



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ARIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE CARAÚBAS
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

JOSÉ JEFFERSON AZEVEDO LIMA

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA INCUBADORA DE OVOS
AUTOMATIZADA DE BAIXO CUSTO**

CARAÚBAS - RN
2021

JOSÉ JEFFERSON AZEVEDO LIMA

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA INCUBADORA DE OVOS
AUTOMATIZADA DE BAIXO CUSTO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Caraúbas, para a obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof^a. Dra. Tânia Luna Laura

CARAÚBAS - RN
2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

732p Lima, José Jefferson Azevedo.
 Projeto e construção de uma incubadora de ovos
 automatizada de baixo custo / José Jefferson
 Azevedo Lima. – 2021.
 61 f. : il.

 Orientadora: TÂNIA LUNA LAURA.
 Monografia (graduação) – Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia
 Elétrica, 2021.

 1. Incubadora de ovos. 2. Chocadeira. 3.
 Automação de processos. I. LAURA, TÂNIA LUNA,
 orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

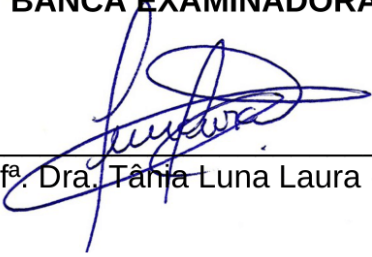
O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JOSÉ JEFFERSON AZEVEDO LIMA

**PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA INCUBADORA DE OVOS
AUTOMATIZADA DE BAIXO CUSTO**

Monografia apresentada a
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia
Elétrica.

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dra. Tânia Luna Laura - Presidente

Eng. Francisco Luis de Carvalho Costa- Membro

Prof. Me. Juan Rafael Filgueira Guerra - Membro

Prof. Me. Lincoln Alexandre Paz Silva - Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da minha vida, por me fazer acreditar e confiar na seu amor, por me dar a sabedoria necessária para enfrentar os desafios diários.

A minha esposa Mirianny Almeida Cândido Lima, por ser essa fiel companheira, conselheira, por estar ao meu lado em todos os momentos. Ao nosso filho José Miguel Cândido Azevedo Lima, que mesmo sem saber falar já me ensinou muito, me fez perceber o quão é importante a presença da família na vida de um homem.

Aos meus Pais, João Luís de Queiroz Lima e Maria Aldeiza da Silva Azevedo Lima, por todos os ensinamentos, sacrifícios, amor e dedicação; a minha irmã Ana Jaqueline de Azevedo Lima e a minha avó Maria de Queiroz Lima, por compartilharem de tantos momentos felizes, pelos incentivos, direcionamentos e cuidados a mim dedicados.

Ao meu primo Francisco de Assis e toda a sua família, a Terezinha e toda a sua família, a todos aqueles que me acolheram em Governador Dix-Sept Rosado meu muito obrigado, compartilhamos ótimos momentos de felicidade.

A professora Tânia Luna Laura, minha orientadora, por ter aceitado meu pedido de orientação, por toda paciência e dedicação em seus ensinamentos, pelos incentivos, por acreditar na minha capacidade.

Agradeço aos professores e membros da banca, Eng. Francisco Luís, Prof. Me. Juan Rafael e Prof. Me. Lincoln Silva, pela disponibilidade em avaliar meu trabalho e por todas as contribuições para o melhoramento do mesmo.

Quero prestar meus agradecimentos a todos os professores que contribuíram com minha formação acadêmica, desde o curso de Ciência e Tecnologia ao curso de Engenharia Elétrica. Pude ter o prazer de conhecer e conviver com pessoas incríveis, como Daniel Freitas Freire Martins, Dorgival Albertino da Silva Júnior, Hugo Michael.

Ao professor Ailton L. Barboza Júnior, meu professor e amigo, por ter me ajudado em vários momentos, inclusive na elaboração deste projeto.

A todos os colaboradores da UFERSA-Caraúbas, agradeço-lhes por todos os momentos de convívio, em especial a Carlindo, Sérgio, Gilson, Joquinha, Jhon Lennon, dona Inácia e Larissa.

Aos meus amigos, que foram como uma família para mim, sempre houve parceria, obrigado pelos momentos de diversão e estudos. A Nadison Francisco da Silva, que muito me ajudou na elaboração deste projeto.

Enfim, a todos que estiveram me apoiando e incentivando. Muito obrigado!

“Na ausência de metas claramente definidas nos tornamos estranhamente leais para realizar trivialidades diárias, até que, finalmente, nos tornamos escravizados por isso”.

Robert Heinlein

RESUMO

A carne de frango é uma das proteínas de origem animal mais consumida no Brasil e no mundo. Isto deve-se ao fato de ter um preço mais acessível e o seu alto valor nutricional, ao ser comparada com outras proteínas de mesma origem. Além da produção desta ave em escala industrial, há também a produção de pequenos produtores rurais, que por serem desprovidos de recursos financeiros, às vezes não conseguem adquirir incubadoras de ovos, para acelerar a sua produção, devido ao alto valor e, quando adquirem-na é de baixa qualidade. Neste cenário, o presente trabalho propõe desenvolver um protótipo de uma incubadora de ovos automática, a fim de beneficiar o pequeno produtor. O sistema de automação de processos é justificado com o fim de obter-se um produto final onde a interação humana seja mínima. É apresentada a construção de um protótipo de uma incubadora de ovos, serão controladas variáveis de temperatura e umidade, assim como a contagem dos dias de incubação dos ovos, a rolagem dos ovos e o controle do nível de água no reservatório.

PALAVRAS-CHAVE: Incubadora de ovos. Chocadeira. Automação de processos.

ABSTRACT

Chicken meat is one of the most consumed animal proteins in Brazil and in the world. This is due to the fact that it has a more affordable price and its high nutritional value, when compared to other proteins of the same origin. In addition to the production of this bird on an industrial scale, there is also the production of small rural producers, who, because they lack financial resources, are sometimes unable to acquire egg incubators, to speed up their production, due to the high value and, when they acquire na is of low quality. In this scenario, the present work proposes to develop a prototype of an automatic egg incubator, a beneficiary end of the small producer. The process automation system is justified in order to obtain a final product where human interaction is minimal. The construction of a prototype of an egg incubator is presented. Variables of temperature and humidity will be controlled, as well as counting the days of incubation of the eggs, the rolling of eggs and the control of the water level in the reservoir.

KEYWORDS: Incubator. Bruder. Process Automation.

SIGLAS E SIMBOLOGIA

A	Ampère
C ₁	Capacitor 1
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
IOT	<i>Internet Of Things</i>
R ₁	Resistor 1
Ref	Referência
Vca	Tensão alternada
Vcc	Tensão contínua

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de blocos de um sistema realimentado.	18
Figura 2: Diagrama em blocos dos estágios de uma fonte de alimentação típica. ...	19
Figura 3: ESP32.....	20
Figura 4: Pinagem ESP32.....	20
Figura 5: Arduino IDE.....	21
Figura 6: Real Time Clock (RTC) DS3231.	22
Figura 7: Display Oled.....	22
Figura 8: Tipos de entradas de energia em um sensor.	24
Figura 9: Sensor DHT11.	25
Figura 10: Sensor de nível de líquidos do tipo boia.	25
Figura 11: Acionamento do sensor do tipo boia.	26
Figura 12: Motor de micro-ondas.	27
Figura 13: Mini bomba submersa.	28
Figura 14: Relé.	28
Figura 15: Metodologia	30
Figura 16: Diagrama de blocos da arquitetura do sistema de automação.	32
Figura 17: Fonte de Alimentação principal.	33
Figura 18: Fonte de alimentação secundária.....	38
Figura 19: Circuito reforçador de corrente.....	38
Figura 20: Circuito retificador em ponte de onda completa.	39
Figura 21: Circuito retificador de onda completa com <i>center tape</i>	39
Figura 22: Circuito regulador de tensão.	40
Figura 23: Sinal da tensão na carga.....	41
Figura 24: Simulação de montagem do <i>software Fritzing</i>	42
Figura 25: Testes na <i>protoboard</i> do RTC.	43
Figura 26: Testes na <i>protoboard</i> de temperatura e umidade.....	43
Figura 27: Testes com o sensor de nível de líquido e a mini bomba.	44
Figura 28: Testes com o motor de micro-ondas.	44
Figura 29: Vista frontal da incubadora de ovos.	45
Figura 30: Vista do compartimento de acomodação dos circuitos.	45
Figura 31: Vista superior da bandeja de ovos.	46

Figura 32: Bandeja de ovos com inclinação de 45°. (a) Inclinação para a esquerda. (b) Inclinação para a direita.	47
Figura 33: Fonte de alimentação principal.....	48
Figura 34: Fonte de alimentação secundária.....	48
Figura 35: Proteção do transformador.....	49
Figura 36:.....	50
Figura 37: Vista frontal da incubadora.....	50
Figura 38: Vista frontal sem a bandeja de rolagem de ovos.	51
Figura 39: Sensor boia, DHT11 e reservatório de água.	51
Figura 40: Vista interna superior.	52
Figura 41: Acomodação dos circuitos.	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Ranking mundial de produção avícola	14
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de conexão do display OLED.	23
Tabela 2: Dados técnicos do sensor DHT11.	24
Tabela 3: Dados técnicos do motor de micro-ondas.....	27
Tabela 4: Dados técnicos.....	28
Tabela 5: Materiais utilizados na fabricação do circuito retificador da fonte principal	40
Tabela 6: Materiais utilizados na fabricação do circuito regulador de tensão.	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivo	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Chocadeiras automatizadas	17
2.2 Controle clássico	18
2.2.1 Sistemas realimentados.....	18
2.3 Fonte de alimentação CC	19
2.4 Esp32	19
2.4.1 Pinos de entrada e saída de dados	20
2.4.2 Plataforma de desenvolvimento de software	21
2.5 Real time clock (RTC).....	21
2.6 Display <i>OLED</i>	22
2.7 Resistência elétrica.....	23
2.8 Sensores	23
2.8.1 Sensor de temperatura e umidade DHT11	24
2.8.2 Sensor de Nível de Líquidos.....	25
2.9 Atuadores	26
2.9.1 Motor síncrono	26
2.9.2 Mini Bomba de Água Submersa	27
2.9.3 Relé	28
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 Arquitetura	31
3.2 Fonte de alimentação	32
3.2.1 Circuito retificador.....	39
3.2.2 Circuito de regulador de tensão	40
3.3 Projeto na <i>protoboard</i>	41
3.4 Confeção da incubadora de ovos.....	45

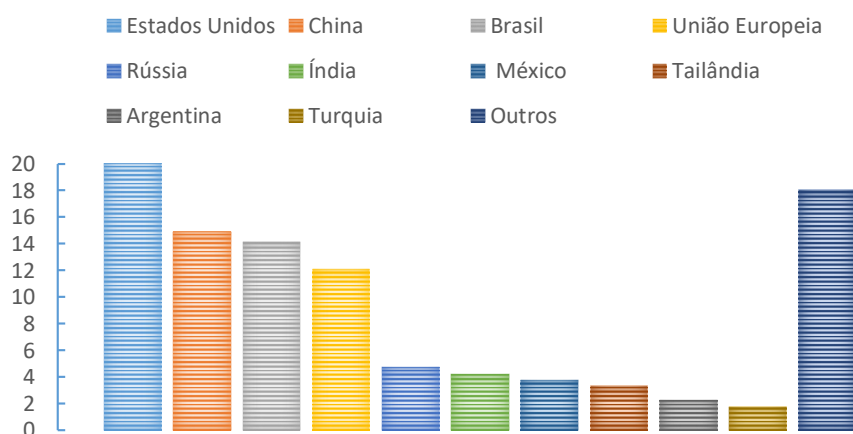
4 RESULTADOS	47
4.1 Circuitos eletrônicos	47
4.2 Incubadora equipada com sensores e atuadores	50
5 CONCLUSÃO.....	53
6 BIBLIOGRAFIA.....	54

1 INTRODUÇÃO

A proteína de origem animal mais consumida no Brasil é a carne de frango, essa carne possui um ótimo conteúdo nutricional. Ao ser comparada com proteínas de outras espécies animal, ela tem a vantagem de ter preços acessíveis e relativamente estáveis (CAVALCANTI, 2019, p. 14).

A produção de carne de frango ocorre em diversos países. Os Estados Unidos lideram o ranking mundial de produção de carne avícola com um percentual de 20,38%, seguido pela China com 14,9%, Brasil com 14,12%, União Europeia com 12,1%, Rússia com 4,725%, Índia com 4,2%, México com 3,78%, Tailândia com 3,325%, Argentina com 2,22%, Turquia com 1,765% e a união dos outros países correspondem a 18,046%. Como pode ser visto no Gráfico 1 (BRASIL, 2021).

