



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

MARCOS DE SOUZA FIRMINO

WILLIAN DA ROCHA FIRMINO MATEUS

**THYMOS PET – DOSADOR ALIMENTAR AUTOMÁTICO PARA ANIMAIS
DOMÉSTICOS**

Tubarão

2020

MARCOS DE SOUZA FIRMINO
WILLIAN DA ROCHA FIRMINO MATEUS

THYMOS PET – DOSADOR ALIMENTAR AUTOMÁTICO PARA ANIMAIS
DOMÉSTICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Jorge Alberto Lewis Esswein Junior, Me.Eng.

Tubarão

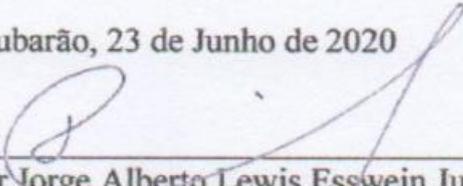
2020

MARCOS DE SOUZA FIRMINO
WILLIAN DA ROCHA FIRMINO MATEUS

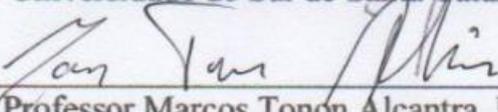
THYMOS PET – DOSADOR ALIMENTAR AUTOMÁTICO PARA ANIMAIS
DOMÉSTICOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina.

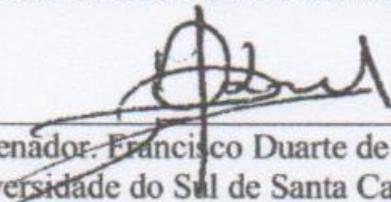
Tubarão, 23 de Junho de 2020



Professor e orientador Jorge Alberto Lewis Esswein Junior, Me. Eng.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Professor Marcos Tonon Alcantra, Esp.



Professor e coordenador Francisco Duarte de Oliveira, Me. Eng.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedicamos este trabalho de conclusão de curso as nossas famílias, pelo apoio incondicional durante esta trajetória, e a todos que contribuíram nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Deus por estar presente em todos os momentos de nossas vidas;

As nossas famílias pela contribuição e apoio durante toda a trajetória;

Aos orientadores Marcos Tonon e Jorge Alberto Lewis Esswein Junior, pelo comprometimento e compartilhamento do conhecimento em todos os momentos;

À Professora Adriana Zanini pela orientação, apoio e disposição ao longo do projeto;

Ao coordenador do curso, Francisco Duarte de Oliveira, que sempre se prontificou em ajudar os acadêmicos do curso, por sua competência e exemplo profissional;

Aos professores do curso de engenharia elétrica da UNISUL, pelo incentivo e ensinamentos passados durante todo o tempo de aprendizado.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.” (Charles Chaplin).

RESUMO

Este trabalho consiste na confecção de um dosador alimentar para animais de pequeno a médio porte, projetado para uso doméstico. O projeto utiliza o microcontrolador ESP8266 NodeMCU como central de controle e linguagem C/C++ para a programação. O aplicativo *Blynk* é o responsável por controlar o alimentador à distância, permitindo ao usuário alimentar o seu animal de estimação mesmo estando longe. Por meio do aplicativo, de interface simples, é possível ativar o alimentador conforme os horários pré-programados pelo usuário ou ativá-lo de modo síncrono. O protótipo possui um reservatório de ração sólida e seu comedouro e um reservatório de água e seu bebedouro. Como fonte de alimentação, é utilizado um sistema híbrido, com bateria e energia solar, eliminando o uso da rede elétrica da distribuidora de energia, e corroborando com o meio ambiente. A criação do protótipo teve como objetivo facilitar o dia a dia das pessoas que possuem um animal de estimação e, nem sempre, dispõem de tempo hábil para tratá-los adequadamente.

Palavras-chave: Automação. Alimentador automático, ESP8266 NodeMCU, *Blynk*.

ABSTRACT

The present study consists of a development of a feeder for small to medium sized pets, designed for domestic use. The project takes the ESP8266 NodeMCU microcontroller as a control center and C / C ++ language for programming. The Blynk app is responsible for remote controlling the feeder, allowing the user to feed their pet even when they are away. Through the application, with a simple interface, it is possible to activate the feeder according to pre-programmed schedule by the user or to activate it synchronously. The prototype has a solid feed reservoir and its feeder and a water reservoir and its drinking fountain. As a power source, a solar photovoltaic plate is used, eliminating the use of grid electrical energy and corroborating with the environment. The creation of the prototype aimed to facilitate the daily lives of people who own a pet and, not always, have enough time to treat them properly.

Keywords: Automation. Automatic feeder, ESP8266 NodeMCU, Blynk

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Alimentador Automático para Cães e Gatos Stilo Plast	22
Figura 2 - Alimentador Automático Programável Premium Chalesco	22
Figura 3 - Alimentador Eletrônico Hoison Babá Robô para Pet	23
Figura 4 - Controle de malha aberta	24
Figura 5 - Controle de malha fechada	25
Figura 6 - Arduino Uno	26
Figura 7 - IDE arduino	27
Figura 8 - Módulo ESP8266	28
Figura 9 - RTC -Relógio de tempo real	31
Figura 10 - <i>Layout</i> de comunicação <i>Blynk</i>	32
Figura 11 - Aplicativo <i>Blynk</i>	34
Figura 12 - Ilustração das formas de energia em um sensor	36
Figura 13 - Ilustração da variação de uma grandeza física de um sensor analógico	37
Figura 14 - Ilustração da leitura da posição de um objeto por um <i>encoder</i> incremental	38
Figura 15 - Princípio de funcionamento sensor óptico	38
Figura 16 - Funcionamento do Motor de Corrente Contínua	40
Figura 17 - Simbologia de <i>Relé</i>	41
Figura 18 - Painel Fotovoltaico	43
Figura 19 - Sistema isolado com carga CC sem armazenamento	44
Figura 20 - Sistema isolado com armazenamento e cargas CC	45
Figura 21 - Bateria de chumbo ácido	47
Figura 22 - Componentes básicos de uma bateria chumbo-ácido	48
Figura 23 - Processo de descarga da bateria de Lítio-Íon	49
Figura 24 - Processo de carga da bateria de Lítio-Íon	49
Figura 25 - Bateria com especificação de Tensão e Capacidade de carga	50
Figura 26 - Recipiente e estrutura do protótipo	52
Figura 27 - Canos PVC com acoplagem	53
Figura 28 - Rosca Helicoidal para cano de 75 mm	53
Figura 29 - Projeto do funil utilizado no protótipo	56
Figura 30 - Funil de alumínio acoplado ao protótipo	57

Figura 31 - Bebedouro Automático para cães e gatos com acoplador para garrafa PET.	59
Figura 32 - Especificações do motor.	61
Figura 33 - Esquema elétrico do protótipo – Parte 1.	63
Figura 34 - Esquema elétrico do protótipo – Parte 2.	64
Figura 35 - Sequência de instalação dos componentes.....	65
Figura 36 - Exemplo prático de barramento I2C.....	66
Figura 37 - Base de expansão NodeMCU V3.....	67
Figura 38 - Módulo <i>relé</i> de quatro canais.	69
Figura 39 - Sensor Infravermelho Reflexivo E18-d80nk.....	70
Figura 40 - Suporte do sensor Infravermelho Reflexivo E18-d80nk.....	70
Figura 41 - Consulta ao <i>site</i> CRESESB - latitude e longitude.	72
Figura 42 - Irradiação solar considerando o método do mês crítico.....	76
Figura 43 - Especificações placa solar.....	77
Figura 44 - Controlador de carga.....	79
Figura 45- Escolha da placa NodeMCU na IDE.....	80
Figura 46 - Inclusão da biblioteca Blynk na IDE.....	81
Figura 47 - Aplicativo <i>Blynk</i> na <i>Playstore</i>	82
Figura 48 - Tela inicial de configuração do protótipo.	83
Figura 49 - Aba para atualização de horário.....	84
Figura 50 - Acionamento manual do protótipo.....	85
Figura 51 - Aba habilita notificações.....	86
Figura 52 - Reservatório de água.....	87
Figura 53 - Configurando o protótipo na rede <i>wi-fi</i>	88
Figura 54 – Acesso ao aplicativo para funcionamento do Protótipo.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações do ESP8266.....	30
Tabela 2 - Valores usados no cálculo de capacidade do transportador.....	54
Tabela 3 - Conversão de valores.....	54
Tabela 4 - Limites de especificações de umidade, atividade de água e densidade dos produtos extrusados da empresa destinado a <i>pet</i>	55
Tabela 5 - Valores usados no cálculo para achar a quantidade de ração despejada em uma volta.....	55
Tabela 6 - Valores para cálculo de armazenamento do protótipo.	58
Tabela 7 - Valores para cálculo de potência requerida pelo transportador.	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fator de potência em função do material.....	60
Quadro 2 - Descrição detalhada da base de expansão NodeMCU V3.....	68
Quadro 3 - Cálculo de consumo diário de energia	73

