveja.

Figura 22 – Sistema de leitura de cor

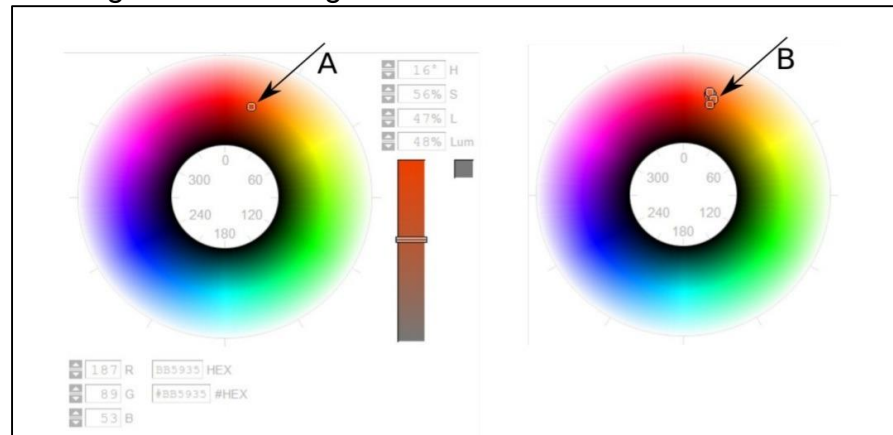


Fonte: Cardoso (2017).

Segundo Cardoso (2017), para comparação, os valores medidos das amostras de cerveja foram plotados no formato HSL (*Hue, Saturation, Lightness*), conforme mostra a Figura 23.

⁶ A escala de cores EBC, desenvolvida pelo British Brewing Institute e pela European Brewing Convention, é um método reconhecido para a graduação de cor de cervejas, maltes e soluções de caramelo, bem como de líquidos de cores semelhantes. Abrange uma gama de 2 a 27 unidades visuais.

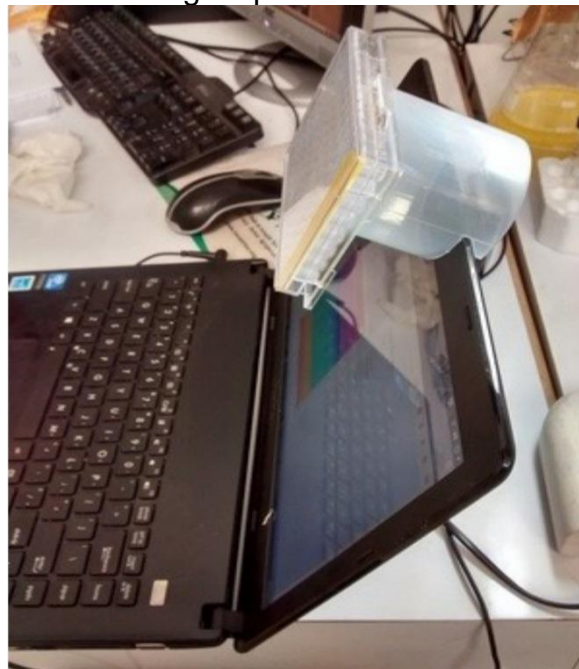
Figura 23 – Plotagem das cores das amostras



Fonte: Cardoso (2017).

No monitoramento da viabilidade do inóculo foi montado um suporte adaptado na câmera integrada do notebook, onde a placa de cultura de leveduras fica posicionada (CARDOSO, 2017). A Figura 24 mostra a montagem para leitura via câmera.

Figura 24 – Montagem para leitura via câmera

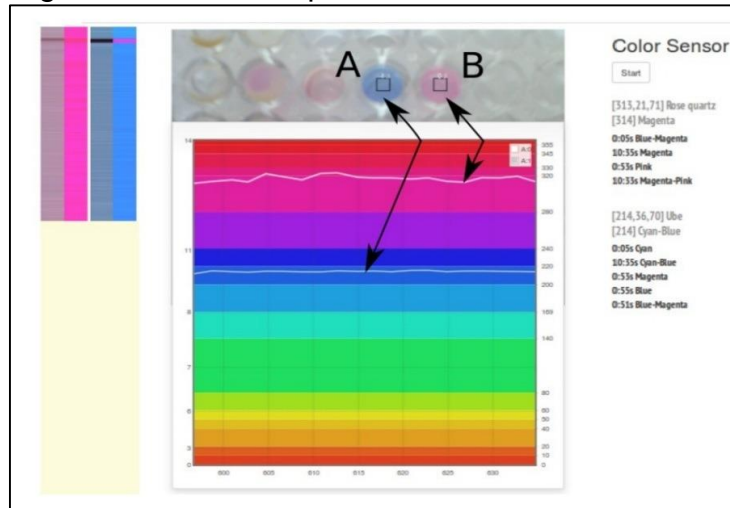


Fonte: Cardoso (2017).

De acordo com Cardoso (2017), foi usado o teste Alamar Blue (teste com corante, que a amostra muda de cor em função do crescimento celular), que mostra que, proporcionalmente à viabilidade do inóculo, as amostras passam da cor Rosa

para Azul. Foi montado um sistema, desenvolvido em Javascript e usando a biblioteca de reconhecimento de imagens TrackingJS. O sistema traça um gráfico indicando a mudança de cor ao longo do tempo. A Figura 25 mostra a imagem do sistema para identificar as cores.

Figura 25 – Sistema para identificar as cores



Fonte: Cardoso (2017).

Segundo Cardoso (2017), o sistema de monitoramento de CO₂ se mostrou eficaz e econômico para o acompanhamento da fermentação da cerveja artesanal. E os sistemas de análise e monitoramento de cor apresentaram resultados satisfatórios, onde o monitoramento de inóculo eliminou a subjetividade da análise das amostras.

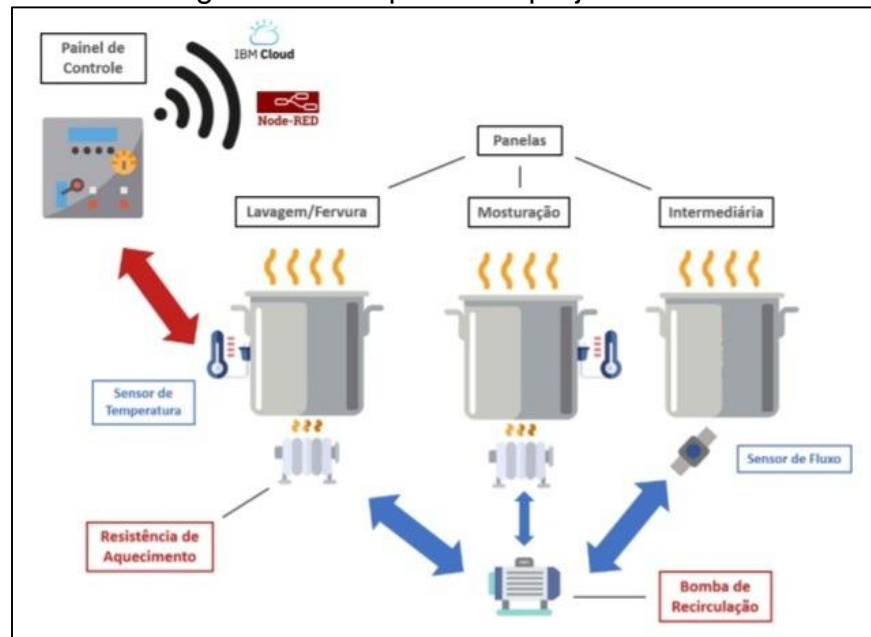
2.2.2 Automação das etapas de mosturação e clarificação do processo de brassagem na produção de cerveja artesanal

O trabalho controlou as variáveis de volume e temperatura nas etapas de mosturação e clarificação (DIAS, 2020).