Gráfico 1 - Ranking mundial de produção avícola



Fonte: Adaptado de Brasil (2021).

Neste contexto, porém em âmbito nacional, o estado brasileiro que mais produz carne avícola é o estado do Paraná, com um percentual de 32,59% de toda a produção nacional, seguido pelo estado de Santa Catarina com 14,5%, Rio Grande do Sul com 12,44%, São Paulo com 11,71%, Minas Gerais com 7,57%, Goiás com 6,92%, Mato Grosso com 3,92%, Mato Grosso do Sul com 3,10%, Bahia com 2,26%, Pará com 1,34% e a união dos outros estados correspondem a 3,51% (EMBRAPA. 2020). No estado do Rio Grande do Norte, a microrregião da Chapada do Apodi é responsável pela produção avícola de 252.912 aves e a cidade de Caraúbas por produzir 47.304 aves (CAVALCANTI, 2019, p. 06).

Além da produção industrial de rebanhos galináceos, explanada anteriormente, há também a produção advinda da agricultura familiar. Analisando o segundo caso, cerca de 53% daqueles que cultivam a agricultura familiar fazem o plantel de frangos caipiras, isto lhes propiciam uma proteína de boa qualidade e também uma renda extra (CAVALCANTI, 2019, p.15).

A motivação deste trabalho é poder beneficiar o pequeno produtor rural. Já que, este trabalho trata do desenvolvimento de um protótipo de uma incubadora de ovos automatizada, onde serão controladas as variáveis temperatura e umidade, assim como a contagem dos dias de incubação dos ovos, rolagem dos ovos e controle do nível de água no reservatório. Para construção da caixa e estrutura de rolagem dos ovos foram utilizados materiais reaproveitados. Assim, o pequeno produtor rural, terá informações necessárias para se construir um protótipo semelhante e, depois de feito, terá a oportunidade de aumentar o seu plantel de frangos caipiras.

Na próxima seção serão apresentados os objetivos gerais e específicos. Em seguida, no Capítulo 2, um breve referencial teórico será apresentado, seguido pela Metodologia no Capítulo 3, no Capítulo 4 serão apresentados os resultados e, para finalizar, no Capítulo 5 serão apresentados as conclusões e trabalhos futuros.

1.1 Objetivo

OBJETIVO GERAL

Desenvolver o protótipo de uma incubadora de ovos que utiliza um sistema de controle de temperatura, umidade, rolagem de ovos e que faça a contagem dos dias de incubação.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir uma caixa de madeira e equipá-la com sensores e atuadores;
- Controlar a rolagem dos ovos, para que a gema sempre se mantenha no centro do ovo;
- Controlar a temperatura, para que o embrião possa se desenvolver saudavelmente;
- Controlar a umidade, para que no momento da eclosão dos ovos os pintos consigam romper a membrana que os envolvem e possam sair livremente;
- Controlar a contagem dos dias de incubação, para cessar a rolagem dos ovos no décimo oitavo dia de incubação e neste mesmo período aumentar a umidade do ar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo aborda todo o levantamento bibliográfico realizado. A primeira subseção trata de uma revisão bibliográfica sobre as chocadeiras. A subseção seguinte (2.2) apresenta a teoria da internet das coisas. Na subseção 2.3 é explanado o controle clássico. Devido o objetivo do trabalho centrar-se na construção de um protótipo, a subseção 2.4 trata da fonte de alimentação do sistema. A subseção seguinte (2.5) apresenta conceitos sobre o microcontrolador ESP32. Na subseção 2.6 é explicado o modo de funcionamento do relógio de tempo real (Real Time Clock - RTC). O display OLED é explicado na subseção 2.7. Na subseção 2.8 tem-se o embasamento teórico sobre um dos substitutos da resistência elétrica utilizada em chocadeiras. Os sensores são tratados na subseção 2.9. A última seção deste capítulo vem a tratar dos conceitos dos atuadores.

2.1 Chocadeiras automatizadas

Segundo Choc Mais Industria (2021), as condições necessárias para se obter um bom desempenho durante a incubação dos ovos são: sempre manter o reservatório de água cheio para que a umidade do ar se mantenha entre 50 e 60%, a temperatura deve se manter entre 37 e 38 °C, a rolagem dos ovos ocorrerá a cada duas horas.

Perlin *et al.* (2020), propuseram um sistema de uma chocadeira de baixo custo utilizando o conceito de internet das coisas. Utilizaram o microcontrolador Atmel para fazer a automação do sistema. Obtiveram resultados satisfatórios e como trabalhos futuros esperam disseminar o conhecimento nas localidades rurais e ensinar a utilizar a chocadeira.

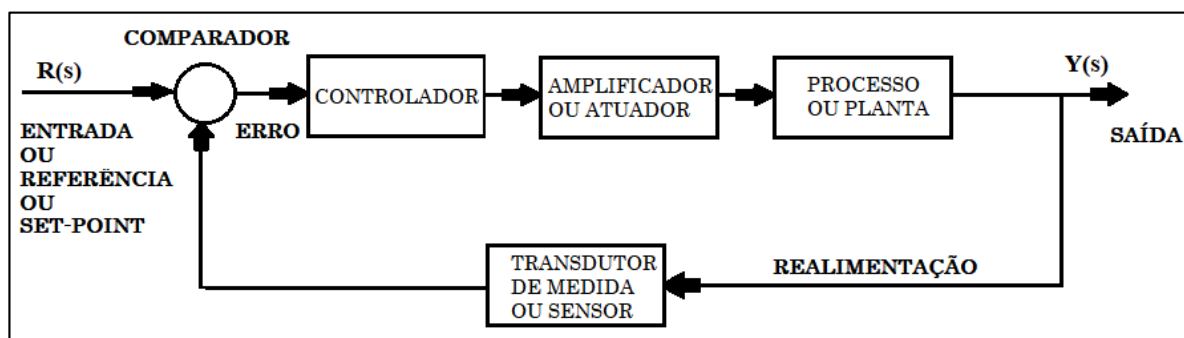
Costa Junior e Cattani (2016), aplicaram a Lógica Fuzzy a uma chocadeira a fim de garantir estabilidade e precisão no controle da temperatura, a umidade e virada dos ovos. A temperatura foi ajustada para se manter entre 37,5° e 38 °C. A umidade entre 50 e 60% por cerca de 18 dias consecutivos e 65 a 70% nos próximos três dias. O autor aponta que a virada de ovos deve ocorrer no mínimo 3 vezes ao dia para que o embrião não grude na casca. O microcontrolador utilizado é o PIC16F877A.

2.2 Controle clássico

2.2.1 Sistemas realimentados

Nos sistemas de controle com realimentação, o controle do processo ou da saída de uma planta é estabelecido após uma relação de comparação entre o sinal resultante da diferença entre o valor desejado na entrada e o valor medido na saída. Desta maneira, o sinal de saída é lido pelo transdutor de medida ou sensor e entregue ao comparador, que por sua vez irá compará-lo com o sinal de entrada. O sinal de resposta advindo do comparador é enviado ao controlador, que por sua vez enviará um comando ao atuador, este comando fará o controle da planta. A Figura 1 apresenta o diagrama em blocos dos passos mencionados anteriormente (CASTRUCCI; BITTAR; SALES, 2018).

Figura 1: Diagrama de blocos de um sistema realimentado.



Fonte: Adaptado de Castrucci, Bittar e Sales (2018).

Uma das formas mais simples de se realizar o controle por realimentação é o controle *on-off*. O controle *on-off* ou controle de duas posições é aquele em que o elemento atuante tem apenas duas posições fixas, ligado ou desligado. Este controle é relativamente simples e barato, por isso é muito utilizado em sistemas de controle domésticos e industriais (OGATA, 2010).

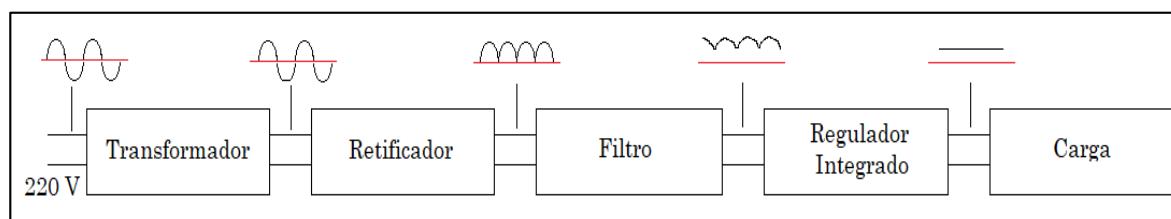
Uma das aplicações deste tipo de controle nas incubadoras seria fazer o controle da temperatura. O microcontrolador recebe do sensor a informação da leitura atual da temperatura, se mesma estiver elevada o microcontrolador emite ao atuador esta informação para que ele cesse a energia destinada à resistência. Assim, sem a presença da fonte de calor, a temperatura tende a cair. Nesta lógica apresentada, o

controle on-off é utilizado para ligar e desligar a fonte de energia destinada à resistência elétrica.

2.3 Fonte de alimentação CC

Uma fonte de alimentação é um dispositivo eletrônico capaz de receber uma tensão elétrica alternada, sinal senoidal, na entrada e fornecer uma tensão elétrica contínua, sinal retilíneo, na saída. Este dispositivo é composto por quatro blocos principais: o transformador, o circuito retificador, o filtro e o regulador (BOYLESTAD; NASHELSKY, 2013). A Figura 2 ilustra o diagrama em blocos e o formato de onda da tensão elétrica após cada um dos estágios.

Figura 2: Diagrama em blocos dos estágios de uma fonte de alimentação típica.



Fonte: Adaptado de Boylestad e Nashelsky (2013).

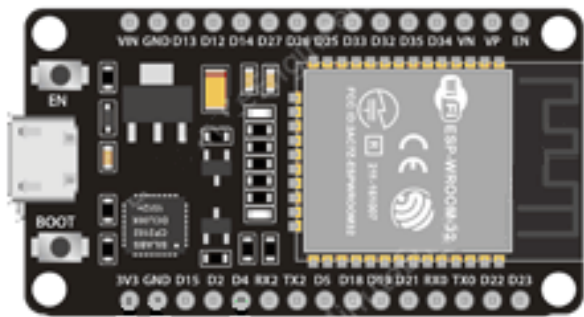
Segundo Boylestad e Nashelsky (2013), a função do transformador é reduzir a tensão de entrada para outro nível de potencial, àquele desejado na saída, a forma de onda deste sinal é senoidal. Uma ponte retificadora a diodo transforma o sinal senoidal em um sinal retificado de onda completa. Um filtro básico a capacitor é usado para produzir a tensão contínua, esta porém tem ondulação (*ripple*). O regulador além de manter a tensão contínua, elimina o *ripple* e mantém o valor de tensão constante na saída, mesmo quando há variação no valor da carga.

2.4 Esp32

O ESP32 é um microcontrolador que possui baixo consumo de energia e alta performance, a empresa fabricante é a Espressif Systems. Este microcontrolador possui conexão Bluetooth e Wireless Fidelity (WiFi). Seu hardware é composto por: memória flash (com capacidade de armazenamento de 4 MB), memória RAM (com capacidade de armazenamento de 520 Kbytes), memória ROM (com capacidade de

armazenamento de 448 Kbytes) e processador dual-core (SYSTEMS, 2021). Ilustrado pela Figura 3.

Figura 3: ESP32.



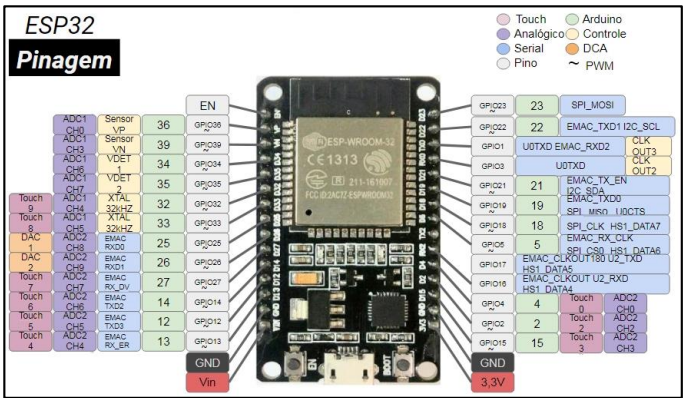
Fonte: Adaptado de CACPNRJ (2020).