LISTA DE ABREVIATURAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IHM	Interface Homem Máquina
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> - Modulação de Largura de Pulso
MPPT	Maximum Power Point Tracking - Ponto Rastreador De Potência Máxima
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> - Ambiente de desenvolvimento integrado
RTC	<i>Real Time Clock</i> – Relógio em tempo Real
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
IOT	Internet das Coisas
CC	Corrente contínua
CA	Corrente alternada
PVC	Policloreto de vinila
ABS	Acrilonitrila butadieno estireno
EAGLE	Software de automação de projetos eletrônicos
SDA	Serial Data – dados seriais
SCL	Serial Clock
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
USB	Universal serial <i>bus</i>
VAC	Tensão em corrente alternada
VCC	Tensão em corrente contínua
VDC	Tensão em corrente contínua
NA	Contato normalmente Aberto
NF	Contato normalmente fechado
CRESESB	Centro de Referencia para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S Brito
HSP	Horas de sol pleno

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	15
1.3	OBJETIVOS	16
1.3.1	Objetivo Geral	16
1.3.2	Objetivos Específicos	16
1.4	DELIMITAÇÕES	17
1.5	METODOLOGIA	17
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2	NUTRIÇÃO DOS <i>PETS</i>	19
3	DOSADOR ALIMENTAR PARA <i>PETS</i>: UM BREVE HISTÓRICO	21
3.1	TIPOS DE DOSADORES AUTOMATICOS NO MERCADO ATUAL	21
4	CONTROLADORES	24
4.1	MALHA ABERTA	24
4.2	MALHA FECHADA	24
4.3	MICROCONTROLADOR	25
4.3.1	Arduino	26
4.3.1.1	IDE de compilação	27
4.3.2	Microcontrolador ESP8266 NodeMCU	27
4.3.2.1	Fabricante	29
4.3.2.2	Características gerais	29
4.3.3	<i>Real Time Clock</i> (Relógio de tempo real)	31
5	<i>BLYNK</i>	32
5.1	<i>BLYNK SERVER</i>	33
5.2	APLICATIVO <i>BLYNK</i>	33
5.3	BIBLIOTECA <i>BLYNK</i>	34
5.4	PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO	34
6	SENSORES	36
6.1	TIPOS DE SENSORES	36
6.1.1	Analógicos	37

6.1.2 Digitais	37
6.2 SENSOR ÓPTICO	38
7 ATUADORES	40
7.1 MOTORES CC.....	40
7.2 RELÉ	41
8 FONTES DE ALIMENTAÇÃO	42
8.1 ENERGIA SOLAR.....	42
8.1.1 Pannel fotovoltaico	43
8.1.1.1 Cargas CC sem armazenamento.....	44
8.1.1.2 Cargas CC com armazenamento	45
8.1.2 Controladores de carga	45
8.2 BATERIAS	46
9 DESENVOLVIMENTO ESTRUTURAL	51
9.1 DESENVOLVIMENTO MECÂNICO.....	51
9.1.1 Dosagem do sistema	52
9.1.2 Depósito do protótipo	56
9.1.3 Especificação do motor	59
9.2 DESENVOLVIMENTO DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE	62
9.2.1 Projeto eletrônico	62
9.2.2 Interligação entre dispositivos eletrônicos	64
9.2.3 Módulo ESP8266	66
9.2.4 Relé optoacoplador e sensor infravermelho reflexivo E18-d80nk	68
9.2.5 Sistema de fornecimento de energia ao protótipo	71
9.2.5.1 Levantamento da demanda e do consumo de energia elétrica.....	72
9.2.5.2 Dimensionamento do sistema de armazenamento (baterias).....	73
9.2.5.3 Dimensionamento do gerador fotovoltaico.....	75
9.2.5.4 Dimensionamento do controlador de carga	77
9.3 PROGRAMAÇÃO DO <i>SOFTWARE</i>	80
9.4 APLICATIVO USADO NO PROTÓTIPO	81
9.5 <i>LAYOUT</i> E CONFIGURAÇÃO FINAL DO PROTÓTIPO	86
10 CONCLUSÃO	89
REFERÊNCIAS	90

1 INTRODUÇÃO

Na sociedade atual, a importância e o apreço conferido aos animais de estimação é, sem dúvida, cada vez mais expressiva. Entretanto, a relação entre humanos e animais nem sempre foi assim, conforme afirmam Pastori e Matos (2015). Segundo as autoras, os animais de estimação, no sentido estrito da palavra – ligado à estima, ao cuidado e ao apreço -, nem sempre tiveram tanto valor afetivo quanto atualmente. Os animais, nesse sentido, constituíam-se como companheiros de jornada de valor utilitário, especialmente no que concernia a sua força de trabalho.

Atualmente, os animais domésticos atingiram um novo estatuto cultural: estão cada vez mais “antropomorfizados”, já são considerados membro da família e tratados, em alguns casos, como crianças, servindo como companhia e terapia (PASTORI e MATOS, 2015). Conforme afirmam as autoras, ter um *pet* em casa é ter a garantia de um afeto transbordante, que remete o ser humano a um lugar existencial mais seguro.

Entretanto, a rotina das famílias na sociedade contemporânea, em que as pessoas estão cada vez mais atribuladas e, não raramente, necessitam passar muito tempo ausentes de seus lares, tem feito com que se busquem soluções e inovações para o conforto e bem estar dos animais de estimação.

Os investimentos em tecnologia da automação voltados para o mercado *pet* vem crescendo exponencialmente no Brasil e no mundo. São produtos em que a tecnologia está cada vez mais presente, facilitando o dia a dia e sendo uma opção para quem tem ou deseja ter um animal de estimação, mas não tem disponibilidade de tempo para acompanhar as necessidades dos seus *pets*.

O uso de sistemas automatizados para fins residenciais tem um enorme campo de atuação, que vai desde a implementação de sensores para detectar fumaça, movimento ou pressão, até o acionamento automático de lâmpadas, portões eletrônicos, entre outros, segundo Marchesan (2012). Com a crescente demanda desses sistemas para a otimização do tempo, a necessidade em reduzir a quantidade de tempo com atividades simples do cotidiano faz com que a automação esteja cada vez mais presente no ambiente residencial, inclusive relacionado ao tratamento e cuidado das pessoas com os seus *pets*.

Nesse contexto, utilizar um alimentador para animais de pequeno porte com sistema automatizado acarretará na melhoria da qualidade de vida dos animais domésticos e na otimização do tempo de seus donos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Atualmente, grande parte da população brasileira tem ou deseja ter um animal de estimação, geralmente, com o intuito de diminuir a sensação de solidão e amenizar o estresse diário causado pela vida atribulada das pessoas na sociedade contemporânea. Cada vez mais próximos do homem, os *pets* já são considerados como um membro da família e, desse modo, a preocupação com os cuidados desses animais tem crescido cada vez mais. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), (2013), o Brasil já ocupa o 4º lugar em número de animais de estimação, com 132 milhões de *pets*.

Concomitante a esse crescente aumento no número de animais de estimação pelos brasileiros, o chamado ‘mercado pet’ também sinalizou aumento significativo no que tange o comércio de produtos relacionados a esse público. São inúmeros produtos relacionados à saúde, higiene e, principalmente, à alimentação desses animais. O crescimento de pêlos bonitos, ossos fortes, desenvolvimento muscular adequado e disposição só são possíveis com uma alimentação balanceada e regrada, capaz de fornecer todos os nutrientes para um crescimento normal e de qualidade dos animais (PETBR, c2019).

Contudo, na maioria das vezes, as pessoas acabam alimentando seus animais de estimação com quantidades exageradas de ração, geralmente ocasionada pela falta de tempo do seu dono, seja pela rotina atribulada de tarefas a serem realizadas ou pela sua ausência do lar, de razões diversas (viagens, trabalho, recesso de férias, etc.). Essa falta de tempo e distanciamento geográfico do dono em relação ao seu pet causa, na maioria das vezes, o abastecimento irregular e exagerado dos comedouros de seus animais de estimação; quando os animais têm comida à disposição, tendem a comer mais, o que pode ocasionar diversos problemas de saúde, dentre eles a obesidade.