De acordo com Dias (2020), na automação desses processos foram utilizados como atuadores, uma resistência de baixa densidade de 3000W de potência e uma bomba magnética MP-15RM para transferência dos líquidos. Para medir a temperatura, usou o sensor DS18B20 acoplados em poços térmicos. E para medir o volume dos líquidos transferidos foi utilizado o sensor de fluxo YF-S201. O painel de

controle do projeto tem conexão com a rede *wifi* onde foram enviados dados para nuvem e exibição em um *dashboard*. A Figura 26 mostra o esquema do projeto.

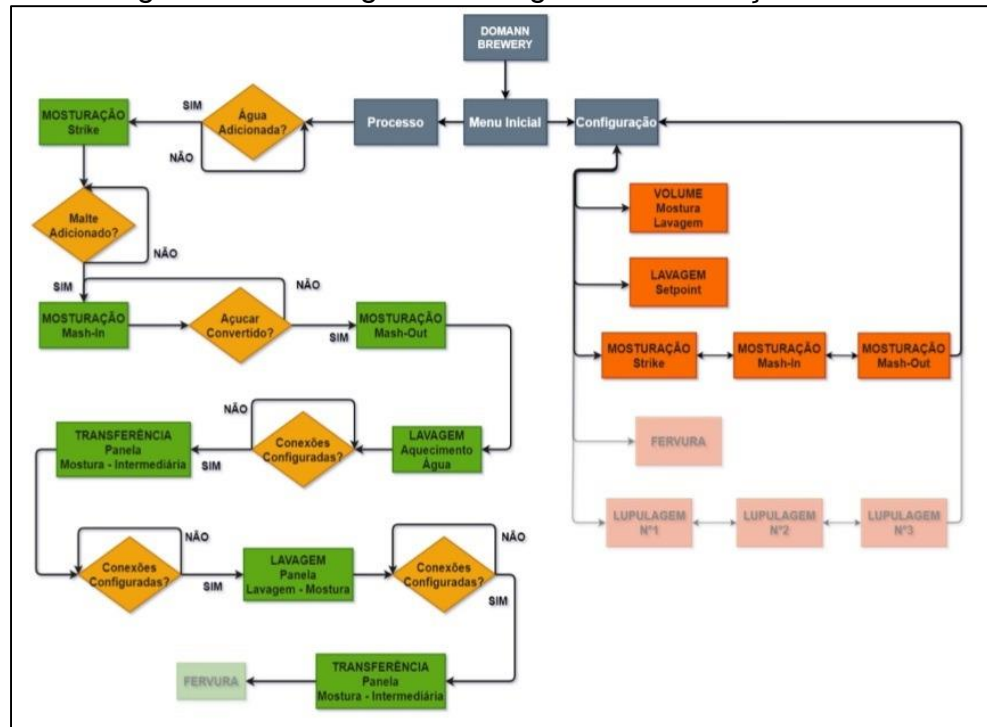
Figura 26 – Esquema do projeto



Fonte: Dias (2020).

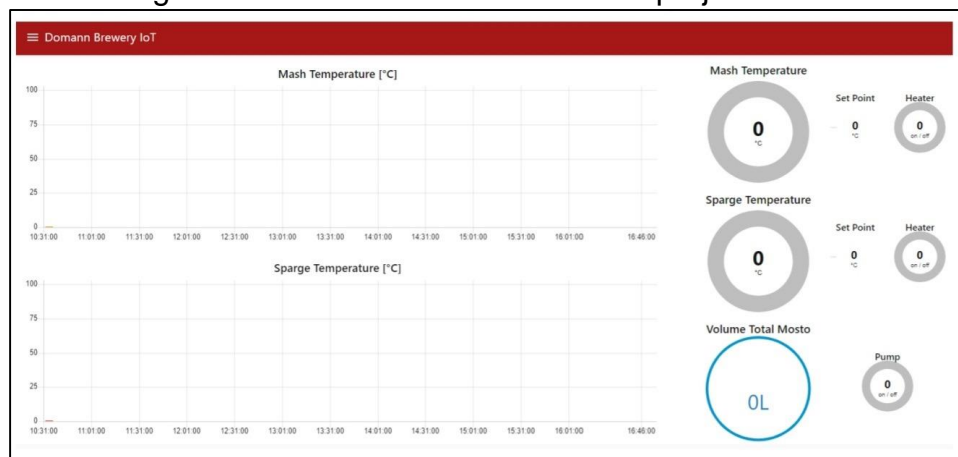
Segundo Dias (2020), no circuito de potência da resistência da panela de mostura foi aplicado um controle PID (Proporcional, Integral e Derivativo). Nas etapas de lavagem e fervura o controle de temperatura não precisa ser tão preciso e robusto, sendo usado um controle On-Off com histerese de 1°C, acionado com um relé de estado sólido SSR por um módulo ESP32. A Figura 27 mostra o fluxograma da lógica de automação.

Figura 27 – Fluxograma da lógica de automação



Fonte: Dias (2020).

Na integração IoT foram usados recursos do IBM Watson IoT Plataforma, onde o foi configurado o módulo ESP32 para comunicação, o *dashboard* foi criado pela ferramenta de desenvolvimento Node-RED, que recebe dados dos dispositivos (DIAS, 2020). A Figura 28 apresenta o *dashboard* resultante do projeto.

Figura 28 – *Dashboard* resultante do projeto

Fonte: Dias (2020).

O projeto de automação implementado se mostrou viável, as resistências

proporcionaram um aquecimento intenso e rápido dos líquidos. A tela de monitoramento no Node-RED permitiu a visualização de mais informações que o *display* LCD, sendo possível acompanhar o volume durante todo o tempo. Para trabalhos futuros, foi proposto que no Node-RED seja monitorado e atuado no sistema via computador, *tablet* ou *smartphone* e que seja armazenado informações e configurações na memória do módulo ESP32 como segurança em caso de falta de energia (DIAS, 2020).

2.2.3 Sistema de monitoramento remoto para nanocervejarias

O trabalho se focou na etapa de fermentação da cerveja, por ser muito importante para definir o sabor da mesma (BORGES FILHO, 2020).

Segundo Borges Filho (2020) a fermentação, por ser um processo químico exotérmico, a variável que se deve monitorar é a temperatura. No controle da temperatura o atuador usado foi um banco de glicol (mistura de água e etanol), como mostra a Figura 29. O glicol é bombeado do tanque para um trocador de calor que se liga aos fermentadores.

Figura 29 – Banco de líquido de resfriamento glicol



Fonte: Borges Filho (2020).

O sistema *web* foi criado utilizando ferramentas de computação em nuvem da

Amazon Web Services (AWS) e a aplicação *web* foi desenvolvida com auxílio de *Framework Bootstrap*, com as linguagens *HTML*, *CSS* e *Javascript* (BORGES FILHO, 2020).

A interface tem duas seções: a supervisão e o controle. E um menu interativo na parte superior, como mostra a Figura 30.

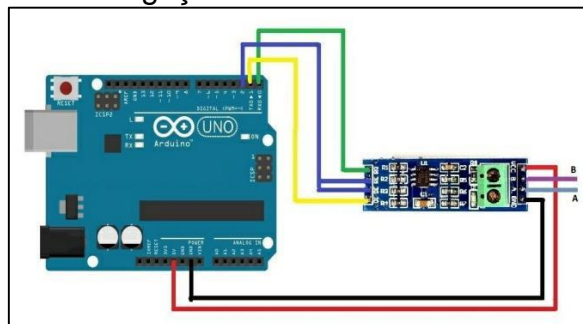
Figura 30 – Interface de controle da aplicação *WEB*



Fonte: Borges Filho (2020).