O modelo utilizado neste projeto é o NodeMCU ESP-Wroom-32. Esta plataforma de desenvolvimento pode ser alimentada por uma tensão que varia entre 4,5 V a 9 V, possui regulador de tensão, antena embutida e interface usb-serial (SYSTEMS, 2021).

2.4.1 Pinos de entrada e saída de dados

Segundo Systems (2021), este dispositivo é dotado de 34 pinos utilizados para entrada e saída de dados (*General Purpose Input Output - GPIO*), 3 SPI, 2 I2S, 18 canais de conversão analógico digital (*Analog Digital Converter - ADC*), 3 UART, 10 pinos de leitura capacitiva e modulação por largura de pulso (*pulse width modulation - PWM*). A Figura 4 ilustra a sua pinagem.

Figura 4: Pinagem ESP32.

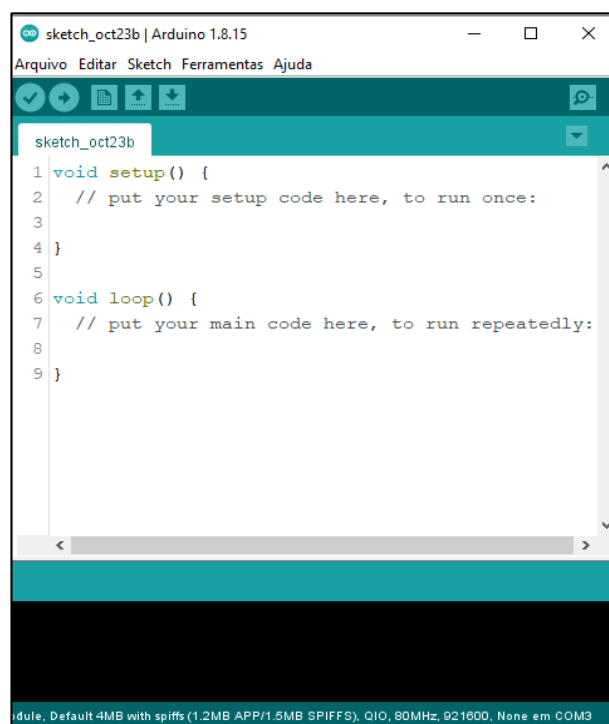


Fonte: Adaptado de Blog da Curto (2018).

2.4.2 Plataforma de desenvolvimento de software

O desenvolvimento das programações de firmware do chip ESP32 utilizam o Arduino Software (IDE), um software de código aberto que facilita a escrita de código. Ele é utilizado para a programação de qualquer placa Arduino, porém, os microcontroladores da família ESP também utilizam esse ambiente (ARDUINO, 2015). A Figura 5 ilustra a tela do Arduino IDE.

Figura 5: Arduino IDE.



Fonte: Adaptado de Arduino (2015).

A Figura 5 ilustra o ambiente de desenvolvimento da programação, a tela inicial. O ambiente é composto por um editor de texto para se escrever o código (região que está numerada), uma caixa de mensagem de status do programa (região que está destacada em preto), barra de ferramentas (localizado na parte superior da tela) e monitor serial (ícone da lupa).

2.5 Real time clock (RTC)

O relógio de tempo real (*Real Time Clock* - RTC) é um dispositivo com baixo consumo de energia, capaz de manter um relógio de tempo real funcionando mesmo

quando a alimentação principal de sua placa é interrompida. Seu hardware é composto por uma bateria de 3 V (que o alimenta quando a fonte principal energia é interrompida), um sensor de temperatura e um cristal oscilador para a contagem do tempo (MAXIM INTEGRATED PRODUCTS, 2015). Ilustrado pela Figura 6.

Figura 6: Real Time Clock (RTC) DS3231.



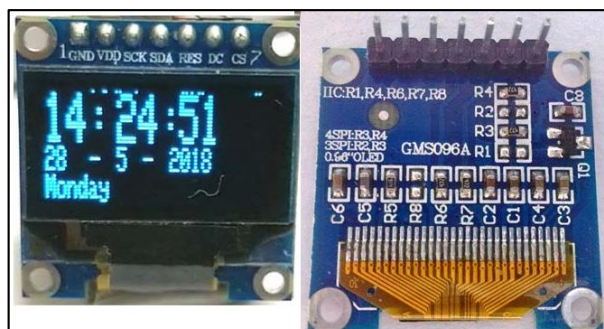
Fonte: CACPNRJ (2021).

2.6 Display OLED

Segundo Beatriz (2021), a sigla OLED (*organic light-emitting diode*) significa diodo orgânico que emite luz. Essa tecnologia pode ser aplicada em diversas telas: aparelhos eletrônicos, computadores, celulares e televisores. O processo de fabricação da tela OLED envolve materiais orgânicos feitos de carbono, que após serem submetidos a um campo eletromagnético emitem luz nas cores azul, verde e vermelho. Assim, os pixels emitem luz individualmente, o que permite alcançar uma imagem de ótima qualidade.

O display OLED é utilizado em projetos eletrônicos pois possui uma boa densidade de pixels, fato que torna possível a exibição de gráficos de pequeno nível. Ilustrado pela Figura 7.

Figura 7: Display Oled.



A Tabela 1 é composta pela numeração, nomenclatura e função e cada pino de conexão do display.

Tabela 1: Dados de conexão do display OLED.

Número do pino	Nome do pino	Outros nomes	Uso
1	Gnd	Ground	Pino de aterramento do módulo
2	Vdd	Vcc, 5V	Pino de alimentação (3-5 V tolerável)
3	SCK	D0,SCL,CLK	Atua como o pino do relógio. Usado para I2C e SPI
4	SDA	D1,MOSI	Pino de dados do módulo. Usado para IIC e SPI
5	RES	RST,RESET	Reinicia o módulo (útil durante o SPI)
6	DC	A0	Pino de comando de dados. Usado para protocolo SPI
7	CS	Chip Select	Útil quando mais de um módulo é usado sob o protocolo SPI

Fonte: CACPNRJ (2021).

2.7 Resistência elétrica

O aquecimento da região interna da chocadeira é produzido por uma resistência elétrica, uma liga metálica que aquece uniformemente ao conduzir uma corrente elétrica. No entanto, há incubadoras de ovos que utilizam lâmpada incandescente para realizar o aumento da temperatura interna.

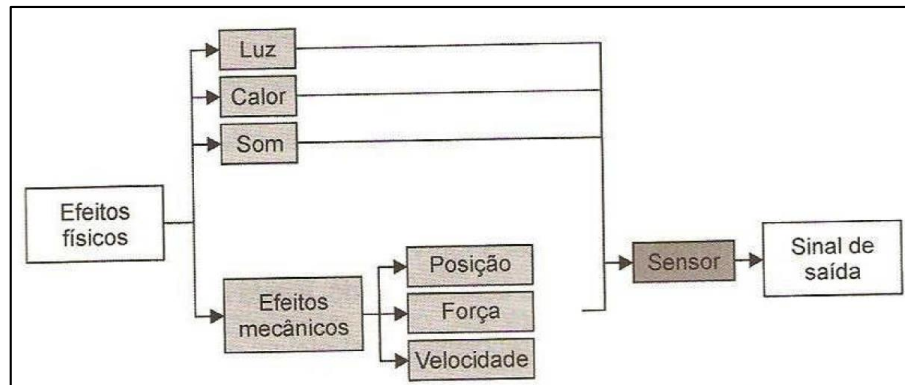
Segundo Blog *Ageon Electronic Controls* (2021), utilizar resistência elétrica é a opção mais vantajosa, pois este dispositivo foi desenvolvido para este fim específico. Entretanto, a utilização de lâmpadas incandescentes possui um custo inicial mais baixo, por isso ainda é utilizada em chocadeiras de menor porte, mas devido a sua substituição a longo prazo, a utilização da lâmpada torna-se uma desvantagem, já que possui uma vida útil menor do que a da resistência elétrica.

2.8 Sensores

Os sensores são dispositivos que respondem a estímulos do ambiente, tais como: energia luminosa, térmica e cinética, por exemplo. Esses estímulos do ambiente têm relação com grandezas físicas, tais como: temperatura, pressão,

velocidade, corrente, aceleração, posição e etc (THOMAZINI, 2005). A Figura 8 apresenta o esquema ilustrativo do sensor.

Figura 8: Tipos de entradas de energia em um sensor.



Fonte: Adaptado de Thomazini, 2005.

Os sensores industriais foram desenvolvidos na década de 1950, são peças fundamentais no processo de automação industrial. No ambiente fabril, estes sensores podem atuar na separação e/ou contagem de objetos, controle e direção, aferição de controle de nível de líquido e verificação da presença de objeto dentro de recipiente (ENGEREY, 2017).

A utilização dos sensores se dá em decorrência do ambiente e das variáveis que se quer controlar, por este motivo existem diversos tipos de sensores.

2.8.1 Sensor de temperatura e umidade DHT11

O DHT11 é um sensor responsável por fazer leitura de temperatura e umidade do ambiente o qual está inserido. Segundo Adafruit Industries (2020), as características deste componente estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 2: Dados técnicos do sensor DHT11.

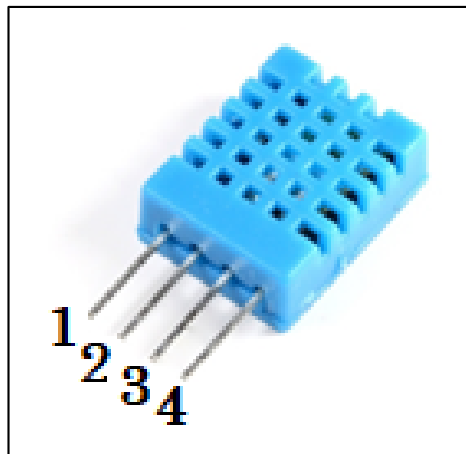
Faixa de tensão de alimentação	3 V a 5 V
Corrente	2,5 mA
Faixa de leitura de umidade	20 a 80%, com 5% de precisão
Faixa de leitura de temperatura	0 a 50 °C, com precisão de ± 2 °C
Quantidade de pinos de conexão	4

Fonte: Adafruit Industries (2020).

Este sensor é dotado de 4 pinos, está ilustrado pela Figura 9. As características de conexão são:

- Pino 1: Alimentação positiva, pode variar de 3 a 5 V;
- Pino 2: Transmissão de dados;
- Pino 3: Não utilizado;
- Pino 4: GND

Figura 9: Sensor DHT11.



Fonte: Adaptado de Thomsen (2013).

2.8.2 Sensor de Nível de Líquidos

O sensor de nível de líquidos utilizado neste projeto é do tipo boia com acionamento vertical, está representado pela Figura 10.

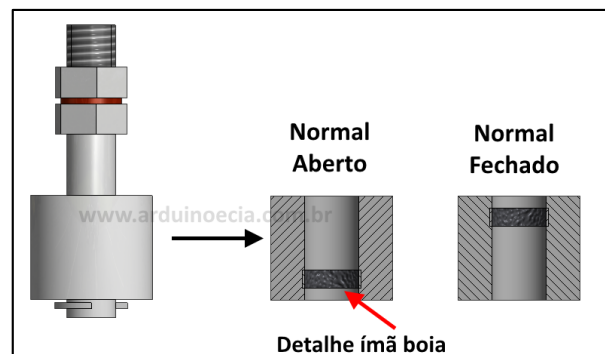
Figura 10: Sensor de nível de líquidos do tipo boia.



Fonte: Arduino e Cia (2014).

Este sensor é fabricado em material plástico. Sua estrutura é composta por uma haste, com um sensor magnético instalado no seu interior, e um cilindro que desliza sobre o corpo da haste, ele atua como uma boia. Há um ímã instalado no interior do corpo do cilindro, quando o cilindro se movimenta o sensor magnético é ativado, assim há uma comutação de estado de desligado para ligado, ou vice-versa. O acionamento é ilustrado pela Figura 11 (ARDUINO E CIA, 2014).

Figura 11: Acionamento do sensor do tipo boia.



Fonte: Arduino e Cia (2014).

2.9 Atuadores

Segundo Thomazini (2005), os atuadores são dispositivos que têm por finalidade modificar uma variável controlada. Eles recebem um sinal emitido pelo controlador e atuam sobre o sistema controlado. São exemplos de atuadores:

- Válvulas (pneumáticas, hidráulicas);
- Relés (estáticos, eletromecânicos);
- Cilindros (pneumáticas, hidráulicas);
- Motores (motor de passo, motor síncrono, servomotor);
- Solenóides.