[...]com a enorme quantidade de alimentos comerciais prontos para o consumo, com formulações cada vez mais sofisticadas, facilitam que os tutores estejam propensos a cometerem outro erro primário no manejo alimentar: a superalimentação [...] nesse caso, pode-se considerar que o grande problema nutricional em animais de companhia atualmente é um consumo de energia maior do que a demanda, o que

pode ser comprovado pelos altos índices de obesidade [...]. (OGOSHI *et al.*, 2015, p. 66)

Simultaneamente à má alimentação, de acordo com Ogoshi et al (2015), grande parte dos animais de estimação sofre com a humanização, vivem em espaços reduzidos culminados em ociosidade que, conseqüentemente, aceleram a progressão de distúrbios que comprometem a sua qualidade de vida. Embora a questão da ociosidade possa ser resolvida de modo mais prático (com o uso de brinquedos para estimular o animal, por exemplo), a alimentação – equilibrada - dos *pets* costuma depender, quase que exclusivamente, da presença do seu dono.

Com a crescente utilização da tecnologia em benefício da otimização das atividades humanas e, conseqüentemente, de tudo aquilo que o cerca, houve uma redução da necessidade de mão de obra local para trabalhos repetitivos e corriqueiros, reduzindo/eliminando a maioria dos problemas do dia a dia que, antes, eram considerados irremediáveis.

Uma boa alternativa para amenizar/erradicar esse problema seria a utilização de um dispositivo eletrônico capaz de fornecer, de forma balanceada, a quantidade de ração adequada para o animal de estimação, de modo que o pet se alimente corretamente, sem excessos que prejudiquem a sua saúde e qualidade de vida. Além disso, é preciso que esse dispositivo funcione à distância, para que o dono seja capaz de verificar e ordenar a quantidade e os horários de abastecimento do comedouro.

Neste contexto, a fim de melhorar a qualidade de vida dos *pets* e diminuir a angústia de seus donos em relação a sua alimentação e bem estar, desenvolveu-se um dosador alimentar automático para animais domésticos de pequeno porte, que pode ser gerido pelo dono através de aplicativo conectado à rede mundial de computadores, em tempo real, de baixo custo e fácil manuseio.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Diante do crescente uso de novas tecnologias para a melhoria da qualidade de vida das pessoas e dos seus *pets* no ambiente familiar, aliada a falta de tempo da maioria das pessoas em relação à alimentação dos seus animais de estimação, verificou-se a necessidade de desenvolver um dosador alimentar automático para animais domésticos que, além de

proporcionar maior comodidade e gestão de tempo ao tratador, proporciona também ao animal uma alimentação balanceada e saudável. Apesar de já existirem diversos modelos no mercado para esse fim, a maioria dos modelos não permite ao usuário administrar, de modo autônomo, os horários e as quantidades de ração ofertadas aos animais; ainda, o uso de energia fotovoltaica permitirá ao usuário, por meio de energia limpa, garantir a autonomia do alimentador por vários dias, tornando esse projeto um diferencial em relação aos demais comercializados. Por meio de uma plataforma simples, prática e bastante intuitiva, é possível monitorar a quantidade mínima de ração disposta no reservatório. Além disso, o presente trabalho constitui-se como um projeto multidisciplinar e que proporciona aprender, de forma prática, muitos conceitos presentes na área de engenharia elétrica, indispensáveis para uma formação profissional de excelência. Como resultado final do projeto, o alimentador irá verificar e controlar o acionamento de liberação da ração para o animal doméstico à distância, através do aplicativo *Blynk*, acessado pelo smartphone que esteja conectado à rede mundial de computadores.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um dosador alimentar automático para animais domésticos, através de um sistema automatizado com IHM (interface homem-máquina), mediante ao acesso à *internet*.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Escolher a arquitetura do sistema eletrônico e aplicativo do controle do hardware;
- Modelar o algoritmo utilizado pelo projeto;
- Autossuficiência energética do protótipo por meio do uso de energia solar;
- Sujeitar o equipamento a testes de campo.
- Implementação de controle a distância (plataforma *Blynk*).

1.4 DELIMITAÇÕES

O presente trabalho limita-se à criação de um protótipo de dosador alimentar para animais domésticos. O software *Blynk* foi definido para realizar a interface homem-máquina, por já possuir a base de dados do servidor e aplicativo próprios.

1.5 METODOLOGIA

A presente pesquisa enquadra-se, quanto à sua natureza, na área da Pesquisa Aplicada, haja vista que seu enfoque está na aplicação prática do conhecimento desenvolvido, dirigido à solução de um problema específico: contribuir para a alimentação balanceada e, conseqüentemente, para uma vida mais saudável dos animais domésticos.

A pesquisa aplicada concentra-se em torno dos problemas presentes nas atividades das instituições, organizações, grupos ou atores sociais. Está empenhada na elaboração de diagnósticos, identificação de problemas e busca de soluções. Respondem a uma demanda formulada por “clientes, atores sociais ou instituições” (THIOLLENT, 2009, p.36)

Entendendo que a alimentação adequada dos *pets* é um assunto cada vez mais em voga, a pesquisa exploratória objetiva proporcionar maior familiaridade com o problema, visando construir hipóteses acerca do tema e, se possível, encontrar soluções para resolvê-lo. Nesse sentido, a pesquisa apresenta como alternativa o desenvolvimento do *Thymos pet*¹, um dosador automático para animais domésticos.

Para tanto, a pesquisa possui abordagem qualitativa, pois tem a finalidade de verificar a relevância da automatização do alimentador na saúde dos animais; se, de fato, o mecanismo é capaz de proporcionar uma melhor qualidade de vida para o animal e, conseqüentemente, para o seu cuidador.

O procedimento adotado para o desenvolvimento desse estudo foi a pesquisa bibliográfica, com a verificação dos alimentadores já existentes no mercado, a nutrição dos

¹ O nome *Thymos pet* foi escolhido a partir da junção do termo grego ‘*Thymos*’, que significa coração e do termo inglês ‘*pet*’, que significa animal, ou seja, coração animal.

animais domésticos e os componentes necessários para a elaboração do projeto. (FLEURY e WERLANG, c2019).

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

A pesquisa está organizada em dez capítulos, sendo o capítulo um composto pela introdução, apresentando a justificativa, a definição do problema, os objetivos, as delimitações e a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo, é apresentado um panorama acerca da nutrição dos animais de estimação, contendo informações sobre saúde e qualidade de vida desses animais.

O terceiro capítulo faz uma breve análise sobre os dosadores alimentares para *pets* disponíveis no mercado, estabelecendo comparações entre alguns modelos e evidenciando seus pontos positivos e negativos.

No capítulo seguinte, são apresentados os conceitos de controladores - e suas características gerais - e do microcontrolador NodeMCU ESP8266, em específico.

Posteriormente, no capítulo cinco, é apresentado o aplicativo *Blynk*, responsável pela comunicação entre os dispositivos de *hardware* e toda a estrutura lógica do dispositivo.

O capítulo seis discorre sobre os sensores utilizados no projeto e seus tipos, elementos responsáveis pela leitura e envio de dados para as placas de controle.

Em seguida, no capítulo sete, são apresentados os atuadores, que desempenham um papel fundamental no que se refere à execução dos comandos emitidos pelo aplicativo.

O oitavo capítulo apresenta a fonte de energia utilizada no projeto - energia solar.

No penúltimo capítulo, são descritos o desenvolvimento estrutural, mecânico, de automação e controle, além da programação de *software* e do aplicativo utilizado no protótipo, com o passo a passo da sua elaboração.

Por fim, no décimo capítulo, são apresentadas as conclusões às quais os pesquisadores chegaram a partir do desenvolvimento do projeto, compostas por uma breve análise de seus resultados.

2 NUTRIÇÃO DOS *PETS*

Os animais domésticos vivem sob o domínio do ser humano geração após geração, fornecendo ao ser humano diversos benefícios, como o transporte, as vestimentas, o cultivo da terra, o entretenimento, a proteção, a guarda e a afetividade. O segmento dos animais de companhia, em específico, é caracterizado por uma longa cadeia de consumo de produtos e serviços. O consumidor, a partir dos anos 1990, mudou radicalmente a forma de tratar os animais domésticos e a maneira de se relacionar com eles (MOURA, 2013).

Ainda de acordo com Moura (2013), a alimentação dos animais de companhia evoluiu visivelmente nas últimas décadas. Na década de 1980, a maioria desses animais ainda era alimentada com os restos de comida de seus proprietários e existiam poucas indústrias de rações que investiam no Brasil. Relacionados a este fato, o autor evidencia dois fatores que contribuíram para a expansão do segmento: o poder aquisitivo das populações dos grandes centros aumentou e os padrões de consumo se sofisticaram. Com isso, a evolução dos hábitos em favor dos alimentos industriais está associada a uma dupla preocupação de seus fabricantes: garantir a medida exata dos nutrientes necessários e satisfazer as exigências de digestibilidade e palatabilidade dos animais de estimação (PETBR, 2019).