De acordo com Borges Filho (2020), o sistema local foi dividido em duas partes. Uma parte é o sistema de controle e supervisão local desenvolvido em linguagem Python 3.7 e embarcado na placa Raspberry PI. A outra parte foi a rede local implementada sob o protocolo *Modbus*, utilizando a placa Arduino UNO R3 e alguns periféricos, em conjunto com bibliotecas de comunicação *Modbus*. As placas Arduino UNO R3 e Raspberry PI se comunicam através de um módulo conversor RS-485, apresentadas na Figura 31.

Figura 31 – Esquema de ligação entre Arduino e módulo conversor RS-485



Fonte: Borges Filho (2020).

A interface local foi realizada no programa QT Creator, *software* que permite a criação de interfaces gráficas, sendo salvas na linguagem Python 3. Os elementos da interface gráfica foram dispostos com aplicação *WEB*⁷ e a integração dos sistemas, local e na rede internet é realizada com o protocolo MQTT (BORGES FILHO, 2020). A Figura 32 mostra a interface de supervisão da aplicação local.

Figura 32 – Interface de supervisão da aplicação local



Fonte: Borges Filho (2020).

A Figura 33 mostra a interface de controle da aplicação local.

Figura 33 – Interface de controle da aplicação local



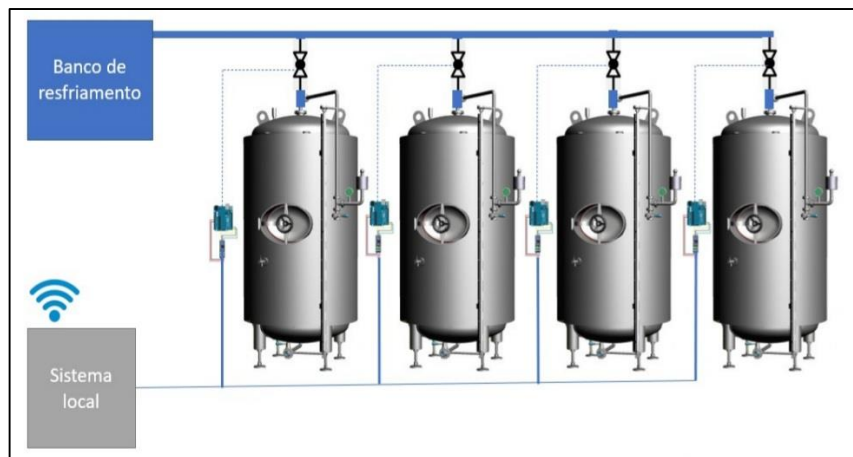
Fonte: Borges Filho (2020).

A planta utilizada no trabalho possui 4 tanques fermentadores e um banco de

⁷Conjunto de páginas da rede (hipertextos) acessíveis geralmente pelo protocolo HTTP na *internet*.

glicol, os tanques compartilham o mesmo trocador de calor. Na entrada de cada tanque há uma válvula solenoide (do tipo ON/OFF) que libera ou bloqueia a passagem do líquido refrigerante. A Figura 34 mostra a representação da disposição dos equipamentos. A medida da temperatura é realizada por sensores resistivos PT-100, instalados no tanque. O controle de temperatura foi realizado com válvulas ON/OFF com histerese de 1°C (BORGES FILHO, 2020).

Figura 34 – Representação da disposição dos equipamentos



Fonte: Borges Filho (2020).

O projeto apresentou uma resposta robusta para o controle e supervisão da fermentação, com uma solução de baixo custo.

Em futuros trabalhos, é interessante aplicar esses métodos em outras etapas da fabricação da cerveja, agregar inteligência aos sensores de temperatura, auxiliando na prevenção de falhas e comportamentos incomuns, incluindo um sistema de alarmes. O controle da temperatura poderia ser mais moderno e eficiente, como um controle PID (BORGES FILHO, 2020).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado a classificação da pesquisa, quais os limites de aplicação da pesquisa e o método utilizado no presente trabalho. Método que é um conjunto de passos que deverão ser seguidos até que os objetivos da pesquisa sejam atingidos (FADEPE, 2021).

3.1 TIPO DE PESQUISA

As pesquisas qualitativas buscam explicar um objeto de estudo ou um contexto de aplicação, com dados de funcionalidades, não sendo possível generalizar os resultados para outros contextos (LEITÃO, 2009). Neste trabalho pelo método aplicado, a pesquisa é qualitativa, pois traz novas funcionalidades na fabricação da cerveja, com a atuação e monitoramento do processo remotamente.

A pesquisa exploratória busca a maior familiaridade com o problema, tornando-o mais claro. Normalmente este tipo de pesquisa envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2002). Neste trabalho pelo objetivo, a pesquisa é exploratória, pois foram pesquisados outros trabalhos de automação na fabricação de cerveja artesanal. E com o levantamento bibliográfico de autores experientes na produção de cerveja.

A pesquisa experimental determina um objeto de estudo, selecionando as variáveis que o influenciam, definindo formas de controle e de observar os efeitos que a variável produz no objeto (GIL, 2002). Neste trabalho pela característica, a pesquisa é experimental, pois no controle e monitoramento houve análise das variáveis dos processos envolvidos na fabricação de cerveja artesanal (temperatura, pH, volume, emissão de CO₂, entre outras).

3.2 UNIVERSO DE ABRANGÊNCIA DA PESQUISA

A qualidade da cerveja depende muito do controle de variáveis, que exige um monitoramento direto (HUGHES, 2014).

O método aplicado neste trabalho pode ser executado em qualquer processo de fabricação de cerveja artesanal. Servindo como uma ferramenta auxiliar no controle dos processos, gerando dados para comparação de lotes diferentes de produção de cerveja.

Também pode ser aplicado a outros processos de beneficiamento e fabricação de alimentos, que requeiram monitoramento contínuo de suas variáveis de processo. Basta que se possa instrumentar as variáveis de interesse e comandar os atuadores envolvidos no processo. Desta forma, o método aplicado se torna mais abrangente.

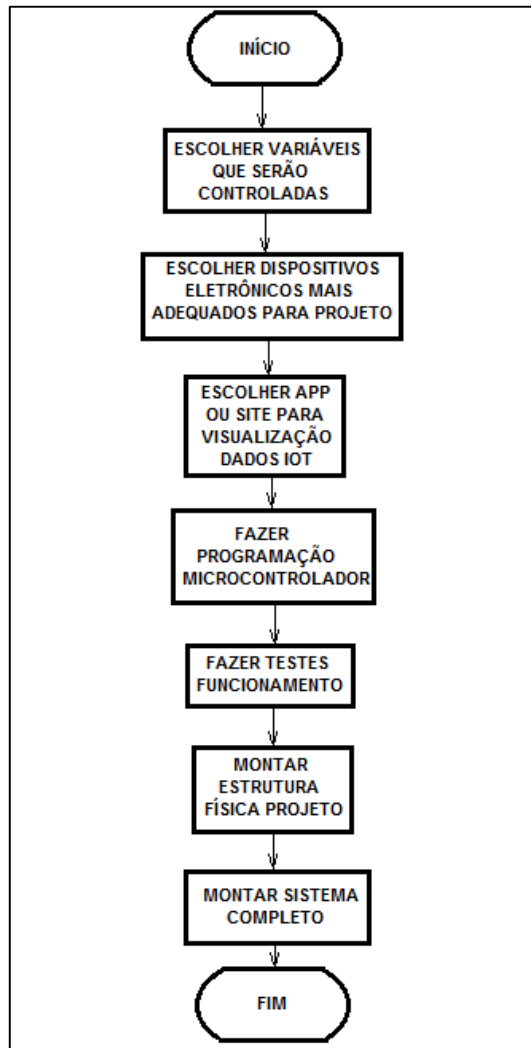
3.3 MÉTODO APLICADO

Inicialmente, realiza-se um mapeamento das variáveis dos processos de produção de cerveja e quais são mais importantes serem monitorados e controlados. Depois, se realiza uma pesquisa de dispositivos eletrônicos (sensores, atuadores e módulos microcontrolados), que são mais adequados, definindo o *hardware* do projeto. Para definição do *hardware* e escolhas dos dispositivos, usa-se o critério de definição da estratégia de conexão com a rede internet, a alimentação do dispositivo IoT e a interface dos sensores e atuadores com o módulo microcontrolador.