2.9.1 Motor síncrono

O motor síncrono (utilizado em forno micro-ondas, ar condicionado, ventiladores box, máquinas de lavar louça) é ideal para ser utilizado em aplicações

que requerem velocidade constante e sistemas de controle automático. Possui um baixo consumo de energia, grande torque de saída e baixo nível de ruído. A Tabela 3 é composta pelos seus principais dados técnicos (FOSHAN SHUNDE HENGXING MICRO MOTOR, 2021).

Tabela 3: Dados técnicos do motor síncrono de micro-ondas.

Faixa de tensão de alimentação	12 a 240 V AC
Faixa de frequência	50 Hz / 60 Hz
Potência de operação	4 W
Velocidade de rotação	0,8 a 100 RPM

Fonte: Foshan Shunde Hengxing Micro Motor (2021).

O motor de micro-ondas está ilustrado pela Figura 12.

Figura 12: Motor síncrono de micro-ondas.



Fonte: Foshan Shunde Hengxing Micro Motor (2021).

2.9.2 Mini Bomba de Água Submersa

A mini bomba de água submersa possui vedação plástica para proteger o circuito do motor, esta característica possibilita o seu uso dentro d'água. No mercado é comercializada no tipo vertical ou horizontal e é utilizada numa gama de projetos (SARAVATI, 2021). A Figura 13 ilustra a mini bomba.

Figura 13: Mini bomba submersa.



Fonte: Saravati (2021).

Tabela 4 é composta pelos seus principais dados técnicos.

Tabela 4: Dados técnicos.

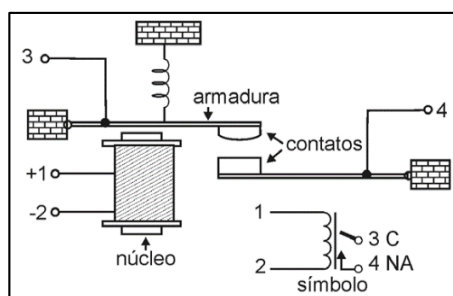
Faixa de tensão de alimentação	2.5 a 6 V
Faixa de corrente	130 a 220 mA
Faixa de potência	0.4 a 1.5 W
Faixa de vazão	1 a 1,5 l por minuto

Fonte: Saravati (2021).

2.9.3 Relé

Segundo Braga (2012), um relé é definido como sendo um dispositivo comutador eletromecânico. Na Figura 14 há a representação da sua estrutura.

Figura 14: Relé.



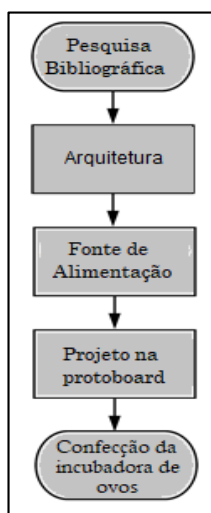
Fonte: Braga (2012).

Os números 1 e 2 representam os terminais de uma bobina, os números 3 e 4 correspondem aos terminais de contato, respectivamente. A armadura é móvel e fabricada em material metálico. Quando a bobina é energizada há a criação de um campo magnético, este campo age sobre a armadura e a atrai. Quando a armadura é atraída pela bobina os contatos dela e do terminal 4 se tocam, o pino número 3 passa a conduzir energia, tem-se a posição normalmente fechada (NF). Quando não há energia sobre a bobina, a armadura não é atraída, assim esta posição é denominada normalmente aberta (NA), representado pelo pino 4 (BRAGA, 2012).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é definida a metodologia empregada na pesquisa, aponta-se as ferramentas e os procedimentos que foram usados na condução e análise dos resultados. Classifica-se quanto a natureza, como uma pesquisa aplicada, já que o estudo de incubadoras de ovos tem aplicação prática e é voltado para inovação tecnológica. Já quanto aos procedimentos, pode ser classificada como pesquisa bibliográfica e experimental. Isto porque o levantamento bibliográfico será a principal, porém não a única ferramenta utilizada para chegar aos resultados do trabalho. O outro procedimento utilizado será a realização de experimentos, onde será construída e posteriormente serão analisados os resultados obtidos advindos do uso da incubadora. A Figura 15 apresenta o fluxo de etapas que foi utilizado para a elaboração do projeto.

Figura 15: Metodologia



Fonte: Autoria Própria (2021).

A pesquisa bibliográfica realizada ao longo do presente trabalho pautou-se nas obras que tratam sobre as funcionalidades e inovações presentes nas chocadeiras.

Na segunda etapa, elaborou-se a arquitetura do sistema de controle.

Na etapa seguinte foi implementado o circuito de fonte de alimentação. Esse circuito tem por finalidade alimentar os demais circuitos com uma tensão de 5 Vcc.

Na quarta etapa ocorreu a implementação do circuito de automação da chocadeira, bancada de testes. Este circuito é responsável por controlar a

temperatura, a umidade, o nível de água no reservatório, a rolagem dos ovos e o período de incubação.

Na quinta etapa, foi projetado e construído uma caixa de madeira, cuja estrutura destinou-se a ser a chocadeira, e pequenos caixotes, que compõem a estrutura da bandeja de rolagem dos ovos. O autor optou usar materiais reaproveitáveis nesta construção. Na parte traseira da incubadora há um compartimento destinado a acomodação das placas e dispositivos eletrônicos, como transformador, fonte de alimentação e circuito de automação.

3.1 Arquitetura

A arquitetura do projeto é composta pelo microcontrolador, sensores, atuadores e saída de dados para visualização. Os sensores irão captar as informações do ambiente e enviarão ao microcontrolador, este por sua vez, fará uma comparação entre os dados recebidos e seus valores previamente programados. Logo após, enviará um comando ao atuador e enviará uma informação para os dispositivos de visualização. A arquitetura do projeto está ilustrada pela Figura 16.

Há mudança de sentido das setas dentro do diagrama da Figura 16, a direção da seta indica o caminho do fluxo de dados. Os sensores captam as informações do ambiente e enviam ao microcontrolador (sentido da seta aponta para o micro), os atuadores recebem as informações do micro e modificam o ambiente ao qual estão inseridos (sentido da seta aponta para os atuadores), os dispositivos de visualização recebem as informações do micro, o sentido da seta aponta para eles.

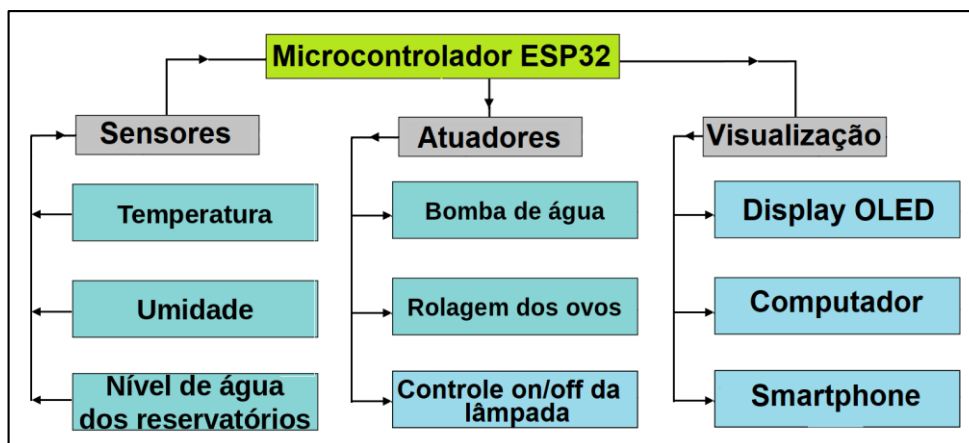
O processo de incubação será iniciado após se pressionar um botão. A partir deste momento será iniciada a contagem das horas. A cada 2 horas será enviado um comando para o motor de micro-ondas girar por cerca de 60 segundos, efetuando-se assim a rolagem dos ovos. Este processo será automático até o décimo oitavo dia de incubação, no final deste período o motor é desligado pois provavelmente iniciará o nascimento dos pintos.

Se a temperatura atingir o valor de 38 °C a lâmpada será desligada e um cooler, fixado no teto da incubadora, será acionado para a iniciar circulação do ar.

Se a umidade do ar estiver a 50% um cooler, fixado acima do reservatório de água, será acionado. Sua função será movimentar a água para que pequenas gotículas se desprendam, aumentando assim a umidade do ar.

Se o nível de água no reservatório baixar cerca de 10%, o sensor boia enviará um sinal ao ESP32, que acionará a mini bomba submersa para encher o reservatório.

Figura 16: Diagrama de blocos da arquitetura do sistema de automação.



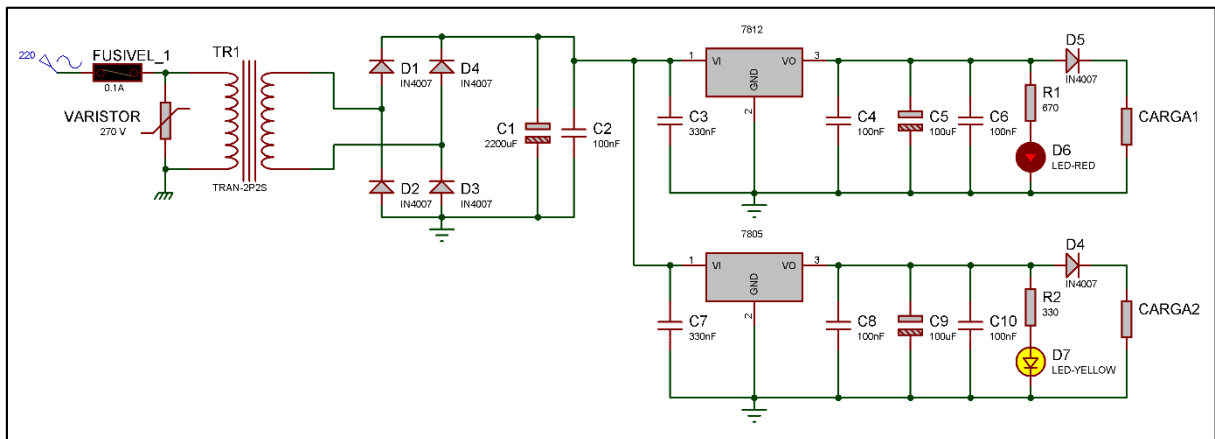
Fonte: Autoria Própria (2021).

3.2 Fonte de alimentação

O circuito de fonte de alimentação é responsável por fornecer a tensão de alimentação para os demais circuitos, foram projetadas duas fontes de alimentação, uma denominada principal e outra denominada secundária. A primeira fonte tem capacidade para fornecer uma potência de 7,1 W e a segunda fonte fornece até 10 W. A tensão de entrada advém da rede de alimentação do imóvel, para a região Nordeste o seu valor é de 220 VAC.

A fonte principal foi projetada com duas saídas de tensão, uma saída com tensão de 5 Vcc para alimentar o ESP32 e o sensor DHT11 e, uma saída com tensão de 12 Vcc para alimentar o cooler de ventilação. O circuito de fonte principal segue representado na Figura 17.

Figura 17: Fonte de Alimentação principal.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Esta fonte foi projetada a partir de 07 (sete passos): primeiro se escolheu a topologia, depois se fez o cálculo de carga, o terceiro passo foi a tensão de entrada no regulador de tensão, depois calculou-se a tensão de pico no secundário do transformador, no quinto passo fez-se a escolha do transformador, no sexto passo calculou-se o capacitor e no último calculou-se a corrente média atuante nos diodos da ponte retificadora.

Segundo Malvino (2016), os circuitos retificadores de onda podem ser do tipo meia onda, onda completa com tap central e onda completa em ponte. Escolheu-se o terceiro tipo de circuito retificador, visto que ele produz uma onda completa na tensão de saída. No semiciclo positivo irão conduzir os diodos D1 e D3 e no semiciclo negativo irão conduzir os diodos D2 e D4. Assim, a carga é alimentada por uma corrente retificada que circula durante os dois semiciclos.

O cálculo de carga leva em consideração o consumo de cada dispositivo para se obter o valor de resistência equivalente. O ESP32 necessita de uma corrente com valor 400 mA e o DHT11 de 2,5 mA. O cooler necessita de uma corrente com valor 400 mA. A Equação 1 refere-se a lei de Ohm.

$$V = R \times I \quad (1)$$

Em que,

V : tensão elétrica [V];

R : resistência [Ω];

I : corrente elétrica [A].