Nos últimos anos, as pesquisas em nutrição de animais de companhia têm dado maior ênfase aos aspectos metabólicos originados pela ingestão de alimentos. Os efeitos metabólicos do alimento relacionam-se com alterações de saúde a longo prazo, podendo ser estabelecidas ao longo de vários meses ou anos de ingestão alimentar, conforme sugerem Carciofi e Jeremias (2010). De acordo com os autores, alguns exemplos incluem as urolitíases, nefropatias, alterações articulares, distúrbios cardio-circulatórios, obesidade, intolerância aos carboidratos (diabetes Mellitus), dentre outras, todas relacionadas com a qualidade de vida e longevidade de cães e gatos.

A obesidade tem se tornado um dos grandes desafios dos nutricionistas e pesquisadores no século XXI (BUDSBERG, 2010 *apud* CARCIOFI e JEREMIAS, 2010). Segundo o autor, a obesidade se tornou o problema de saúde mais frequente em cães e gatos de estimação. De acordo com o último levantamento da Associação Médica Veterinária Americana, 40% dos cachorros dos Estados Unidos apresentam sobrepeso ou são obesos. A principal preocupação médica quanto à obesidade dos animais está no fato da doença estar

associada a muitas doenças, com efeitos prejudiciais sobre a saúde e longevidade de cães e gatos (CARCIOFI e JEREMIAS, 2010).

Os problemas a que os animais de companhia obesos podem estar predispostos incluem doenças ortopédicas, diabetes mellitus, anormalidades no perfil lipídico, doenças cardio-respiratórias, urinárias, distúrbios reprodutivos, neoplasias (tumores de mama, carcinoma de células de transição), doenças dermatológicas e complicações anestésicas (GERMAN, 2006 *apud* CARCIOFI e JEREMIAS, 2010).

Em uma enquete realizada com proprietários de animais obesos atendidos nos Hospitais Veterinários da Universidade Estadual Paulista, em Jaboticabal – SP e Universidade Federal de Viçosa - MG, constatou-se que, dos 254 cães com sobrepeso ou obesos participantes da pesquisa, 98% de seus proprietários afirmaram saber que a obesidade é prejudicial à saúde do animal, mas apenas metade deles (51%) já pediu orientação ao veterinário para controlar o peso do animal.

A pesquisa também apurou que metade dos proprietários já havia tentado reduzir o peso do animal e, dentre as medidas tomadas, a redução da quantidade de alimento representou 66%. Ao serem questionados sobre a frequência com que os alimentos eram oferecidos aos animais, obteve-se o seguinte resultado: uma vez ao dia (8%), duas vezes ao dia (58%), três vezes ao dia (14%), mais de três vezes ao dia (3%) e alimento à vontade (18%). Desse modo, observou-se que os cães obesos ou com sobrepeso eram alimentados preferencialmente duas vezes ao dia. Todavia, constatou-se que uma porcentagem considerável dos proprietários fornecia alimento à vontade, o que também pode ser considerado um fator de risco para o desenvolvimento da obesidade nesses animais (APTEKMANN *et al.*, 2014).

Com base na pesquisa acima citada, é possível verificar que o controle alimentar do animal de estimação é fundamental para manter a sua saúde e longevidade, proporcionando uma dieta balanceada e regrada, que supra as necessidades fisiológicas do animal. Com o acompanhamento de um veterinário/zootecnista juntamente com um dispositivo que seja capaz de determinar a quantidade e os horários de alimentação do *pet*, o controle nutricional do animal por parte do proprietário se dará de maneira muito mais prática e eficiente, diminuindo significativamente os riscos dos animais desenvolverem doenças relacionadas à alimentação.

3 DOSADOR ALIMENTAR PARA *PETS*: UM BREVE HISTÓRICO

Este capítulo tem por objetivo apresentar, de forma sucinta, os tipos de dosadores alimentares mais comuns encontrados no mercado atual, de forma a tornar possível avaliar os prós e contras de cada modelo, servindo como base comparativa para o protótipo proposto neste trabalho.

3.1 TIPOS DE DOSADORES AUTOMATICOS NO MERCADO ATUAL

O mercado de alimentadores para animais domésticos tem se expandido cada vez mais, assim como outros produtos relacionados ao bem estar dos animais de estimação. Embora exista uma gama muito ampla de alimentadores disponíveis no mercado, a maioria dos modelos disponíveis apresentam limitações quanto à programação de horários para a reposição de comida e água no recipiente e quanto à fonte de alimentação do dispositivo.

Os alimentadores de custo mais atraentes não são automatizados, e consistem em um dispositivo que armazena grandes quantidades de comida e água; à medida em que o animal se alimenta ou ingere água, a ração e a água vão sendo repositados no recipiente por meio da gravidade ver Figura 1, não sendo possível fazer o controle da quantidade de ração que o animal pode ingerir durante determinado período. Nesse caso, apesar do seu baixo custo, o principal ponto negativo está na ausência da possibilidade do dono em controlar a quantidade de comida necessária que supra as necessidades nutricionais do seu *pet*, além da possibilidade de proliferação de germes e bactérias no recipiente, haja vista que os restos das refeições anteriores não são descartadas pelo alimentador, podendo permanecer por vários dias no recipiente.

Figura 1 - Alimentador Automático para Cães e Gatos Stilo Plast



Fonte: *Site Stilo Plast* (2019).

Quanto aos alimentadores automatizados, vale ressaltar o custo significativo em relação aos alimentadores não automatizados; geralmente, custam em uma proporção de 3 a 4 vezes mais, dependendo do modelo. Dentre os vários modelos existentes no mercado, serão apresentados o modelo Premium, da marca Chalesco, com custo aproximado de 250 reais e o modelo babá robô para pet, da marca Hoison, com custo aproximado de 1.400 reais.

O modelo Premium conforme Figura 2, da Chalesco, faz a distribuição pré-definida das porções em até 3 vezes ao dia, variando de $\frac{1}{4}$ de xícara a 3 xícaras de ração seca no horário programado, com capacidade de armazenamento de 5,5 litros de alimento seco. Sua estrutura dispõe apenas de um recipiente para comida, abastecido no horário programado pelo cuidador, por meio de um dispositivo LCD no alimentador. A fonte de alimentação utilizada são 2 pilhas 'D', que duram até 6 meses, segundo a fabricante.

Figura 2 - Alimentador Automático Programável Premium Chalesco



Fonte: *Site Royalpets* (2019).

O modelo babá robô, da marca Hoison, possui programação via aplicativo de até 12 refeições diárias de 150g cada refeição. A liberação da comida pode ocorrer de três formas: automaticamente nos horários programados no *app*; remotamente por *app*, sem necessidade de programação; manualmente, pressionando o botão existente no topo do aparelho. Sua estrutura dispõe apenas de um recipiente para comida, com capacidade de até 2 quilos de ração. O alimentador necessita de rede *wi-fi* para estabelecer comunicação com o smartphone; no caso do celular ficar sem bateria, a programação do alimentador permanecerá ativa. A fonte de alimentação utilizada é bivolt, podendo ser conectado à energia elétrica ou carregado com pilhas em *slot* para essa função (PETLOVE, 2019).

Figura 3 - Alimentador Eletrônico Hoison Babá Robô para Pet



Fonte: Site Petlove (2019).

Os alimentadores acima mencionados são capazes de controlar apenas o reservatório da comida seca, ou seja, da ração, sendo necessário ao cuidador providenciar outro dispositivo para a água. Além disso, não há um controle para o recipiente da ração, ou seja, se o animal deixar ração de um dia para o outro no recipiente, ele irá despejar uma nova quantidade de ração sobre a que já estava no alimentador, podendo ocasionar a contaminação do alimento e possíveis doenças ao animal. No modelo Premium, da Chalesco, a única fonte de alimentação é a pilha, deixando o dispositivo à mercê do controle atento do dono em relação à carga do aparelho.

4 CONTROLADORES

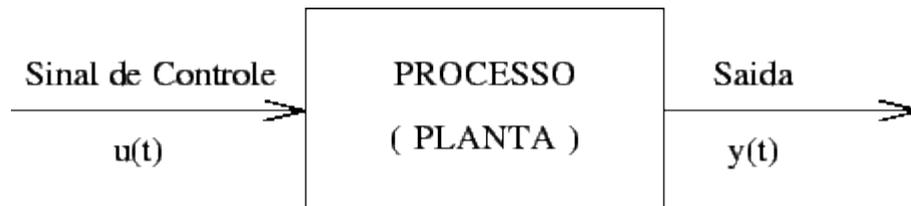
Segundo Ogata (2010), controlar significa medir o valor da variável controlada do sistema e aplicar o sinal de controle ao sistema para corrigir ou limitar os desvios do valor medido a partir de um valor desejado. Nesse sentido, possuímos dois tipos de variáveis: controlada e manipulada.