A partir deste ponto, define-se qual aplicativo ou *site* especializado será utilizado para visualização dos dados transmitidos pelo dispositivo IoT, realizando a implementação das telas de exibição. Definido o *hardware* e o local de visualização dos dados, é realizada a programação do módulo microcontrolador e sua carga no dispositivo. Depois disso se realiza testes de funcionamento dos dispositivos eletrônicos e a visualização dos dados em nuvem. E por fim, realiza-se a confecção da estrutura física do projeto e a montagem do sistema completo.

A Figura 35 mostra o fluxograma do método aplicado.

Figura 35 – Fluxograma do método aplicado



Fonte: Autor (2021).

A escolha das variáveis mais importantes é realizada com base na sua influência no resultado, para simplificar o controle e monitoramento do processo. Algumas variáveis não mudam o seu comportamento nos processos.

A escolha dos dispositivos eletrônicos mais adequados para o projeto deve levar em conta a interconexão dos dispositivos, a montagem do dispositivo no processo, as condições de trabalho, a estratégia de conexão com a rede de internet, a alimentação dos dispositivos, entre outros fatores.

A escolha de qual local será visualizado os dados do dispositivo IoT e a aparência da tela de visualização baseia-se na facilidade de uso, na facilidade de configurações e alterações do sistema. A familiaridade de conhecimento em

computação em nuvem é importante na escolha, alguns aplicativos exigem pouca experiência anterior do usuário, tornando-se uma opção para iniciantes.

A programação do microcontrolador é definida pela experiência do programador, onde o programador vai escolher qual linguagem será usada no projeto, qual *software* será usado para programação, compilação e carregamento do código do programa. O programador deve prever aspectos de oscilação no funcionamento (falta de energia, interrupção da rede de internet, economia de energia, no caso de o dispositivo IoT for alimentado por baterias, entre outros fatores).

Testes de funcionamento tem o objetivo de avaliar a programação do microcontrolador, comportamento dos dispositivos, testar a rede de internet e a segurança do projeto.

A montagem física deve ser definida considerando a facilidade de confecção e uso das peças mecânicas, a leitura correta dos sensores, a ação correta dos atuadores, garantir a segurança do sistema e do usuário e a vida útil dos dispositivos eletrônicos.

A montagem do sistema completo é a última etapa onde são realizados os últimos ajustes do projeto para que o sistema funcione conforme previsto.

4 RESULTADOS

O método foi aplicado na fermentação de cerveja artesanal, sendo realizadas brasagens e testado o sistema em condições reais de fermentação de cervejas artesanais.

As variáveis mais importantes na fermentação são a temperatura, a densidade, a emissão de CO₂. No controle processo de fermentação a temperatura é a variável mais importante no ótimo trabalho das leveduras e na qualidade final da cerveja. O monitoramento da densidade e emissão de CO₂ são importantes na caracterização da atividade das leveduras e definição do fim da fermentação (BOULTON; QUAIN, 2001).

O Quadro 1 mostra o significado de cada variável da fermentação de cerveja.

Quadro 1 – Variáveis da fermentação de cerveja

Temperatura	Cada levedura trabalha em uma faixa de temperatura e a definição da temperatura alvo da fermentação tem influência no resultado da cerveja.
Densidade	Durante a fermentação a densidade do mosto vai reduzindo com a atuação das leveduras, mantendo-se estável no fim da fermentação.
Emissão de CO ₂	A partir do término da fase de adaptação até o fim da fermentação a levedura produz CO ₂ . A falta de atividade no <i>airlock</i> pode indicar o fim da fermentação.
pH	Durante a fermentação há alterações pH no mosto.

Fonte: Autor (2021).

No monitoramento da atividade das leveduras se optou por monitorar a emissão de CO₂ por ser mais fácil a adaptação no fermentador e acessível encontrar sensores de gás de baixo custo. E por ser importante no processo foi controlada a temperatura com alterações do *setpoint* remotamente.

Na escolha dos dispositivos eletrônicos, em primeiro lugar foi escolhido o microcontrolador. Pela familiaridade com o Arduino, foi escolhido o módulo ESP8266 NodeMCU, com a facilidade de ser programado na IDE Arduino, por ser compacto e

por ter integrado no módulo uma antena *wifi*, facilitando a conexão com a rede internet.

No monitoramento da emissão de CO₂ foi escolhido o sensor de gás MQ-135, por ser fácil sua adaptação com o módulo NodeMCU e por ter um custo menor comparado ao sensor de CO₂ MG811.

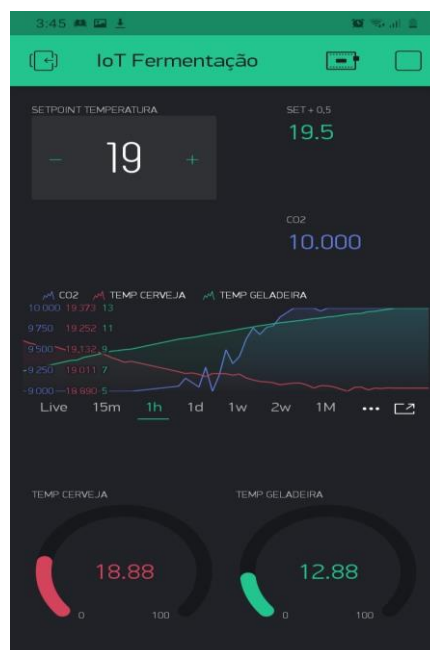
Para monitorar a temperatura foi usado dois sensores de temperatura DS18B20, um para monitorar a temperatura interna da geladeira e outro para monitorar a temperatura da cerveja no fermentador. Foi escolhido o sensor DS18B20 por utilizar só um pino de dados para vários sensores e ser acessível sua interface com o módulo ESP8266 NodeMCU.

No controle da temperatura foi utilizado um relé Songle SRD-05VDC-SL-C para acionar o refrigerador, que fez o resfriamento do fermentador.

Para visualização dos dados do dispositivo IoT foi escolhido o App Blynk, por ser simples a construção das telas e a programação da interação do aplicativo com o microcontrolador. O aplicativo tem a vantagem de a construção das telas e a visualização ser realizada em dispositivo *smartphone*. O Blynk tem a possibilidade de visualizar o histórico dos dados em gráficos.

A Figura 36 mostra a tela principal do projeto no App Blynk.