Cálculo da carga na saída de 5 Vcc:

$$I = 0,4 + 0,025 = 0,425 \text{ A}$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{5}{0,425} = 11,76 \, \Omega$$

Cálculo da carga na saída de 12 Vcc:

$$I = 0,4 \text{ A}$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{12}{0,4} = 30 \, \Omega$$

O terceiro passo refere-se ao regulador de tensão, foi utilizado LM7805, do modelo TO-220M-1. Segundo Thiank Semicondutor (2006), os valores comerciais deste modelo são: LM7805, LM7806, LM7808, LM7809, LM78010, LM7812, LM7815, LM7818, LM7824. Os dois últimos dígitos correspondem a tensão de saída, ou seja, o LM7805 fornecerá uma tensão de saída de 5 Vcc e uma corrente máxima de 1 A. Segundo o mesmo autor, o regulador de tensão necessita ser alimentado por uma tensão com no mínimo 2 Vcc a mais do que a que é fornecida na saída. Para filtragem de ruídos, um capacitor de 330 nF deve ser utilizado na entrada do regulador e 100 nF na saída.

Neste projeto há duas saídas de alimentação, para calcular a tensão de pico no secundário do transformador deve ser levado em consideração a maior tensão de entrada dos reguladores, o LM7812 necessita de 14 Vcc. A queda de tensão produzida por um diodo retificador IN4007 é de 0,7 Vcc. Nesta topologia a condução de corrente em cada semiciclo utiliza 2 diodos, logo tem-se uma queda de tensão de 1,4 Vcc. Assim, a estimativa da tensão de pico no secundário do transformador é dado pelo somatório entre a tensão de entrada do regulador e a queda de tensão produzida pelos diodos. A Equação 2 detalha a estimativa da tensão de pico no secundário do transformador.

$$V_{2pico} = V_{reg} + V_d \quad (2)$$

$$V_{2picoD} = 14 + 1,4 = 15,4 \text{ Vcc}$$

Em que,

V_{2pico} : estimativa da tensão de pico no secundário do transformador [V]; V_{reg} : tensão min do regulador de tensão [V]; V_d : queda de tensão sobre os diodos pertencentes a um semiciclo [V].

Para a escolha do transformador (trafo), sua tensão de pico real deverá ser igual ou superior a estimativa da tensão de pico, calculada pela Equação 2. Para isso, a tensão de saída deverá ser multiplicada por raiz quadrada de dois e subtraída de 1,4 (queda de tensão nos diodos). Foi selecionado para este cálculo o trafo de 15 Vcc, pois esta tensão é superior a tensão mínima de funcionamento do LM7812. A Equação 3 irá calcular a tensão de pico real no secundário trafo.

$$V_{2picoT} = 15 * \sqrt{2} - 1,4 = 19,81 V \quad (3)$$

Em que,

V_{2picoT} : tensão de pico real no secundário do transformador [V];

O resultado obtido pela Equação 3 é superior ao obtido pela Equação 2. Além disso, este transformador irá alimentar duas fontes, uma fonte com saída de 1 A e outra fonte com saída de 2 A. Logo, o trafo escolhido deve ser o de 15 V / 3 A.

Dimensionar o capacitor de filtro, a potência da fonte é de 7,1 W. Na saída de 5 Vcc é conectada uma carga que consome 340 mA e na saída de 12 Vcc é conectada uma carga que consome 450 mA. Estima-se um rendimento de 80% para se calcular a potência de entrada, dada pela Equação 4.

$$n = \frac{P_{out}}{P_{in}}, \quad (4)$$
$$P_{in} = \frac{P_{out}}{n} = \frac{7,1}{0,8} = 8,875 W$$

Em que,

n : rendimento da fonte;

P_{out} : potência de saída da fonte [W];

P_{in} : potência de entrada da fonte [W].

A Equação 5 representa o cálculo para o dimensionamento do capacitor de filtro de entrada.

$$C = \frac{P_{in}}{F_{rede}(V_{2picoT}^2 - V_{reg}^2)} = \frac{8,875}{60(19,81^2 - 14^2)} = 753 \text{ uF } / 35 \text{ V} \quad (5)$$

Em que,

C : capacitância [F];

P_{out} : potência de saída da fonte [W];

P_{in} : potência de entrada da fonte [W];

V_{2picoT} : tensão de pico real no secundário do transformador [V];

V_{reg} : tensão min do regulador de tensão [V].

Devido à falta de disponibilidade, utilizou-se um capacitor cuja capacitância é de 2200uF. Esta mudança de componente acarretou em um tempo maior de carga e descarga do capacitor, não alterou o valor de tensão de saída.

A corrente média atuante na ponte retificadora é dada pela Equação 6.

$$I_{dmed} = \frac{I_0}{2} = \frac{1}{2} = 0,5 = 500 \text{ mA} \quad [6]$$

Em que,

I_{dmed} : corrente média nos diodos;

I_0 : corrente de saída;

Os diodos utilizados foram do tipo IN4007, que segundo Compchiptec (2021) suportam uma tensão de até 1000 V e uma corrente de até 1 A.

Adotou-se neste projeto capacitores eletrolíticos de 100 uF associados em paralelo com capacitores cerâmicos de 100 nF, a fim de minimizar os efeitos de ruídos. Na saída de alimentação da fonte adotou-se diodos para garantir a proteção da fonte contra corrente reversa.

Para a proteção do transformador foi utilizado um circuito composto por um fusível e um varistor. Este circuito age de tal maneira que, caso ocorra um aumento na tensão do primário do transformador e, seja superior a tensão suportada pelo

varistor, ele baixa o valor da sua resistência para caracterizar um curto circuito. Assim, o fusível irá romper, devido ao pico de corrente, para proteger o circuito.

Segundo Metaltex (2021), o fusível com invólucro de vidro, utilizado em circuitos eletrônicos, tem o tamanho de 5 mm x 20mm, possui corpo de vidro, terminais de latão niquelado e ação rápida, valores comerciais que variam entre 0,1 A a 30 A. A Equação 7 demonstra o cálculo utilizado para a escolha do fusível.

$$\begin{aligned}P_1 &= P_2 \\V_1 * I_1 &= V_2 * I_2 \\I_1 &= \frac{P_2}{V_2} = \frac{10}{220} = 0,04545 \text{ A}\end{aligned}\quad [7]$$

Em que,

P_1 : potência elétrica no primário do Trafo [W];

P_2 : potência elétrica no secundário do Trafo [W];

V_1 : tensão elétrica no no primário do Trafo [V];

V_2 : tensão elétrica no no primário do Trafo [V];

I_1 : corrente elétrica no no primário do Trafo [A];

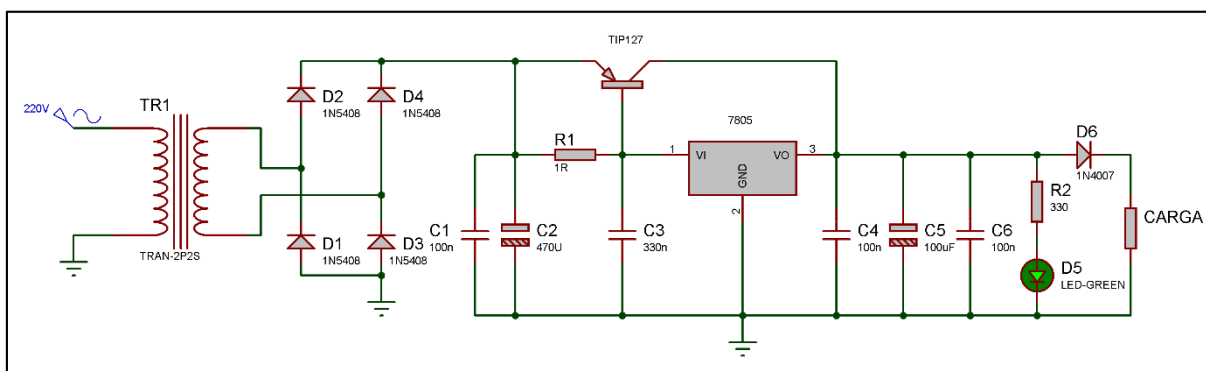
I_2 : corrente elétrica no no primário do Trafo [A];

Devido ao valor do fusível dimensionado não está inserido na tabela comercial, adota-se o fusível com valor mais aproximado, neste caso será o de 0,1 A.

O tipo do varistor a ser utilizado é o 14D271K, ele possui um diâmetro de 14 mm, suporta uma tensão de até 270 Vca, com tolerância de $\pm 10\%$ (SUNINATE, 2021).

Como já mencionado, foi projetado duas fontes de alimentação. A segunda fonte de alimentação, ilustrada pela Figura 18. Não há circuito de proteção no lado primário do trafo porque o mesmo é meramente ilustrativo nesta gravura, a fonte foi conectada ao secundário. Ela foi projetada à luz da primeira, porém houve uma modificação.

Figura 18: Fonte de alimentação secundária.

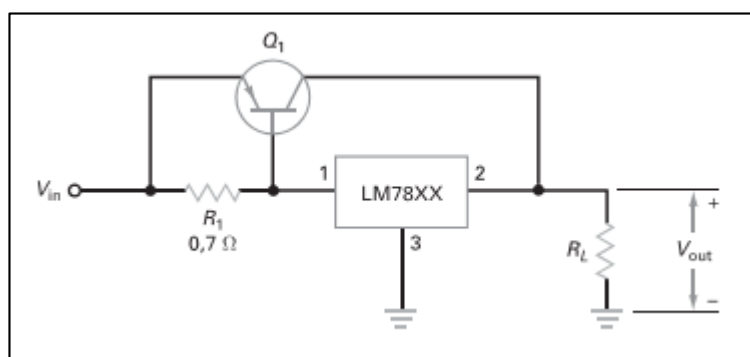


Fonte: Autoria Própria (2021).

Como se desejava uma fonte de alimentação com saída de 2 A e o regulador de tensão LM7805 suporta apenas a passagem de corrente de 1 A, fez-se o uso de um transistor de potência, o TIP 127, para drenar a corrente excedente a 1 A.

Segundo Malvino (2016), utiliza-se um resistor de baixa resistência ($0,7 \Omega$) porque o transistor de potência necessita de uma tensão de base menor do que o transistor de sinal. Assim, quando a corrente for menor do que 1 A o transistor permanece desligado e quando a corrente atingir 1 A o transistor passa a conduzir, alimentando a carga e, conseqüentemente protegendo o LM7805. A Figura 19 ilustra o circuito reforçador de corrente.

Figura 19: Circuito reforçador de corrente.



Fonte: Malvino (2016).

Há a possibilidade de se projetar a resistência de base do transistor de potência, como apresentada a Equação 8 (BRAGA, 2017).

$$R_1 = \frac{V_{BEQ1}}{I_{REG} - \frac{I_{Q1}}{\beta_{Q1}}} \quad [8]$$

Em que,

R_1 : resistência de base [Ω];

V_{BEQ1} : tensão base-emissor do transistor de potência [V];

I_{REG} : corrente de entrada no regulador de tensão [V];

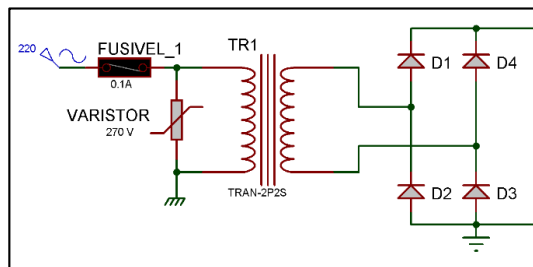
I_{Q1} : corrente de saída do transistor [A];

β_{Q1} : ganho do transistor.

3.2.1 Circuito retificador

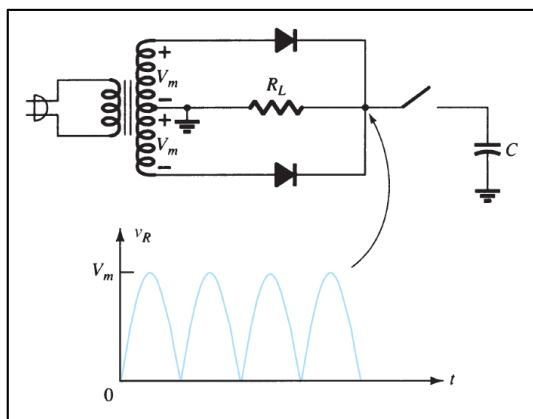
O circuito retificador é responsável por retificar a tensão alternada da rede de alimentação do imóvel, desta maneira, a tensão que antes tinha o comportamento de um sinal senoidal passa a ter um comportamento de um sinal retificado. A Figura 20 ilustra o circuito retificador em ponte de onda completa e a Figura 21 além de ilustrar o circuito retificador de onda completa com *center tape*, ilustra também o sinal da tensão de saída deste circuito.

Figura 20: Circuito retificador em ponte de onda completa.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 21: Circuito retificador de onda completa com *center tape*.



Fonte: Adaptado de Boylestad e Nashelsky (2013).