A variável controlada é a grandeza ou a condição que é medida e controlada. O sinal de controle ou variável manipulada é a grandeza ou a condição modificada pelo controlador, de modo que afete o valor da variável controlada. Normalmente, a variável controlada é a saída do sistema (OGATA, 2010).

4.1 MALHA ABERTA

De acordo com Ogata (2010), os chamados sistemas de controle de malha aberta são aqueles em que o sinal de saída não exerce nenhuma ação de controle no sistema. Isso quer dizer que, em um sistema de controle de malha aberta, conforme Figura 4, o sinal de saída não é medido nem realimentado para comparação com a entrada.

Figura 4 - Controle de malha aberta



Fonte: Silva (2000).

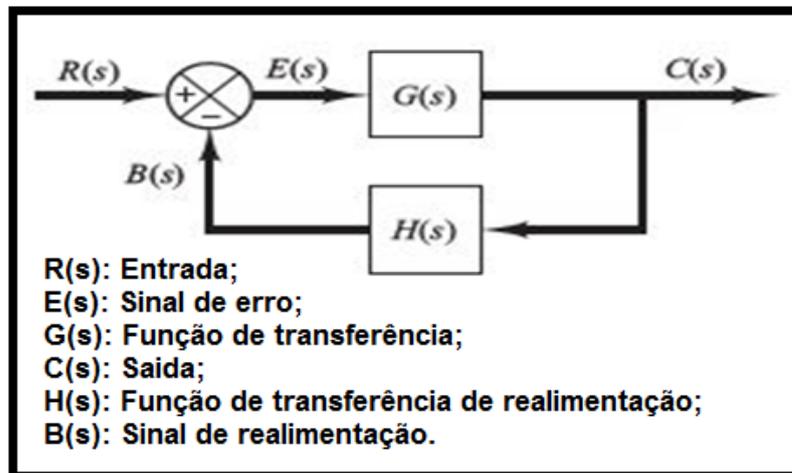
4.2 MALHA FECHADA

Segundo o autor Ogata (2010), os sistemas de controle com realimentação são, frequentemente, chamados de sistemas de controle de malha fechada. Na prática, os termos controle com realimentação e controle de malha fechada são usados invariavelmente. Em um sistema de controle de malha fechada, o sinal de erro atuante, que é a diferença entre o sinal de entrada e o sinal de realimentação (que pode ser o próprio sinal de saída ou uma função do

sinal de saída e suas derivadas e/ou integrais), realimenta o controlador, de modo a minimizar o erro e acertar a saída do sistema ao valor desejado. O termo ‘controle de malha fechada’ sempre implica a utilização do controle com realimentação para reduzir o erro do sistema.

Um esquema simples de malha fechada é apresentado em diagrama de blocos na Figura 5. Na qual a saída $C(s)$ é tratada por uma função de transferência de realimentação $H(s)$, esse sinal é chamado de $B(s)$ onde é comparado com a referência de entrada, gerando um sinal de erro $E(s)$ que atua diretamente na função transferência $G(s)$ corrigindo o sinal de saída.

Figura 5 - Controle de malha fechada



Fonte: Ogata (2010, p. 16).

4.3 MICROCONTROLADOR

Conforme Souza (2004, p. 21-22), o microcontrolador é definido como um pequeno componente eletrônico, dotado de uma “inteligência” programável, utilizado no controle de processos lógicos. O autor afirma ainda que “em uma única pastilha de silício encapsulada, existem todos os componentes necessários ao controle de um processo”. Dessa forma, o microcontrolador está provido internamente de memória de programa, memória de dados, portas de entrada, saída paralela, *timers*, contadores, comunicação serial, PWM, conversores analógico-digitais entre outros.

Basicamente, um microcontrolador incorpora no mesmo encapsulamento o microprocessador, a memória de programa e a memória de dados. Além disso, possui uma

série de entradas e saídas e vários periféricos, resultando em um *hardware* final complexo. Normalmente, a diferença entre estas características é o que diferencia os microcontroladores (MARTINS, 2005).

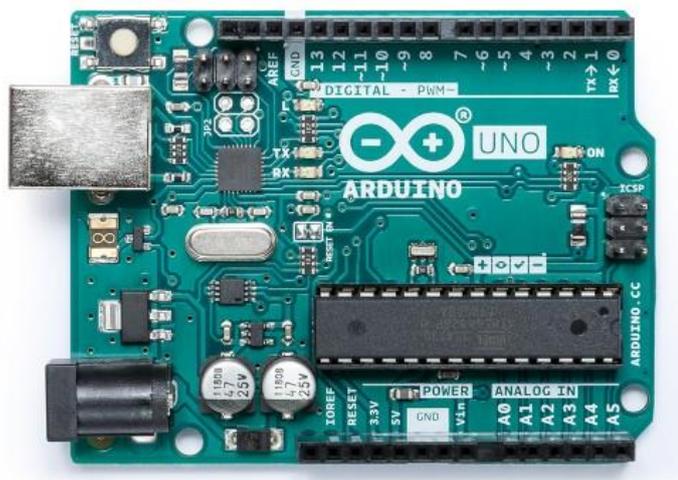
4.3.1 Arduino

O arduino é uma plataforma formada basicamente por dois componentes: a placa, que é o *hardware* que será utilizado para construir projeto e o arduino IDE, onde é escrito o código de programação que é o *software* onde todos os comandos são enviados ao *hardware*.

O arduino é uma plataforma livre, com o objetivo de disponibilizar o *hardware* para criação de novos sistemas utilizando uma linguagem de alto nível C/C++, sendo possível criar novos produtos interativos e capazes de tomar decisões automaticamente através da interpretação de dados dos sensores e da lógica programada.

A placa possui vários modelos, sendo o Uno a sua versão mais acessível, mostrada na Figura 6. A placa possui o controlador Atmega 328 com entradas/saídas digitais e analógicas e o Atmega8U2, para fazer a conversão de USB para Serial,

Figura 6 - Arduino Uno

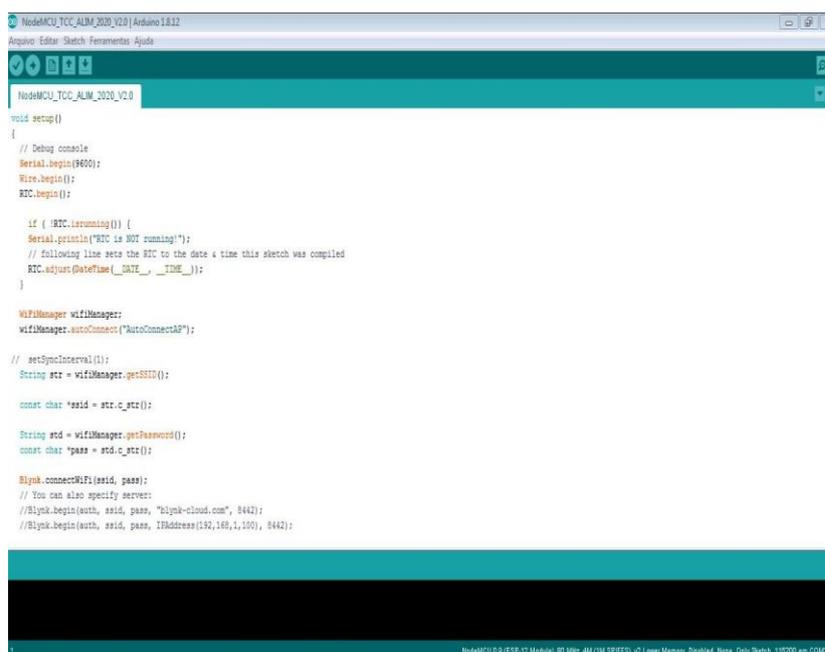


Fonte: Arduino (2019).

4.3.1.1 IDE de compilação

A IDE (*Integrated development environment* /Ambiente de desenvolvimento integrado), conforme Figura 7, é um software de alto nível que usa a linguagem C/C++ para desenvolver lógicas, e utiliza o compilador AVR-G++. Como mostra a Figura 7, ao abrir o programa, já é iniciado um novo projeto. Porém, é necessário digitar a estrutura básica para o seu funcionamento, sendo elas funções *void* (vazia) - não há retorno de valores. As principais são a *Setup* () e a *Loop* (). A *void Setup* () serve para configurar as entradas e saídas do microcontrolador e outras funções que precisam ser definidas apenas uma vez. Já o *void Loop* () executa continuamente sua lógica e é nele que colocamos as variáveis, ou seja, os valores que podem mudar e precisam ser verificados.