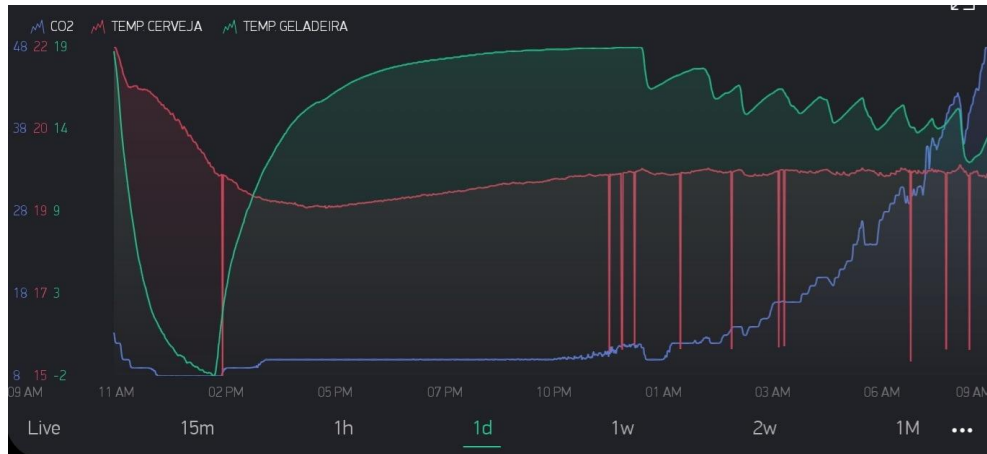
Figura 36 – Tela principal do projeto no Blynk



Fonte: Autor (2021).

A Figura 37 mostra a visualização do histórico dos dados em gráficos.

Figura 37 – Gráficos dos dados no Blynk



Fonte: Autor (2021).

Na programação do módulo NodeMCU utilizou-se a linguagem de programação C++ com uso da IDE Arduino. No código do programa foram utilizadas as bibliotecas One Wire para utilizar o sensor DS18B20, a Blynk para utilizar o App Blynk e a ESP8266WiFi para utilizar o módulo ESP8266 NodeMCU. No Apêndices A consta o código do programa utilizado no protótipo funcional.

As funcionalidades de temperatura foram testadas com a simulação de resfriamento e aquecimento do sensor de temperatura DS18B20, com dois copos de água, um aquecido e outro em temperatura ambiente. Observando a variação da temperatura no App Blynk e o acionamento do relé.

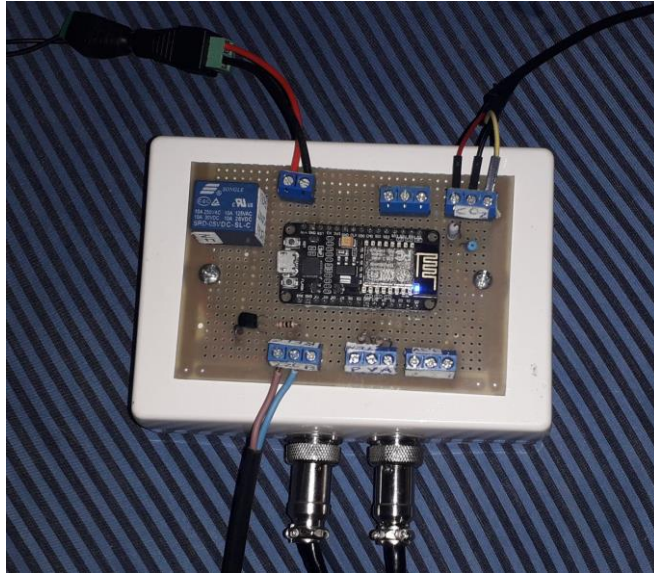
O monitoramento de CO₂ foi testado o funcionamento do sensor de gás MQ-135 aproximando um recipiente de álcool no sensor e o observando a variação no App Blynk.

Além dos testes dos sensores, foi testado o funcionamento do acionamento da refrigeração, a falta de energia (verificando se o sistema funciona perfeitamente no retorno da energia) e da falta da rede *wifi* (verificando se o controle de temperatura funciona sem a internet).

Na montagem física do protótipo funcional, o módulo NodeMCU, os sensores e outros componentes foram montados em uma placa circuito matriz.

A Figura 38 mostra a montagem dos componentes eletrônicos.

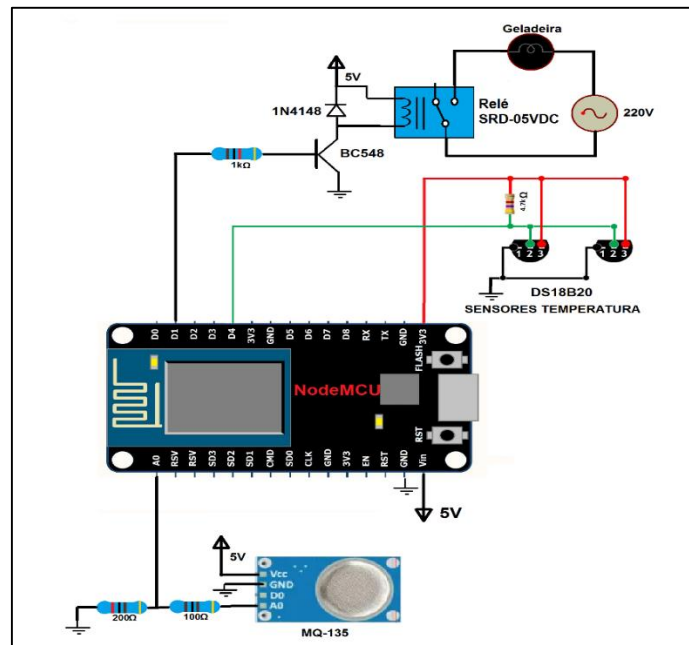
Figura 38 – Montagem componentes eletrônicos



Fonte: Autor (2021).

A Figura 39 mostra o diagrama de conexões do protótipo funcional.

Figura 39 – Diagrama de conexões protótipo funcional

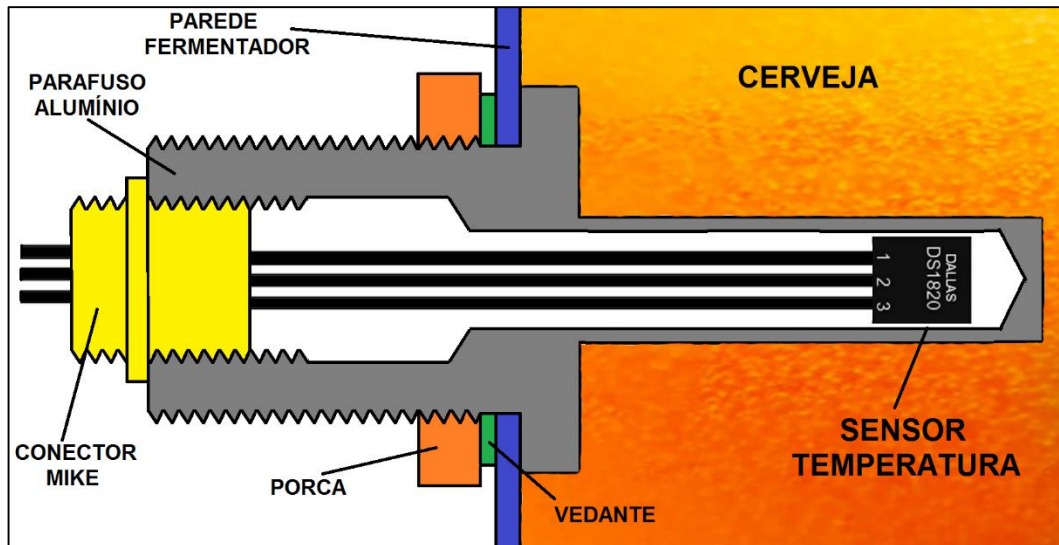


Fonte: Autor (2021).