Para a montagem do circuito retificador da Figura 21 foram utilizados os seguintes materiais apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Materiais utilizados na fabricação do circuito retificador da fonte principal.

Transformador	220 V / 15 Vca – 3A
Fusível	0,1 A
Varistor	270 Vca
Diodo	IN4007

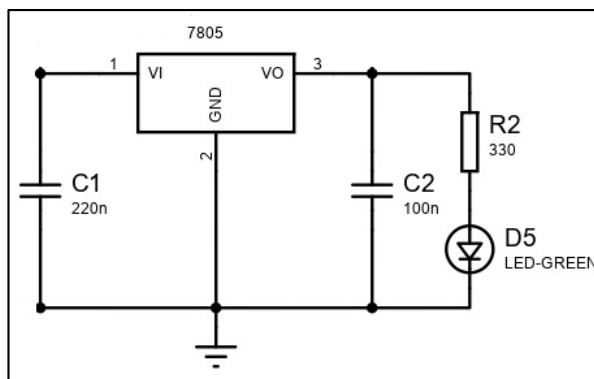
Fonte: Autoria Própria (2021).

Para a montagem do circuito retificador da Figura 18 foram utilizados os diodos IN5408.

3.2.2 Circuito de regulador de tensão

O circuito de regulador de tensão tem por característica principal fazer o controle da tensão de saída, fornecendo o valor de tensão para o qual foi projetado. Neste projeto foram utilizados os reguladores de tensão 7805 e 7812, que fornecem as tensões de 5 Vcc e 12 Vcc, respectivamente (THIANK SEMICONDUTOR, 2006).

Figura 22: Circuito regulador de tensão.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Para a montagem do circuito da Figura 22 foram utilizados os seguintes materiais apresentados na Tabela 6.

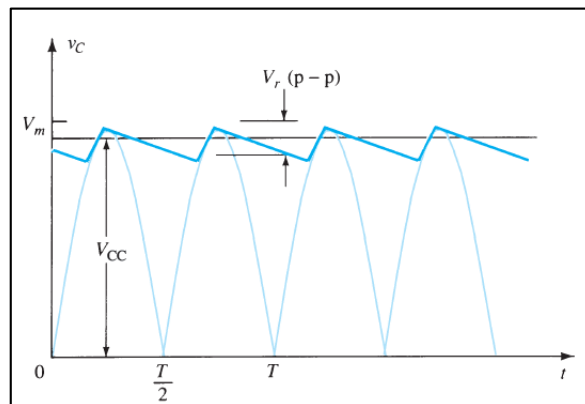
Tabela 6: Materiais utilizados na fabricação do circuito regulador de tensão.

LM7805	5 Vcc
Capacitor C1	220 nF
Capacitor C2	100 nF
Resistor R2	330 Ω
LED D5	LED verde

Fonte: Autoria Própria (2021).

Os capacitores C1 e C2 são utilizados para filtrar o sinal da tensão, minimizar o efeito ripple. A carga é representada pelo resistor R2 e pelo LED D5. A Figura 23 representa o sinal da tensão na carga.

Figura 23: Sinal da tensão na carga.

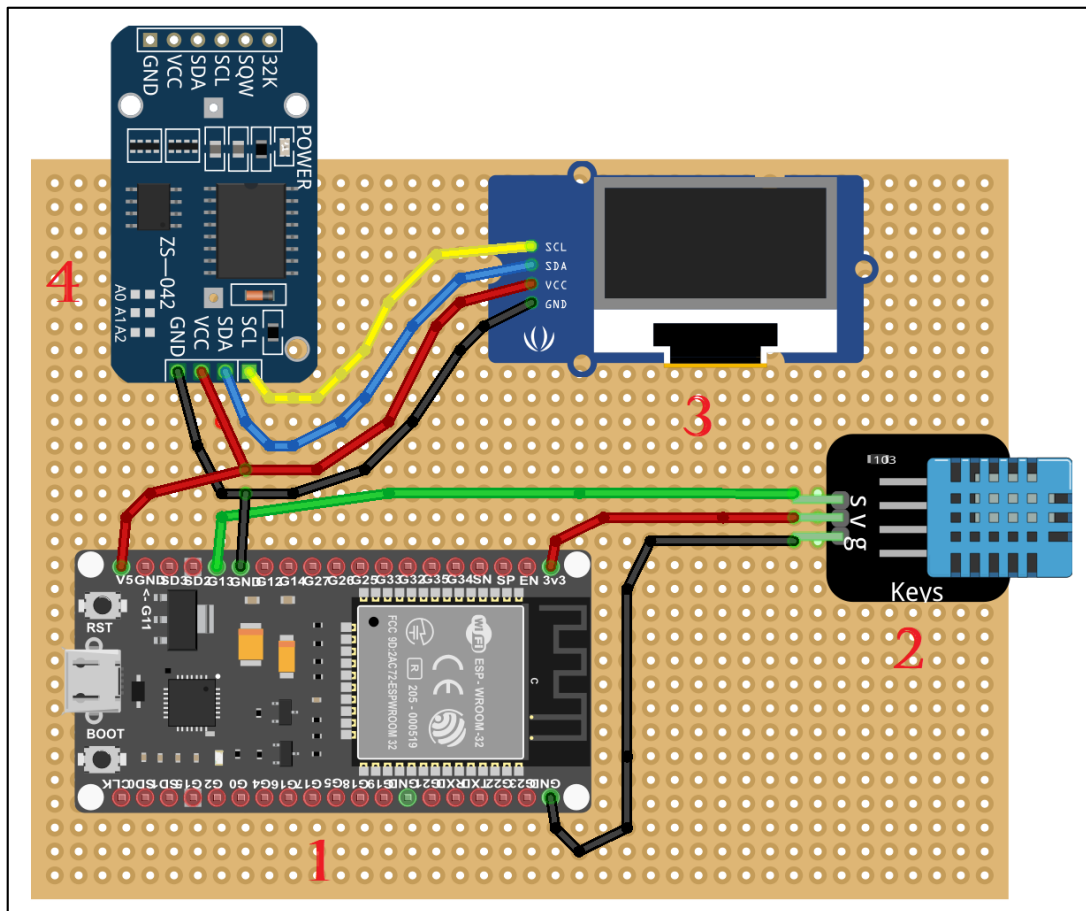


Fonte: Adaptado de Boylestad e Nashelsky (2013).

3.3 Projeto na *protoboard*

Utilizou-se o software *Fritzing* para a representação do circuito na *protoboard*. A Figura 24 ilustra os componentes principais e suas respectivas ligações de conexão ao dispositivo ESP32.

Figura 24: Simulação de montagem do software *Fritzing*.

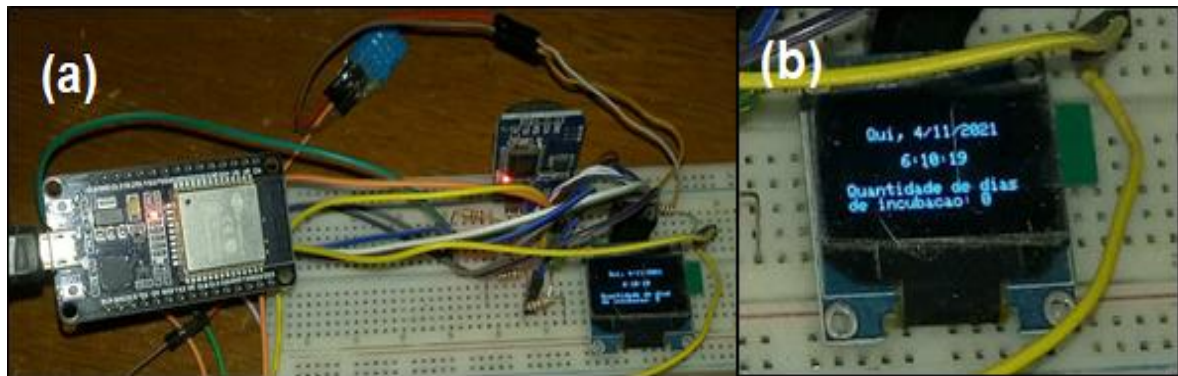


Fonte: Autoria Própria (2021).

O componente de número 1 é o ESP32, o componente de número 2 é o DHT11, o de número 3 é o display OLED e o de número 4 é o RTC. Não foi possível fazer a simulação deste circuito em outro software específico para simulação de circuitos eletrônicos. No entanto, mesmo sem prévias simulações, foi possível realizar testes na *protoboard*.

A Figura 25 (a) apresenta este circuito em pleno funcionamento e a Figura 25 (b) apresenta um zoom no *display oled*, em que são apresentados os dados referentes ao dia da semana; a data composta pelo dia, mês e ano. Essas informações são geradas e salvas pelo RTC. Além delas, há também a contagem dos dias de incubação, que inicia-se ao se pressionar um botão.

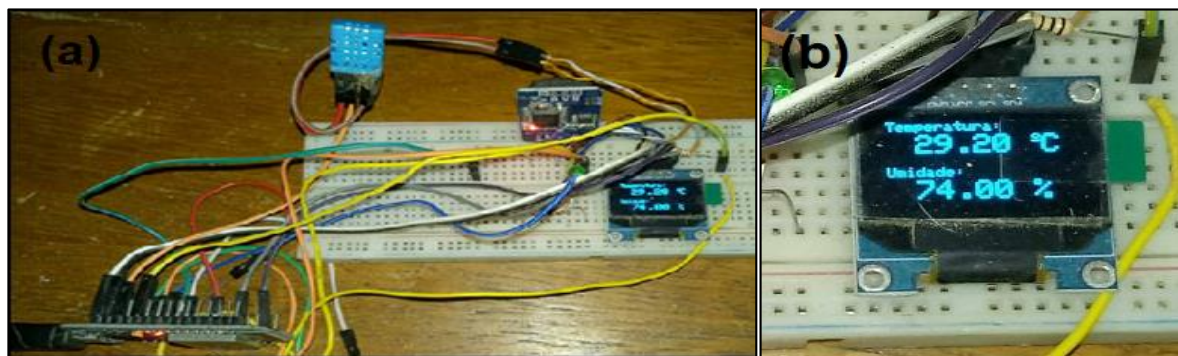
Figura 25: Testes na *protoboard* do RTC.



Fonte: Autoria Própria (2021).

A Figura 26 (a) apresenta o mesmo circuito que a Figura 26 (a), porém desta vez a informação apresentada no display oled é referente a temperatura e a umidade. Esses dados são colhidos pelo sensor DHT11. Figura 27 (b) apresenta um zoom no *display oled*.

Figura 26: Testes na *protoboard* de temperatura e umidade.



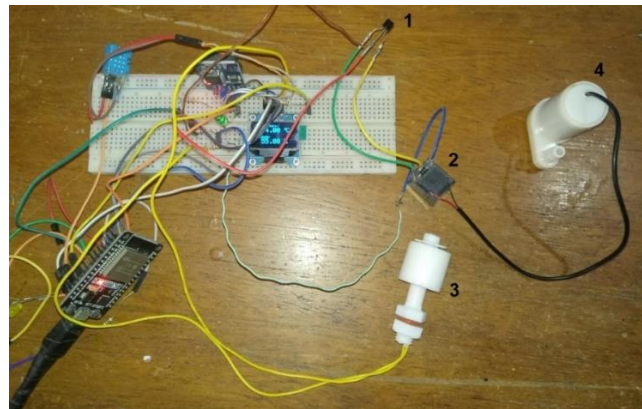
Fonte: Autoria Própria (2021).

Dentro da incubadora será posto um reservatório com água, mais precisamente na base, acima dele será instalada a bandeja de rolagem dos ovos. Este reservatório com água é utilizado para manter a umidade interna do ar, pois segundo Aldair, Rashid e Mokayef (2018), o controle da umidade é fator importante na taxa de eclosão dos ovos. A umidade do ar deve ser mantida entre 50% e 65%, se estiver abaixo desta faixa os pintos não conseguirão sair, pois ficam grudados na casca.

Está ilustrado na Figura 27 o teste com o sensor de nível de líquido do tipo boia e o mini motor bomba submersa. O sensor está representado pelo número 3 e, ao mover a sua boia o sensor é ativado e um sinal é enviado ao ESP32, na lógica do projeto, indica que o nível de água no reservatório está baixo. Neste momento, a lógica

de programação deverá acionar a mini bomba, então o ESP32 emite um sinal para o transistor BC547 (representado pelo número 1), cuja função é ampliar o sinal recebido e ativar o relé (representado pelo número 2). Assim, a mini bomba, representada pelo número 4, é ativada.

Figura 27: Testes com o sensor de nível de líquido e a mini bomba.