Figura 7 - IDE arduino



```

NodeMCU_TCC_ALARM_V2.0 | Arduino 1.8.12
Arquivo Editor Sketch Ferramentas Ajuda
NodeMCU_TCC_ALARM_V2.0
void setup()
{
  // Debug console
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  RTC.begin();

  if (!RTC.isrunning()) {
    Serial.println("RTC is NOT running!");
    // following line sets the RTC to the date & time this sketch was compiled
    RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
  }

  WiFiManager wifiManager;
  wifiManager.autoConnect("AutoConnectAP");

  // setSyncInterval(1);
  String str = wifiManager.getSSID();
  const char *ssid = str.c_str();

  String strd = wifiManager.getPassword();
  const char *pass = strd.c_str();

  Blynk.connectWiFi(ssid, pass);
  // You can also specify server:
  //Blynk.begin(auth, ssid, pass, "blynk-cloud.com", 8442);
  //Blynk.begin(auth, ssid, pass, IPAddress(192,168,1,100), 8442);
}

void loop()
{
}
NodeMCU 5.0 (ESP-12 Module), 80 MHz, 4M (1M SPIFFS), 0 Lower Memory, Disabled, None, Only Sketch, 115200 baud

```

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

4.3.2 Microcontrolador ESP8266 NodeMCU

Geralmente o microcontrolador ESP8266 é usado para desenvolver a IoT (*internet das coisas*) e expandir a área de suas aplicações. Para isso, são necessárias soluções poderosas de baixo custo, eficiência e possuir uma dimensão pequena (49 mm x 25,5 mm x 7 mm). Cada

unidade baseada em IoT compreende um microcontrolador e um módulo de comutação sem fio (geralmente *WiFi*), ou uma combinação de ambos. Uma grande variedade de módulos e microcontroladores já estão no mercado e são amplamente utilizados para o design e desenvolvimento de dispositivos IoT. Contudo, a maioria dos dispositivos oferecidos atualmente possui custo elevado ou são grandes e pesados. Além do mais, poucos módulos são dispositivos de código aberto e não têm restrições no propósito da operação. Embasado nisso, o microcontrolador ESP8266 foi lançado no mercado pela Espressif Systems e promete ser uma ótima alternativa para aplicação em IoT. Seu baixo custo e excelente desempenho tem chamado atenção de adeptos (ALLAFI; IQBAL, 2017).

O microcontrolador ESP8266 da *Espressif Systems*, projetado para a IoT e projetos relacionados a sistemas embarcados, possui baixo custo e baixo consumo de energia. O NodeMCU possui o conector micro-usb para realizar a conexão entre o computador e a placa; conta ainda com a antena integrada, além de 11 pinos de I/O e conversor analógico-digital. Este módulo vem agora com o ESP-12F, que mantém total compatibilidade com o ESP-12E e tem um aumento no alcance do sinal *wireless* entre 30 e 50% (FILIFEFLOP, 2019). Na Figura 8, observa-se a imagem do ESP8266, sendo possível comparar o dispositivo em tamanho real em relação a uma mão humana.

Figura 8 - Módulo ESP8266



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

4.3.2.1 Fabricante

De acordo com o site da fabricante, a Espressif Systems é uma empresa multinacional pública de semicondutores estabelecida em 2008, com sede em Xangai e escritórios na Grande China, Índia e Europa. Ainda, no site da fabricante, lê-se:

Temos uma equipe apaixonada de engenheiros e cientistas de todo o mundo, focados no desenvolvimento de soluções avançadas de IoT de baixo consumo de energia, WiFi e Bluetooth. Criamos as populares séries de chips ESP8266 e ESP32, módulos e placas de desenvolvimento. Ao alavancar a computação sem fio, fornecemos chipsets ecológicos, versáteis e econômicos. Sempre nos comprometemos a oferecer soluções de IoT seguras, robustas e com baixo consumo de energia. (Tradução dos autores)

4.3.2.2 Características gerais

Conforme a Tabela 1, é possível visualizar as características gerais do micro controlador ESP8266, de acordo com a empresa Espressif Systems.

Abaixo seguem algumas das principais características:

Tabela 1 - Especificações do ESP8266.

Categories	Items	Parameters
Wi-Fi	Certification	Wi-Fi Alliance
	Protocols	802.11 b/g/n (HT20)
	Frequency Range	2.4 GHz ~ 2.5 GHz (2400 MHz ~ 2483.5 MHz)
	TX Power	802.11 b: +20 dBm
		802.11 g: +17 dBm
		802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)		
802.11 n: -72 dbm (MCS7)		
Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip	
Hardware	CPU	Tensilica L106 32-bit processor
	Peripheral Interface	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
		GPIO/ADC/PWM/LED Light & Button
	Operating Voltage	2.5 V ~ 3.6 V
	Operating Current	Average value: 80 mA
	Operating Temperature Range	-40 °C ~ 125 °C
	Package Size	QFN32-pin (5 mm x 5 mm)
External Interface	-	
Software	Wi-Fi Mode	Station/SoftAP/SoftAP+Station
	Security	WPA/WPA2
	Encryption	WEP/TKIP/AES
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)
	Software Development	Supports Cloud Server Development / Firmware and SDK for fast on-chip programming
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App

Fonte: Espressif Systems (2020).

4.3.3 *Real Time Clock* (Relógio de tempo real)

O *Real Time Clock* (RTC), conforme a Figura 9, é um chip contendo o circuito de relógio de tempo real que fornece segundo, minuto e hora, além de dia, mês e ano, mesmo quando o equipamento não possuir energia. É um processador especialmente dedicado ao controle de horários e datas, sendo que essas informações não são perdidas caso ocorra qualquer tipo de problema. As informações são transmitidas para a BIOS², ao ambiente operacional e a outros programas que requisitam da informação. (JORNAL ELETRÔNICO NOVO MILÊNIO, 2001).

Figura 9 - RTC -Relógio de tempo real



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Para que as informações não sejam perdidas, o RTC disponibiliza um pino ou porta, onde é ligada a uma pilha. É um circuito programável que possui 56 bytes de RAM e consome menos do que 500nA, o que proporciona um pequeno consumo. O RTC DS1307 é comumente o mais utilizado, pois além de utilizar a pilha como sistema de armazenamento de carga, quando o circuito está ligado, a pilha é automaticamente carregada, e sua comunicação com o EPS8266 ocorre através do barramento I2C. (MICROCONTROLLER PROS CORPORATION, 2003).

² BIOS é firmware não-volátil usado para realizar a inicialização do hardware durante o processo de inicialização e para fornecer serviços de tempo de execução para sistemas operacionais e programas.

5 BLYNK

O *Blynk* é um aplicativo disponível tanto para o sistema *Android* quanto para o sistema *iOS*, sendo projetado para ser utilizado em projetos *Iot (Internet of Things)*. A principal característica do *Blynk* é permitir que microcontroladores possam ser controladas remotamente, de forma que dados de sensores e módulos possam ser obtidos e exibidos no aplicativo que fica instalado no dispositivo móvel. Permite também que cargas sejam acionadas, além de muitas outras funcionalidades que a ferramenta disponibiliza. (BLYNK, 2019)

Um dos pontos cruciais do *Blynk* é a possibilidade de controlar a plataforma de qualquer lugar do mundo através do aplicativo instalado no dispositivo móvel. Para isto, basta que a plataforma esteja configurada e conectada ao servidor *Blynk* através da *internet* e que o aplicativo no dispositivo móvel também possua conexão com a *internet*. Conforme Figura 10, pode-se observar o *layout* de comunicação entre o aplicativo e a plataforma microcontrolada.

Figura 10 - *Layout* de comunicação *Blynk*



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

5.1 BLYNK SERVER

O *Blynk Server* é um servidor Java de código aberto, responsável pelo encaminhamento de mensagens entre o aplicativo móvel *Blynk* e várias placas de microcontroladores como o arduino, o ESP32, o ESP8266 e o *Raspberry Pi*.