O sensor DS18B20 que monitora a temperatura interna do fermentador foi montado com um parafuso de alumínio fixado na parede do fermentador.

A Figura 40 mostra o desenho esquemático da montagem do sensor.

Figura 40 – Desenho da fixação do sensor de temperatura

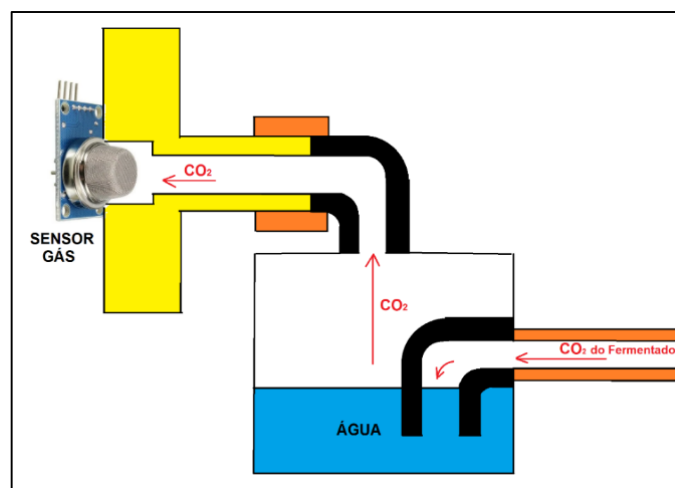


Fonte: Autor (2021).

Para a montagem do sensor de gás MQ-135 que monitora a emissão de CO_2 foi adaptado em uma caixa plástica, de forma que o CO_2 saia pelo dispositivo e a água do recipiente vede o fermentador da entrada de contaminantes.

A Figura 41 mostra o desenho mecânico da adaptação do sensor na caixa plástica.

Figura 41 – Montagem sensor MQ-135

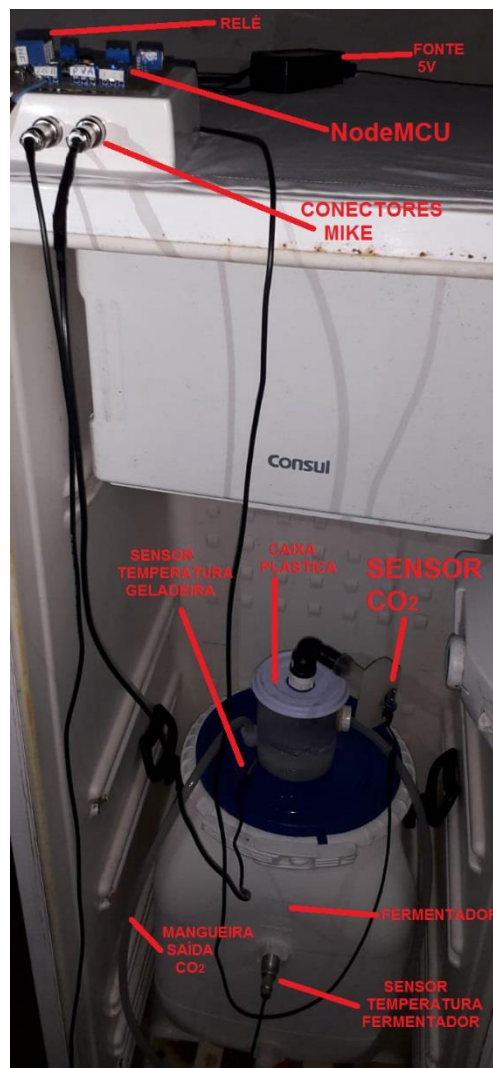


Fonte: Autor (2021).

Na montagem do protótipo optou-se por colocar a placa com o módulo NodeMCU sobre a geladeira, os sensores de temperatura DS18B20 foram conectados com a placa com conectores tipo Mike. A caixa plástica com o sensor MQ-135 foi posicionada na tampa do fermentador, conectada com uma mangueira com o fermentador.

A Figura 42 apresenta uma visão geral do protótipo funcional.

Figura 42 – Montagem física do protótipo



Fonte: Autor (2021).

O projeto foi testado em algumas fermentações de cervejas em condições reais e com diferentes tipos de cervejas para ver se o sistema funciona em diferentes

condições.

O Quadro 2 mostra um comparativo dos estilos de cerveja com o monitoramento da emissão de CO₂ e o controle de temperatura.

Quadro 2 – Teste com diferentes estilos de cerveja

Estilo Cerveja	Levedura/ Tipo Levedura	Densidade Inicial (OG) Final (FG)	Temperatura Setpoint (°C)	Emissão de CO ₂	Controle de Temperatura
Black IPA	US-05 ALE	1,062 1,013	19	No monitoramento apresentou curvas características com as fases da fermentação.	Nos dias com temperaturas menores do <i>setpoint</i> a temperatura ficou menor que o <i>setpoint</i> .
Vienna Lager	W34/70 Lager	1,052 1,012	11	Na fase exponencial apresentou níveis mais baixos que os outros estilos.	O controle de temperatura funcionou bem. As temperaturas externas não foram menores que o <i>setpoint</i> .
Saison	T-58 ALE	1,075 1,016	19	Na fase exponencial apresentou níveis mais altos que os outros estilos.	Nos dias com temperaturas menores do <i>setpoint</i> a temperatura ficou menor que o <i>setpoint</i> .

O protótipo funcional agregou novas funcionalidades ao monitoramento e controle da fermentação para o cervejeiro caseiro.

O Quadro 3 mostra um comparativo das funcionalidades com o estado anterior ao uso do protótipo funcional.

Quadro 3 – Funcionalidades do protótipo

Funcionalidade	Sem a funcionalidade	Com a funcionalidade
Controle temperatura	Sem um controlador de temperatura fica difícil manter a temperatura constante durante toda a fermentação.	A temperatura permanece estável havendo oscilações em nível aceitável.
Monitoramento da Temperatura	O cervejeiro não tem como saber as variações da temperatura na fermentação.	Com os dois sensores, possibilita saber quantas vezes a geladeira foi ligada e ver todas as variações da temperatura no fermentador.
Monitoramento emissão CO ₂	O cervejeiro precisa olhar a movimentação de bolhas diretamente no airclock do fermentador.	O cervejeiro pode visualizar remotamente as variações do nível de CO ₂ . E ver toda as variações da emissão de CO ₂ de toda fermentação, auxiliando na definição do fim da fermentação.
Alterações do <i>setpoint</i> de temperatura remotamente	Com um controlador na geladeira, normalmente o cervejeiro faz alterações presencialmente no controlador.	O cervejeiro faz as alterações remotamente, sem a necessidade de estar no local da fermentação.
Visualização gráfica das variáveis em todo processo	O cervejeiro não possui dados do processo de fermentação.	O cervejeiro tem um panorama amplo de o que ocorreu na fermentação.

Fonte: Autor (2021).

5 ANÁLISE

Na pesquisa, as funcionalidades do protótipo funcional têm implicância no resultado da fabricação de cerveja artesanal.

O controle de temperatura garante que a levedura vai trabalhar corretamente, pois com grandes variações na temperatura, há estresse na levedura, gerando *off flavors* (sabores indesejados), afetando a qualidade da cerveja e impossibilitando o reaproveitamento da levedura. Na temperatura abaixo da temperatura recomendada, a fermentação vai demorar mais tempo, e se a temperatura for mais alta haverá uma redução do tempo, porém haverá geração de *off flavors* (BOULTON; QUAIN, 2001).