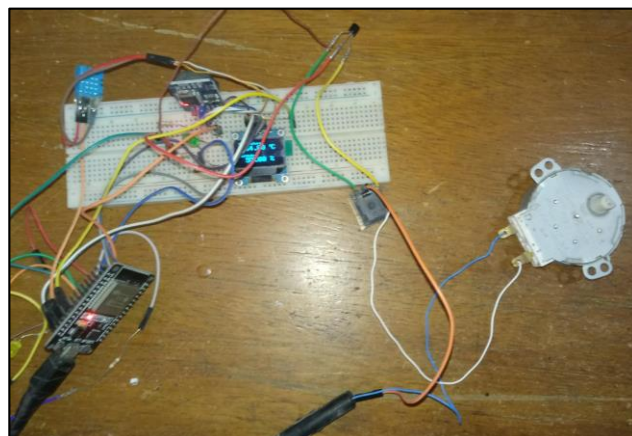


Fonte: Autoria Própria (2021).

Este movimento de rolagem será produzido por um motor de micro-ondas. Ele possui alto torque e baixa rotação, características essenciais para desempenhar esta função.

Assim como no acionamento da mini bomba, o ESP32 emite um sinal para o transistor BC547, que ativa o relé, e consequentemente ativa o motor de micro-ondas. Este sistema pode ser observado na Figura 28.

Figura 28: Testes com o motor de micro-ondas.

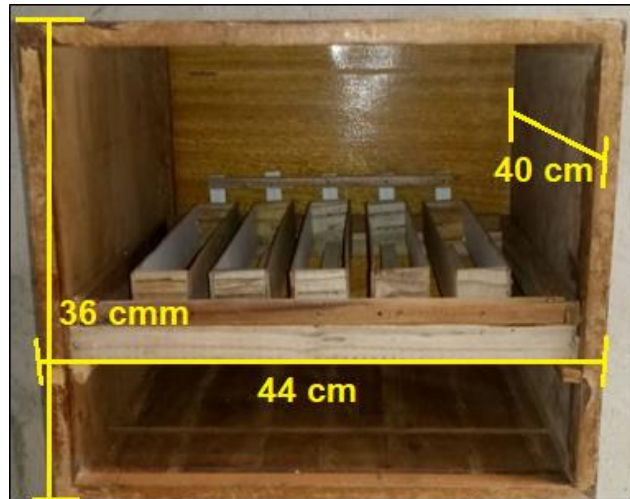


Fonte: Autoria Própria (2021).

3.4 Confeção da incubadora de ovos

A caixa da incubadora foi construída com sobras de madeira de uma mesa, suas dimensões são: altura de 36 cm, largura de 44 cm e profundidade com 40 cm. Essa estrutura é apresentada na Figura 30.

Figura 29: Vista frontal da incubadora de ovos.



Fonte: Autoria Própria (2021).

A estrutura apresentada na Figura 31 mostra um compartimento na parte posterior da caixa, destinado a acomodação dos circuitos e dispositivos eletrônicos. As dimensões desse compartimento são: altura de 36 cm, largura de 44 cm e profundidade de 9,5 cm. Projetou-se este compartimento para se obter uma melhor organização dos circuitos e produzir uma boa estética a chocadeira.

Figura 30: Vista do compartimento de acomodação dos circuitos.



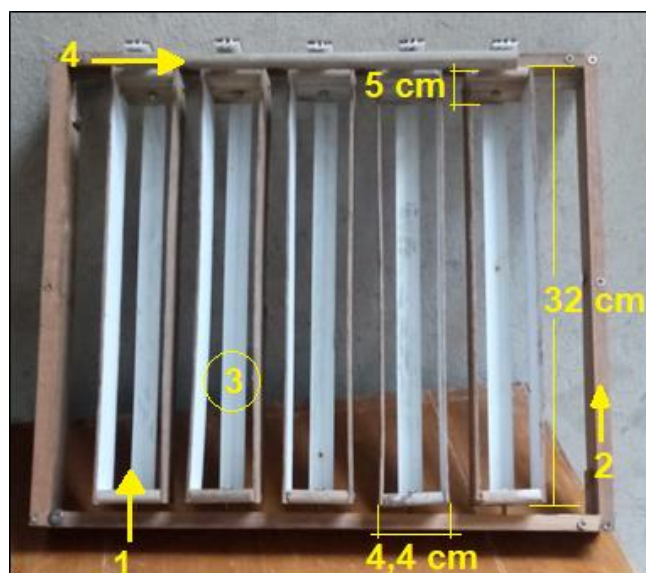
Fonte: Autoria Própria (2021).

Muito se pensou sobre a estrutura de rolagem dos ovos. Pois de acordo com Aldair, Rashid e Mokayef (2018), os ovos devem permanecer na posição vertical e, durante a rolagem devem ter uma inclinação de 45° para a esquerda e 45° para a direita, tomando a posição vertical como referência. Assim, projetou-se e construiu-se uma estrutura de madeira, utilizando pedaços reaproveitados, que obedecesse as condições descritas acima.

Fabricou-se mini caixotes, ilustrado pela Figura 32, locais destinados para acomodação dos ovos (1), e uma estrutura a qual os mini caixotes seriam fixados (2). Parafusou-se as extremidades dos mini caixotes a esta estrutura, de modo que pudessem fazer este movimento de 45° livremente. Assim, este conjunto compõe a bandeja de rolagem dos ovos.

Na parte inferior dos mini caixotes, a base de suporte os ovos, utilizou-se uma tábua fina (3), para que haja livre circulação de ar e de umidade por toda a superfície dos ovos.

Figura 31: Vista superior da bandeja de ovos.

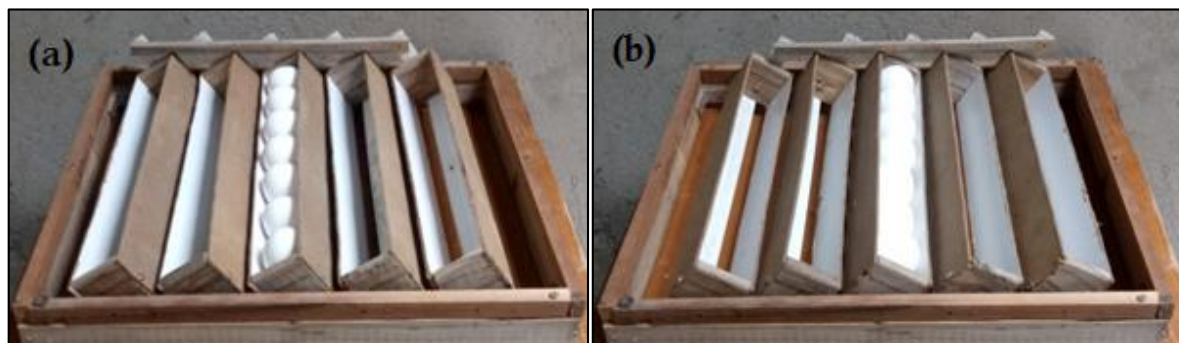


Fonte: Autoria Própria (2021).

A inclinação da bandeja deve ocorrer de maneira uniforme, ou seja, todos os espaços destinados a acomodação dos ovos devem se mover igualmente. Então, parafusou-se uma tábua, na posição vertical, em cada uma das estruturas e, parafusou-se uma outra tábua mais longa, na posição horizontal, unindo-se a todas as outras tábuas pequenas (4). Assim, quando há movimentação em uma estrutura,

todo o conjunto se move. A bandeja de rolagem tem capacidade para comportar 35 ovos. As Figuras 33 (a) e (b) ilustram a bandeja de ovos com inclinação de 45°.

Figura 32: Bandeja de ovos com inclinação de 45°. (a) Inclinação para a esquerda. (b) Inclinação para a direita.



Fonte: Autoria Própria (2021).

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados todos os resultados com suas devidas discussões. Inicialmente, são mostrados os circuitos eletrônicos das fontes de alimentação, ESP32 e transformador. Em seguida, a incubadora de ovos finalizada, dotada de sensores e atuadores. Por fim, são apresentadas as análises dos dados controlados.

4.1 Circuitos eletrônicos

Para projetos onde são elaborados diversos testes, acredita-se ser interessante a confecção de circuitos eletrônicos, pois facilita o manuseio e manutenção dos componentes, uma vez que estarão reunidos em uma só placa.

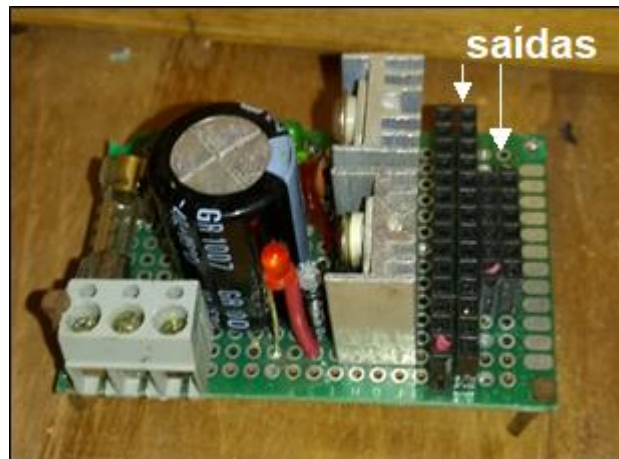
Conforme descrito na metodologia, foram projetadas e confeccionadas duas fontes de alimentação para este protótipo. A Figura 33 ilustra a fonte de alimentação principal e a Figura 34 ilustra a fonte de alimentação secundária.

Não se confeccionou a placa de circuito impresso por acreditar que seria mais rápida a montagem dos circuitos em placas perfuradas.

Os sensores e a mini bomba foram alimentados com uma tensão 5 V, já o cooler com 12 V, por isso foi confeccionada uma fonte com duas saídas de tensão. Devido o

autor já possuir alguns componentes eletrônicos, o orçamento do projeto de uma única fonte de tensão demonstrou ser mais caro do que a elaboração de duas fontes.

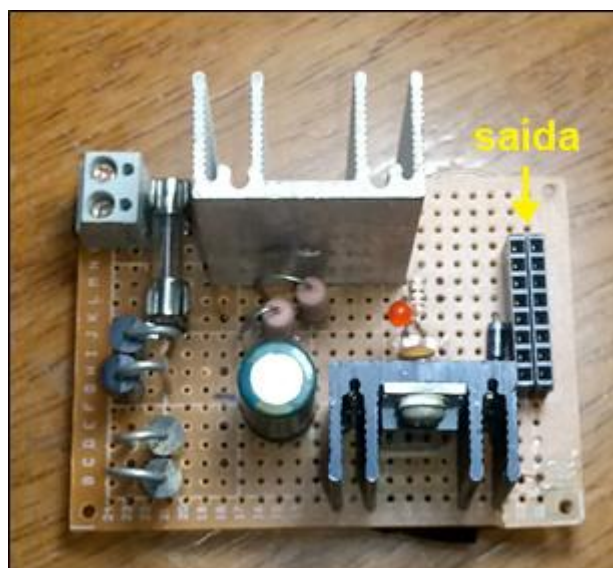
Figura 33: Fonte de alimentação principal.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Esta fonte conta com pinos de conexão do tipo fêmea na saída, desta forma conseguiu-se rapidez no processo de montagem. Há duas barras de pinos mais extensa, ela representa a saída de 5 V, a barra mais curta é a saída de 12 V. Há um pontinho vermelho inserido em uma barra de cada par, ele representa o sinal positivo. Devido não haver um fusível com valor de mercado mais aproximado ao calculado para o lado primário do transformador, adotou-se um fusível de 1 A, à critério do projetista, na entrada da fonte, a fim de trazer mais segurança a fonte.

Figura 34: Fonte de alimentação secundária.

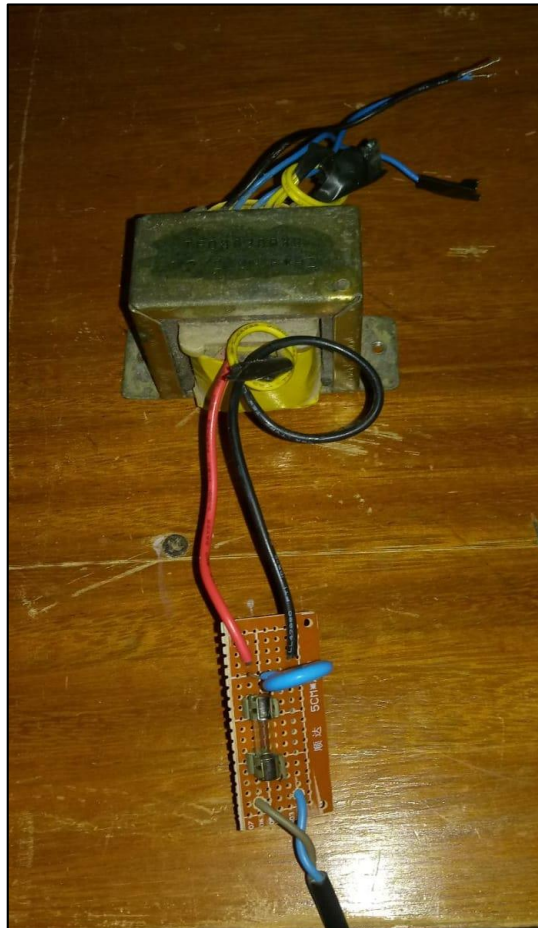


Fonte: Autoria Própria (2021).