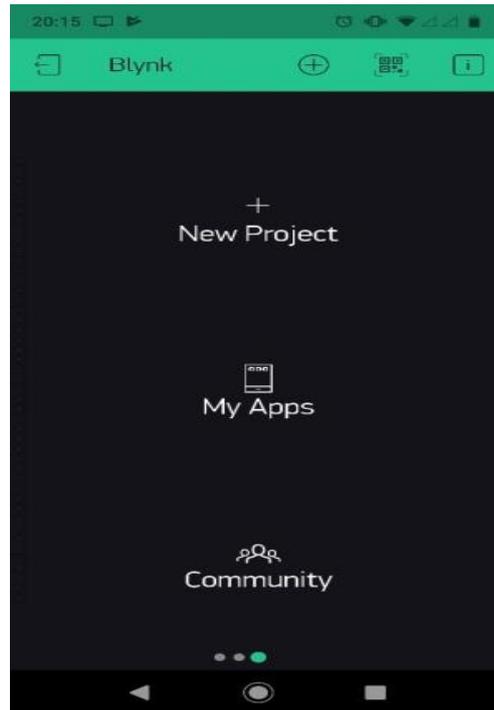
A plataforma ainda disponibiliza um servidor na *web* para que todos os projetos possam armazenar variáveis de controle, permitindo ao usuário maior comodidade e confiança, garantindo que os dados não serão perdidos. Desse modo, o usuário não precisa estar conectado a mesma rede *wi-fi* para acessar o servidor do *blynk*, basta apenas ter acesso ao aplicativo, para ler ou apagar dados no servidor. (BLYNK, 2019)

5.2 APLICATIVO BLYNK

Segundo *Blynk* (2019), o *software* é composto de *Widgets* pré-programados que facilitam na montagem de um sistema de IOT, de forma simples que abrangem a maioria das necessidades do desenvolvedor. Na Figura 11, podemos visualizar o *layout* do aplicativo *Blynk*.

Alguns recursos do aplicativo são:

- a) Conjunto de *widgets* fáceis de usar;
- b) Fácil de integrar e adicionar novas funcionalidades usando pinos virtuais;
- c) Monitoramento de dados do histórico via *widget* e gráficos;
- d) Comunicação dispositivo a dispositivo usando o *Bridge Bridge*;
- e) Enviar *e-mails*, *tweets*, notificações, mensagens.

Figura 11 - Aplicativo *Blynk*

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

5.3 BIBLIOTECA *BLYNK*

Essa biblioteca é responsável por gerir toda a conexão do *hardware* com o servidor *Blynk* e gerir as requisições de entrada e saída de dados e comandos. A forma mais fácil e rápida é utilizá-la como bibliotecas arduino.

5.4 PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

Toda tecnologia referente a redes de comunicação possuem protocolos de comunicação. O *Blynk*, por sua vez, adota o protocolo de comunicação MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), que tem como arquitetura publicar/escrever, e todo dispositivo conectado ao servidor é um cliente, chamado de corretor (TONON, 2019).

O cliente ou dispositivo IOT tem que se conectar ao corretor de tempos em tempos atualizando os dados; este ato de conexão é chamado de publicação, sendo consultada pelo usuário através do aplicativo, atualizando os dados da publicação.

Além de tudo isso, o protocolo possui níveis de qualidade de transmissão de dados, sendo a qualidade de Serviço (*Quality of Service* - QoS) dividida em 3 fatores:

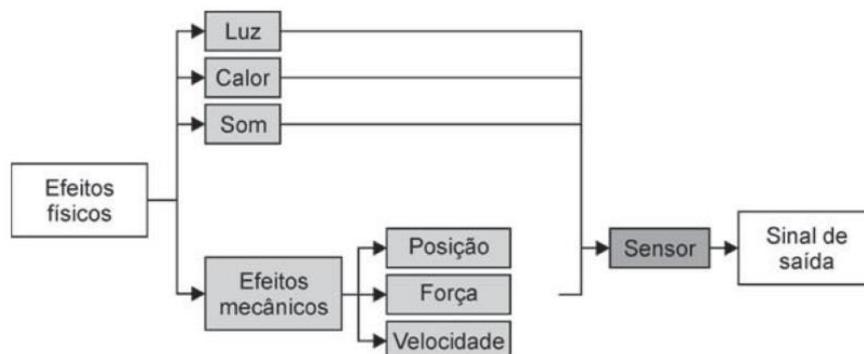
- a) Envia a mensagem no máximo uma vez, ou seja, não garante a transmissão.
- b) Envio de mensagem pelo menos uma vez, garantindo a transmissão de dados.
- c) Garante que os dados serão transmitidos em uma única vez, com sucesso.

6 SENSORES

O sensor é um dispositivo que tem como funcionalidade detectar e responder, com eficiência, a algum estímulo. Segundo Thomazini e Albuquerque (2011), é o termo utilizado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente, podendo ser eletromagnética, térmica ou cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc., conforme ilustra a Figura 12.

O sensor, quando atuado, o seu sinal de saída geralmente precisa ser manipulado antes da sua leitura no sistema de controle. Isso normalmente é realizado com um circuito de *interface* para produção de um sinal que possa ser lido pelo controlador (THOMAZINI E ALBUQUERQUE, 2011).

Figura 12 - Ilustração das formas de energia em um sensor



Fonte: Thomazini e Albuquerque (2011, p. 16).

6.1 TIPOS DE SENSORES

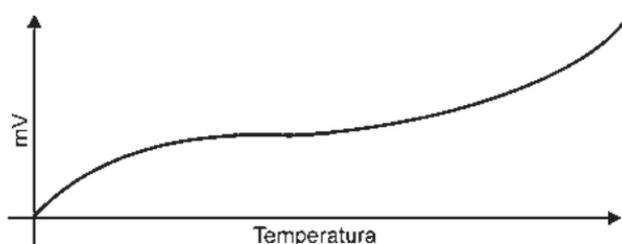
Existem diferentes tipos de sensores - analógicos e digitais, de entrada e de saída de sinais. A escolha do sensor depende do tipo de sinal ou processo a ser detectado ou controlado.

6.1.1 Analógicos

Conforme Thomazini e Albuquerque (2011), esses tipos de sensores podem assumir qualquer valor no seu sinal de saída ao longo do tempo, desde que esteja dentro da sua faixa de operação.

Algumas das grandezas físicas que podem assumir qualquer valor ao longo do tempo são: pressão, temperatura, velocidade, umidade, vazão, força, ângulo, distância, torque, luminosidade. Essas variáveis são mensuradas por elementos sensíveis com circuitos eletrônicos não digitais. A Figura 13 ilustra a variação de uma grandeza física (temperatura) de forma analógica.

Figura 13 - Ilustração da variação de uma grandeza física de um sensor analógico

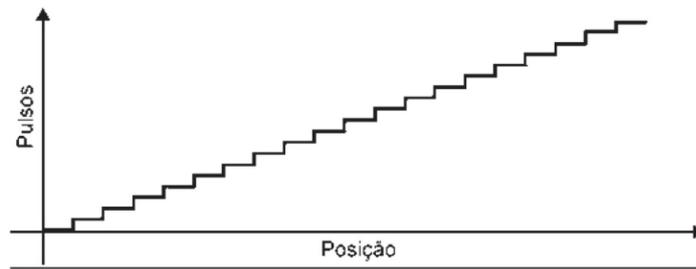


Fonte: Thomazini e Albuquerque (2011, p. 16).

6.1.2 Digitais

Os sensores digitais conforme Thomazini e Albuquerque (2011) podem assumir dois valores no seu sinal de saída ao longo do tempo, que podem ser interpretados como zero ou um. Não existem naturalmente grandezas físicas que assumam esses valores, mas eles são assim mostrados ao sistema de controle após serem convertidos pelo circuito eletrônico do transdutor. São utilizados, por exemplo, em detecção de passagem de objetos, *encoders* na determinação de distância ou velocidade, etc. A Figura 14 ilustra a variação da posição de um objeto lida por um *encoder* incremental.

Figura 14 - Ilustração da leitura da posição de um objeto por um *encoder* incremental



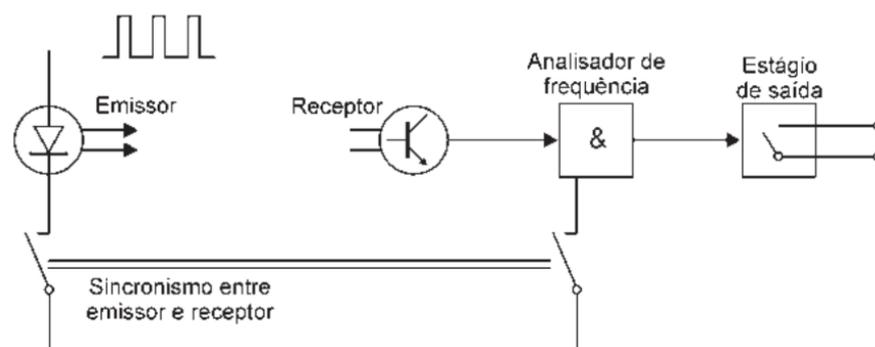
Fonte: Thomazini e Albuquerque (2011, p. 17).

6.2 SENSOR ÓPTICO

Os sensores ópticos baseiam-se na emissão de um feixe de luz recebido por um elemento fotossensível. Conforme Thomazini e Albuquerque (2011), são componentes eletrônicos de sinalização e comando que executam detecção de qualquer material sem que haja contato mecânico entre eles.