O monitoramento da temperatura interna da geladeira mostra para o cervejeiro se o acionamento da refrigeração está ocorrendo corretamente. E o monitoramento da temperatura do fermentador mostra se o sistema está funcionando com a temperatura no valor selecionado no *setpoint* do App Blynk.

Com o monitoramento da emissão CO₂, o usuário saberá se há atividade das leveduras, ou seja, que está fermentando a cerveja.

Alterações do *setpoint* de temperatura remotamente permite que o cervejeiro faça as transições de temperatura remotamente, mesmo essa funcionalidade não tendo implicância no resultado da fermentação.

A visualização gráfica das variáveis em todo processo de fermentação, possibilita que o cervejeiro saiba como foi todo o esse processo, auxiliando para identificar a causa de possíveis defeitos da cerveja. Além disso, a visualização ajuda a percepção da influência do ambiente externo ao processo de fermentação, como a redução da temperatura do ambiente externo abaixo da temperatura de fermentação.

O controle da temperatura é fundamental para uma boa fermentação e tem grande influência na qualidade da cerveja (BOULTON; QUAIN, 2001). A visualização gráfica das variáveis em todo processo de fermentação, auxilia o aperfeiçoamento do sistema e da evolução das cervejas fabricadas. Os monitoramentos de temperatura e emissão de CO₂ vão auxiliar na tomada de decisões do cervejeiro. E as alterações do *setpoint* de temperatura remotamente é um recurso extra para o cervejeiro, de não ter a necessidade de estar presente no local da fermentação.

6 CONCLUSÃO

O protótipo funcional foi projetado para controlar a temperatura da fermentação, com o monitoramento das temperaturas, do fermentador e do refrigerador. E com o monitoramento da emissão de CO₂, com a percepção de qual estágio está a fermentação. Além disso, resultar em um gráfico do processo, com todos os dados ao longo do tempo e remotamente permitir que o usuário fizesse trocas de *setpoint* do controle de temperatura.

O controle de temperatura funcionou corretamente, enquanto a temperatura externa da geladeira não era menor que o *setpoint* (havendo uma redução na temperatura de fermentação). O monitoramento das temperaturas possibilitou saber o que ocorreu no processo, a influência da temperatura externa da geladeira e a atuação da refrigeração no processo. No monitoramento da emissão de CO₂ apresentou gráficos que evidenciaram as fases da fermentação. Como o sensor ficou dentro do refrigerador, o nível de CO₂ apresentou um erro, que acompanhava a oscilação da temperatura interna do refrigerador. Ele ficou perceptivo no início e no fim da fermentação, onde os níveis de CO₂ foram menores. Contudo o monitoramento da emissão de CO₂ não foi decisivo para definir o fim da fermentação, necessitando ainda das medições da densidade da cerveja. As alterações de *setpoint* de temperatura pelo App Blynk ocorreram conforme esperado e os gráficos com os dados de todo o processo de fermentação geraram informações importantes para o cervejeiro.

No monitoramento da temperatura, ficou evidenciado que para estabilidade, deve haver um sistema de aquecimento no fermentador, pela influência da temperatura externa do refrigerador nas temperaturas menores que o *setpoint*. O monitoramento da emissão de CO₂ se mostrou um recurso para acompanhamento da fermentação.

Para trabalhos futuros, fica a sugestão de agregar a este sistema a medição da densidade da cerveja e poderia ser um indicador para prever o fim da fermentação, com a utilização de algoritmos de aprendizagem de máquina, treinando o sistema em diferentes tipos de cerveja, valendo-se de inteligência artificial.

E por fim, o presente trabalho abordou conhecimentos de diversos

componentes curriculares do curso Superior em Tecnologia da Automação Industrial, como: Microprocessadores, Programação A, Programação B, Sistemas de Supervisão e Gerenciamento, Instrumentação, Processos Mecânicos de Fabricação, Sistemas de Controle, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEER, Bier &. **Terceirização de Produção Para Sua Cerveja**. 2021. Disponível em: <http://www.bierebeer.com.br/terceirizacao-producao-de-cerveja.html>. Acesso em: 15 ago. 2021.

BORGES FILHO, Mario Divino. **Sistema de monitoramento remoto para nanocervejarias**. 2020. 56 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/31349/4/SistemaDeMonitoramento.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2021.

BOULTON, Chris; QUAIN, David. **Brewing Yeast and Fermentation**. Oxford: Blackwell Science, 2001. 659 p.

BRAGA, Mariana Fonseca; ROMEIRO FILHO, Eduardo. IMPACTOS DA INTERAÇÃO ENTRE PROCESSOS DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL E ARTESANAL: UM ESTUDO DE CASO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 5., 2009, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: Abcm, 2009. v. 5, p. 1-6. Disponível em: <https://www.research.lancs.ac.uk/portal/files/288587104/153001050.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2021.

CANDIDO, Gradimilo. **Sensor de Gás MQ-135 e a família MQ de detectores de Gás**. 2021. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-gas-mq-135/>. Acesso em: 19 ago. 2021.

CARDOSO, Luciano Murta Gaspar. **MONITORAMENTO DE BAIXO CUSTO APLICADO A PROCESSOS BIOTECNOLÓGICOS - ESTUDO DE CASO DA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL**. 2017. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-ARLJLR/1/dissertacao_lucianomurta_20170713.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.

CASTRO, Giovanni de. **Usando o Sensor de Fluxo de Água**. 2021. Disponível em: <https://www.robocore.net/tutoriais/usando-sensor-fluxo-de-agua>. Acesso em: 05 set. 2021.

CEVA, Faz Tua. **Kit Cerveja Artesanal 20l**. 2021. Disponível em: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1002050152-kit-cerveja-artesanal-20l-moedor-de-malte-disco-balanca-_JM. Acesso em: 15 ago. 2021.

CIRCUITO, Curto. **Sensor de Gás MQ-135 - Gases Tóxicos**. 2021. Disponível em: <https://www.curtocircuito.com.br/sensor-de-gas-mq-135-gases-toxicos.html>. Acesso em: 19 ago. 2021.

CONSULTORIA, Wwm. **Tipos de compressores de ar condicionado**. 2020. Disponível em: <https://wwmconsultoria.com/compressores-de-ar-condicionado/>. Acesso em: 05 set. 2021.

COREL. **RESISTÊNCIA ELÉTRICA BLINDADA**. 2021. Disponível em: <https://www.corel.ind.br/resistencia-eletrica-blindada>. Acesso em: 05 set. 2021.

COSTA JÚNIOR, Eduardo Braga da. **AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE UMA FABRICAÇÃO ARTESANAL DE CERVEJA**. 2019. 129 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10030524.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2021.

DEGRAUS, Loxam. **Entenda o funcionamento de uma bomba centrífuga**. 2019. Disponível em: <https://www.degraus.com.br/entenda-o-funcionamento-de-uma-bomba-centrifuga/>. Acesso em: 05 set. 2021.

DIAS, Gabriel Domann. **AUTOMAÇÃO DAS ETAPAS DE MOSTURAÇÃO E CLARIFICAÇÃO DO PROCESSO DE BRASSAGEM NA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL**. 2020. 83 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Controle e Automação, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2020. Disponível em: https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariadeControleeAutomacao/galdenoro1906/tg_gabriel_domann_dias_152270256_final.pdf. Acesso em: 10 ago. 2021.

ELETROGATE. **Sensor de Fluxo de Água de 1/2"**. 2021. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/sensor-de-fluxo-de-agua-de-1-2>. Acesso em: 05 set. 2021.