Na Figura 34, adotou-se um fusível e pinos de conexão do tipo fêmea pelo mesmo motivo descrito anteriormente.

A Figura 35 ilustra o circuito de proteção utilizado no lado primário do transformador, este circuito é composto por um varistor e um fusível.

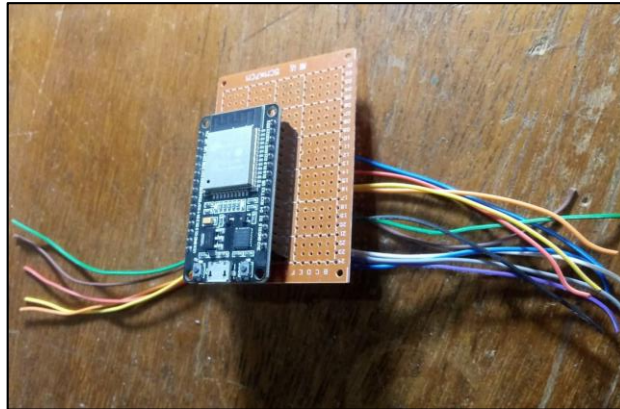
Figura 35: Proteção do transformador.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Pinos de conexão do tipo fêmea foram utilizados para fixar o ESP32 na placa de circuito perfurada. Desta maneira, se for preciso utilizar o microcontrolador em outro projeto é possível retirá-lo da placa sem dificuldades e possibilidade de danos. Está ilustrado pela Figura 36.

Figura 36: ESP32.



Fonte: Autoria Própria (2021).

4.2 Incubadora equipada com sensores e atuadores

A Figura 37 representa a vista frontal da incubadora ovos. Percebe-se que há um display OLED e um botão, que quando pressionado pelo período de 5 segundos é dado início ao processo de incubação. Projetou-se esse período pois levou-se em consideração a situação hipotética dele ser pressionado acidentalmente e interferir no processo, ocasionando a perda da chocagem.

Figura 37: Vista frontal da incubadora.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Ilustrada pela Figura 38, esta é a vista frontal quando se retira a bandeja de rolagem dos ovos. Pode-se observar o sensor DHT11, o motor de micro-ondas, o reservatório de água e o sensor de nível de líquidos.

Figura 38: Vista frontal sem a bandeja de rolagem de ovos.



Fonte: Autoria Própria (2021).

A Figura 39 é um zoom da Figura 38.

Figura 39: Sensor boia, DHT11 e reservatório de água.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Como já descrito no corpo do texto, este projeto utiliza lâmpadas incandescentes ao invés de resistência elétrica. A Figura 40 ilustra os atuadores conectados ao teto da incubadora.

Figura 40: Vista interna superior.



Fonte: Autoria Própria (2021).

O espaço destinado para a acomodação dos circuitos eletrônicos pode ser visualizado na Figura 41. Como pode ser observado à esquerda, há uma garrafa plástica, ela tem capacidade de armazenamento de 1 L. Assim, o usuário irá enchê-la de água, juntamente com o reservatório que se encontra no interior da chocadeira. Quando o nível de água do reservatório interno baixar, será captado pelo sensor boia, em seguida o mini motor bomba será ativado e fará a transferência da água da garrafa plástica para o reservatório interno, este processo permanecerá automático. Conclui-se que neste processo haverá menos interferência humana ligada diretamente ao processo interno de chocagem, uma vez que a porta da incubadora não será aberta e não haverá troca de calor com o ambiente externo.

Os demais circuitos foram dispostos da seguinte maneira: ao centro tem-se duas placas com relés (1), logo abaixo tem-se a fonte principal e a fonte secundária (2), ao lado o transformador (3) e na parte superior do lado direito tem-se o ESP32 (4).

Figura 41: Acomodação dos circuitos.



Fonte: Autoria Própria (2021).

5 CONCLUSÃO

O surgimento de tecnologia voltada ao monitoramento e controle das máquinas torna-se cada vez mais presente no dia-a-dia das pessoas. Constantemente são criados dispositivos e aplicativos com tal finalidade.

A fonte de alimentação primária foi testada com diversas cargas e atendeu aos requisitos do projeto, uma vez que trabalhando em sua potência nominal conseguiu fornecer a potência a qual foi projetada.

De maneira análoga, repetiu-se os testes na fonte secundária, que também atendeu aos requisitos projetados.

Os sensores e atuadores foram testados separadamente, após a montagem. Foi obtido um ótimo desempenho deles, uma vez que responderam positivamente aos testes.

Portanto, o presente trabalho cumpriu com o objetivo de desenvolver um protótipo dotado de sensores e atuadores que atuasse na incubação de ovos. Uma vez que se projetou, construiu e se fez os testes necessários de funcionamento.

Como sugestão para trabalhos futuros, tem-se:

- A criação de uma página web para o monitoramento em tempo real da incubação, desenvolvimento de aplicativo com a mesma finalidade.
- Além de monitorar, o usuário poderia ter acesso a controladores para agir em casos urgentes, tais como: a temperatura está acima do estimado e nenhum dispositivo atuou, então o usuário recebe um sinal via aplicativo e remotamente ele aciona um relé, por exemplo.

6 BIBLIOGRAFIA

ADAFRUIT INDUSTRIES (New York). **DHT11, DHT22 and AM2302 Sensors**. 2020. Disponível em: <https://br.mouser.com/datasheet/2/737/dht-932870.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.

ALDAIR, Ammar A.; RASHID, Abdulmuttalib T.; MOKAYEF, Mastaneh. **Design and Implementation of Intelligent Control System for Egg Incubator Based on IoT Technology**. 2018 4Th International Conference On Electrical, Electronics And System Engineering (Iceese), [S.L.], v. 1, n. 1, p. 49-54, nov. 2018. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/iceese.2018.8703539>.

ARDUINO. 2015. Disponível em: [https:// arduino.cc](https://arduino.cc). Acesso em: 14 jul. 2021.

ARDUINO E CIA. **Ligando um Sensor de Nível de Líquidos ao Arduino**. 2014. Disponível em: <https://www.arduinoecia.com.br/arduino-sensor-de-nivel-de-liquidos/>. Acesso em: 11 set. 2021.

BEATRIZ, Giulia. Tecmundo. **Tecnologia OLED: saiba como funciona**. 2021. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/produto/210473-tecnologia-oled-saiba-funciona.htm>. Acesso em: 30 set. 2021.

BLOG AGEON ELECTRONIC CONTROLS. **Chocadeira com lâmpada ou resistência: qual a melhor opção?** 2021. Disponível em: <https://blog.ageon.com.br/lampada-ou-resistencia-chocadeira/>. Acesso em: 27 set. 2021.

BLOG DA CURTO (Guarulhos). **Conhecendo o ESP32**. 2018. Disponível em: <https://www.curtocircuito.com.br/blog/Categoria%20IoT/conhecendo-esp32>. Acesso em: 05 set. 2021.

BOYLESTAD, Robert L. NASHELSKY, Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**, 11a ed, Prentice-Hall do Brasil, 2013.

BRAGA, Newton C.. **Relés - Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Instituto Newton C. Braga, 2012. 20 p. Disponível em: https://www.newtoncbraga.com.br/arquivos/reles_previa.pdf. Acesso em: 25 set. 2021.

BRAGA, Newton C. **Banco de Circuitos - volume 36**: 100 Circuitos de Fontes - IV. São Paulo: Institute NCB, 2017. 71 p. 36 v.

BRASIL. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Estatísticas | Mundo | Frangos de corte**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/frangos/mundo>. Acesso em: 07 ago. 2021.

CACPNRJ. ESP32 **Real Time Clock usando Módulo DS3231**. 2021. Disponível em: <https://capsistema.com.br/index.php/2021/02/24/esp32-real-time-clock-usando-modulo-ds3231/>. Acesso em: 29 set. 2021.

CACPNRJ. **Interface DHT11 DHT22 com ESP32 e valores de exibição usando servidor Web**. 2020. Disponível em: <https://capsistema.com.br/index.php/2020/12/03/interface-dht11-dht22-com-esp32-e-valores-de-exibicao-usando-servidor-web/>. Acesso em: 05 set. 2021.

CASTRUCCI, Plínio Benedicto de Lauro; BITTAR, Anselmo; SALES, Roberto Moura. **Controle Automático**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2018. 592 p.

CHOC MAIS INDUSTRIA (Santa Catarina). **Choca mais top**. Manual de instruções. Disponível em: https://www.chocamaistop.com.br/wp-content/uploads/2021/06/chocamaistop_manual.pdf. Acesso em: 06 out. 2021.

COMPCHIPTEC. **1N4001 thru 1N4007**. 2021. Datasheet. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/82151/COMCHIP/1N4007.html>. Acesso em: 06 out. 2021.

COSTA JUNIOR, Ilaim; CATTANI, João Paulo. **Sistema Embarcado Fuzzy Para Controle E Monitoramento**. Anais do 8. Congresso Brasileiro de Redes Neurais,

[S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-6, 14 abr. 2016. SBRN. <http://dx.doi.org/10.21528/cbrn2007-052>. Disponível em: https://sbic.org.br/eventos/cbrn_2007/50100052-2/. Acesso em: 06 out. 2021.

ENEREY (Curitiba). **Tipos e aplicações de sensores na indústria**. 2017. Disponível em: <http://www.enerrey.com.br/blog/tipos-e-aplicacoes-de-sensores-na-industria>. Acesso em: 15 abr. 2021.

FOSHAN SHUNDE HENGXING MICRO MOTOR. **TYJ50 Series**. Disponível em: <http://www.heng-xin.com/index/en/product-30-97.aspx>. Acesso em: 20 set. 2021.

SARAVATI (São Paulo). **Mini Bomba de Água Submersível Vertical**. Disponível em: <https://www.saravati.com.br/mini-bomba-de-agua-submersivel-vertical>. Acesso em: 22 set. 2021.

MALVINO, Albert. BATES, David J. **Eletrônica**. 8. ed. Porto Alegre: Amgh Editora Ltda., 2016. 624 p.

SYSTEMS, E. ESP32 Series datasheet. 2021.

MAXIM INTEGRATED PRODUCTS. **DS3231**. 2015. Disponível em: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>. Acesso em: 29 set. 2021.

METALTEX. **Fusíveis de vidro (ação rápida) / Glass body fuse (fast action)**. Disponível em: https://www.eletopecas.com/_uploads/ProdutoDownload/produto_775.pdf. Acesso em: 04 out. 2021.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 800 p.

PERLIN, Rodrigo et al. **Pequenos Produtores na Era da Internet das Coisas: Um Sistema para Automação e Controle de uma Chocadeira de Baixo Custo**. Revista de Informática Aplicada, São Caetano do Sul, v. 1, n. 1, p. 1-11, 15 jun. 2020. Semestral. Disponível em:

https://seer.uscs.edu.br/index.php/revista_informatica_aplicada/issue/view/304.
Acesso em: 03 out. 2021.

RAY, P. **A survey on internet of things architectures**. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, v. 30, n. 3, p. 291 – 319, 2018. ISSN 1319-1578.

SYSTEMS, E. **ESP32 Series datasheet**. 2021.

SUNINATE. **METAL OXIDE VARISTORS**. 2021. Datasheet. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1096444/SUNMATE/14D271K.html>.
Acesso em: 05 out. 2021.

THIANK SEMICONDUCTOR. **LM78XX**. 2006. Datasheet. Disponível em: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/766812/ThinkiSemiconductor/LM7805/1>. Acesso em: 05 out. 2021.

THOMAZINI, Daniel. ALBUQUERQUE, Pedro U. B. **Sensores Industriais – Fundamentos e Aplicações**. 4ª ed. São Paulo: Érica, 2005.

THOMSEN, Adilson. **Monitorando Temperatura e Umidade com o sensor DHT11**. 2013. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/monitorando-temperatura-e-umidade-com-o-sensor-dht11/>. Acesso em: 09 set. 2021.