FADEPE. **Método Científico: definições, aplicações, principais tipos e etapas**. 2021. Disponível em: <https://fadepe.org.br/2021/06/16/metodo-cientifico-definicoes-aplicacoes-principais-tipos-e-etapas/>. Acesso em: 13 set. 2021.

FILIFELOP. **Sensor de Gás MQ-135 para Gases Tóxicos**. 2021. Disponível em: <https://www.filieflop.com/produto/sensor-de-gas-mq-135-para-gases-toxicos/>. Acesso em: 19 ago. 2021.

FREITAS, Ana Luiza Cerqueira. **DESIGN E ARTESANATO: uma experiência de inserção da metodologia de projeto de produto**. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <https://docplayer.com.br/109253357-Ana-luiza-cerqueira-freitas-design-e-artesanato-uma-experiencia-de-insercao-da-metodologia-de-projeto-de-produto.html>. Acesso em: 11 jul. 2021.

GADSTORE, Shopping. **RESISTENCIA ELETRICA PANELA CERVEJA**

ARTESANAL 6000W 220V. 2021. Disponível em:
<https://www.lojagadstore.com.br/Resistencia-Eletrica-Panela-Cerveja-Artesanal-6000w-220v>. Acesso em: 05 set. 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p. Disponível em:
http://www.uece.br/nucleodelinguasitaperi/dmdocuments/gil_como_elaborar_projeto_de_pesquisa.pdf. Acesso em: 11 set. 2021.

HOSAIN, Syed Zaeem. **The Definitive Guide: the internet of things for business.** 3. ed. San Jose: Aeris, 2018. 219 p. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/es1vs50>. Acesso em: 31 jul. 2021.

HUGHES, Greg. **Home Brew Beer.** Londres: Dorling Kindersley, 2013. 225 p.

LEITÃO, Carla. **MÉTODOS QUALITATIVOS DE PESQUISA CIENTÍFICA.** 2009. Disponível em: <http://www3.serg.inf.puc-rio.br/docs/ComputacaoBrasilOut2009-TutorialMetQual.pdf>. Acesso em: 11 set. 2021.

LOCATELLI, Caroline. **Introdução ao MQTT.** 2020. Disponível em:
<https://www.curtocircuito.com.br/blog/introducao-ao-mqtt>. Acesso em: 02 set. 2021.

LOCATELLI, Caroline. **Como usar o Sensor de Temperatura – DS18B20.** 2021. Disponível em: <https://www.curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20Arduino/como-utilizar-o-ds18b20>. Acesso em: 19 ago. 2021.

MAPA. **Anuário da Cerveja 2020.** 2021. Disponível em:
<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/com-crescimento-de-14-4-em-2020-numero-de-cervejarias-registradas-no-brasil-passa-de-1-3-mil/anuariocerveja2.pdf/view>. Acesso em: 11 jul. 2021.

MORADO, Ronaldo. **Larousse da cerveja.** São Paulo: Larousse, 2009. 359 p.

MOSHER, Randy. **Radical Brewing: recipes, tales, and world-altering meditations in a glass.** Boulder Co: Brewers Publications, 2004. 666 p. Disponível em:
<https://docero.com.br/doc/5se81>. Acesso em: 06 jul. 2021.

OLIVEIRA, Greici. **NodeMCU– Uma plataforma com características singulares para o seu projeto IoT.** 2017. Disponível em:
<https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/nodemcu/nodemcu-uma-plataforma-com-caracteristicas-singulares-para-o-seu-projeto-iot>. Acesso em: 18 jul. 2021.

PALMER, John J.. **How to Brew: everything you need to know to brew great beer every time.** 4. ed. Boulder Co: Brewers Publications, 2017. 582 p

PEIXOTO, João Alvarez. **ESP8266 NodeMCU:do pisca led à internet das coisas**. Porto Alegre: Uergs, 2021. 212 p. Disponível em: <https://en.calameo.com/books/005647350c64b126c49b1>. Acesso em: 18 jul. 2021.

SENEVIRATNE, Pradeeka. **Hands-On Internet of Things with Blynk**: build on the power of blynk to configure smart devices and build exciting iot projects. Birmingham, Uk: Packt Publishing, 2018. 365 p.

SERRANO, T. M. Introdução ao Blynk App. **Embarcados**, 8 de maio de 2018. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/introducao-ao-blynk-app/>. Acesso em: 22 maio 2021.

STEVAN JUNIOR, Sergio Luiz. **IoT Internet das coisas**: fundamentos e aplicações em arduino e nodemcu. São Paulo: Saraiva, 2018. 224 p.

STRAUB, Matheus Gebert. **SENSOR DE TEMPERATURA ARDUINO DS18B20 – COMUNICAÇÃO ONEWIRE**. 2020. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/sensor-de-temperatura-arduino-ds18b20-comunicacao-onewire/>. Acesso em: 18 ago. 2021.

USINAINFO. **Sensor de pH Arduino + Módulo de Leitura**. 2021. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/outros-sensores-arduino/sensor-de-ph-arduino-modulo-de-leitura-5316.html>. Acesso em: 05 set. 2021.

USINAINFO. **How to use a PH probe and sensor**. 2021. Disponível em: https://www.usinainfo.com.br/index.php?controller=attachment&id_attachment=553. Acesso em: 05 set. 2021.

APÊNDICES A – Código do programa do protótipo funcional

```

/*****
* lot Co2 geladeira monitoramento fermentação
* Developed by Henri Andrade - 01 Outubro 2021
*****/**/ ESP & Blynk */

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#define BLYNK_PRINT Serial // Comment this out to disable prints and save space
char auth[] = "Token do App Blynk";
/* WiFi credentials */
char ssid[] = "Rede WIFI";
char pass[] = "Senha da Rede";
/* TIMER */
#include <SimpleTimer.h>
SimpleTimer timer;

/* DS18B20 Temperature Sensor */
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2 // DS18B20 on arduino pin2 corresponds to D4 on physical board
#define Co2 4 // DS18B20 on arduino pin4 corresponds to D2 on physical board
#define LED 5
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature DS18B20(&oneWire);
float temp;// Temperatura Cerveja
float temp_1;// Temperatura Geladeira
float DCo2;
float setpoint;
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  DS18B20.begin();
  timer.setInterval(1000L, getSendData);
  pinMode(Co2, INPUT);
  pinMode(LED, OUTPUT);
  setpoint=19;//temperatura inicial 19°C
}
void loop() {
  timer.run(); // Initiates SimpleTimer
  Blynk.run();
  DS18B20.requestTemperatures();
  temp = DS18B20.getTempCByIndex(0);// Temperatura Cerveja
  temp_1 = DS18B20.getTempCByIndex(1);// Temperatura Geladeira
  if (temp >= setpoint) {
    digitalWrite(LED, LOW); // liga Led
  } else{
    digitalWrite(LED, HIGH); // desliga o relé 02
  }
}
/*****
* Send Sensor data to Blynk]
*****/

void getSendData(){
  DS18B20.requestTemperatures();
  temp = DS18B20.getTempCByIndex(0);// Temperatura Cerveja

```

```
temp_1 = DS18B20.getTempCByIndex(1); // Temperatura Geladeira
Serial.println(temp);
DCo2 = analogRead(A0);
Blynk.virtualWrite(10, temp); //virtual pin V10 Temperatura Cerveja
Blynk.virtualWrite(0, DCo2); //Digital pin 2
  Blynk.virtualWrite(8, setpoint); //virtual pin V8
Blynk.virtualWrite(11, temp_1); //virtual pin V11 Temperatura Geladeira
}
BLYNK_WRITE(V1){
  setpoint = param.asInt();
}
```