O princípio de funcionamento do sensor óptico baseia-se na existência de um emissor e de um receptor. A luz gerada pelo emissor deve atingir o receptor com intensidade suficiente para fazer com que o sensor comute sua saída. A Figura 15 apresenta o princípio de funcionamento de um sensor óptico.

Figura 15 - Princípio de funcionamento sensor óptico



Fonte: Thomazini e Albuquerque (2011, p. 28).

Os sensores ópticos são muito confiáveis e precisos, pois podem trabalhar em altas taxas de transmissão de dados e possuem um tempo de resposta muito rápido. O sinal de

luz gerado pelo emissor do sensor é modulado em uma determinada frequência, fazendo com que, dessa forma, o receptor, através de um filtro acoplado, receba os sinais com a mesma frequência do emissor. As fontes de luz operam com um comprimento de onda baixo e são usados diodos emissores de luz para emitir os sinais luminosos.

Essa característica é empregada no sensor óptico para minimizar os efeitos de possíveis interferências causadas por outras fontes luminosas que não sejam o emissor.

7 ATUADORES

Atuadores são dispositivos que atendem a comandos elétricos, manuais ou pneumáticos; eles convertem a energia em movimento.

Os atuadores são dispositivos capazes de modificar a variável controlada.

São eles que irão agir sobre o sistema controlado após receber um comando de seu controlador (THOMAZINI e ALBUQUERQUE (2011)).

Os principais tipos de atuadores são:

- a) Válvulas e cilindros;
- b) Relés;
- c) Motores;
- d) Solenóides.

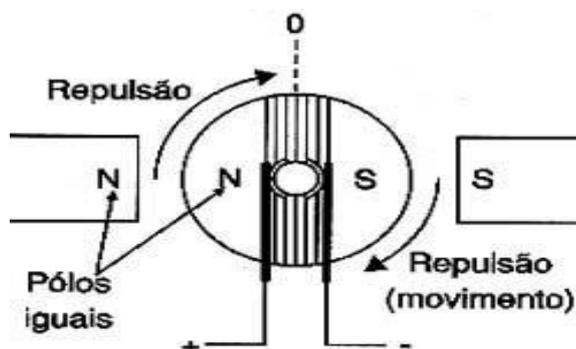
Utilizaram-se alguns tipos de atuadores no projeto; dentre os principais destacam-se o motor CC e o relé.

7.1 MOTORES CC

É um equipamento que tem como característica transformar energia elétrica em energia mecânica e vice-versa. Na alimentação com energia elétrica de corrente contínua, ele polariza os eletroímãs e assim define seu sentido de rotação. Seu princípio é o de atração e repulsão de ímãs, de modo que polos iguais se repelem e polos diferentes se atraem.

Na Figura 16, percebe-se que a força de atração ou repulsão dos ímãs permanentes é que faz o movimento do eixo.

Figura 16 - Funcionamento do Motor de Corrente Contínua

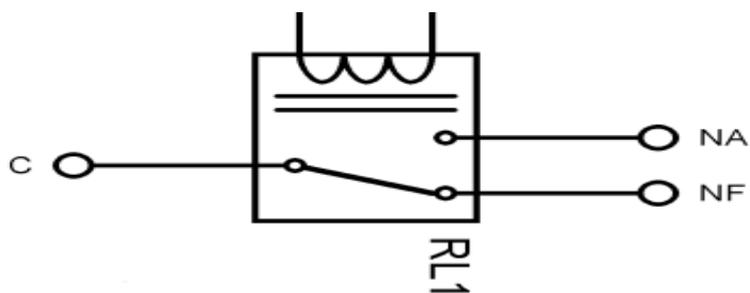


Fonte : Braga (2019, p.42)

7.2 RELÉ

É um contato eletromecânico acionado por uma bobina, quase sempre possui um contato normalmente fechado (NF) e outro normalmente aberto (NA), além do contato comum (C), conforme mostra a Figura 17. Seu objetivo é fazer com que o circuito comande uma carga maior.

Figura 17 - Simbologia de *Relé*



Fonte: Elaboração dos Autores (2019)

8 FONTES DE ALIMENTAÇÃO

Em sua totalidade, os circuitos eletrônicos precisam de energia elétrica para funcionar. Todavia, nem sempre se tem essa energia disponível da rede de energia ou mesmo em uma bateria, na forma como o circuito eletrônico precisa.

Nesse sentido, a maioria dos circuitos eletrônicos funcionam com baixas tensões contínuas; entretanto, na rede de energia, possuímos tensões alternadas mais elevadas. Desse modo, é necessário realizar a conversão para a utilização. Da mesma forma, existem circuitos que operam com tensões contínuas mais elevadas do que aquela que a fonte de energia disponível poderá fornecer. (BRAGA, 2019).

Para essa conversão da energia disponível para a forma como o circuito necessita, são usadas configurações específicas que recebem o nome de “fontes de alimentação”.

Segundo Braga (2019), a fonte de alimentação consiste, nesse sentido, num circuito que, a partir da tensão elétrica disponível (alternada ou contínua), fornece a tensão contínua (ou mesmo alternada) na forma como o circuito alimentado necessita.

8.1 ENERGIA SOLAR

A energia solar é a fonte de energia mais antiga disponível na Terra, além de ser uma fonte não poluente e inesgotável de energia. Com o objetivo de amenizar a poluição global, pode-se aproveitar a energia solar que é gratuita, não emite gases poluentes e está disponível na própria natureza (LUIZ, 1985).

Com o passar dos tempos, as tecnologias vêm se aprimorando cada vez mais, e a captação de energias renováveis vem se tornando cada vez mais viável; portanto, visando a economia de energia e um projeto sustentável utilizou-se a placa fotovoltaica como fonte principal de energia no protótipo.

Segundo Luiz (1985), o aproveitamento da energia solar possui muitas vantagens em relação a outras formas de energia disponíveis. As principais vantagens são as seguintes:

- a) A energia solar não emite poluição térmica nem poluição química;
- b) Se encontra em grande escala e de fácil acesso;
- c) É considerada uma fonte renovável, ou seja, inesgotável.

O Brasil se encontra em uma faixa privilegiada em relação à disponibilidade de energia solar e intensidade. Em particular, a Região Nordeste do Brasil, que esta próxima a linha do equador (LUIZ, 1985).

8.1.1 Painel fotovoltaico

A energia solar pode ser captada através de painéis solares, que são compostos por diodos com junções PN (positivas e negativas), permitindo a formação de um campo elétrico interno. O material comumente utilizado, capaz de gerar esse efeito é o silício cristalino, encontrado em abundância na crosta terrestre do planeta Terra. Na Figura 18, é possível observar um painel fotovoltaico.

Uma célula fotovoltaica simples consiste basicamente em um díodo e um substrato de material semicondutor, onde é criado um campo elétrico interno permanente chamado de junção PN (MIGUEL E JOSÉ, 2019).

Figura 18 - Painel Fotovoltaico



Fonte: Elaboração dos Autores (2019)

A célula solar fotovoltaica é o elemento essencial da conversão da radiação solar em energia elétrica. Cada célula individual, com cerca de 100mm², gera aos seus terminais uma tensão entre 0.5 e 1 V, com uma corrente típica em curto circuito de algumas dezenas de miliampéres.

Segundo Miguel e José (2019), toda energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico é imprevisível, pois não depende exclusivamente das variações do dia/noite, mas sim das condições climáticas que influenciam diretamente na produção de energia. Por estes motivos, é necessário prever alguma forma de armazenamento dessa energia. Atualmente, temos o sistema *on grid* e *off grid*.

No sistema *on grid*, toda a geração de energia proveniente da energia solar está conectada à rede pública, ou seja, quando uma unidade residencial produz mais energia do que consome, essa energia é enviada de volta à rede pública e é transformada em créditos de energia (FELIPE e LIMA, 2018).

Já no sistema *off grid* - *não conectado a rede elétrica ou isolado*, como não possui interligação com a rede pública de energia, o sistema precisa de um banco de baterias, que irão armazenar todo o excesso de energia gerado pelas placas fotovoltaicas (FELIPE e LIMA, 2018). Desse modo, adotou-se o sistema *off grid* para o protótipo por se tratar de um sistema autossustentável e não necessitar de energia elétrica oriunda da concessionária de energia para que o equipamento funcione.

Assim, por se tratar de um sistema isolado (*off grid*), o protótipo possui duas configurações possíveis, que são elas: Cargas CC sem armazenamento e cargas CC com armazenamento.

8.1.1.1 Cargas CC sem armazenamento

No caso de cargas CC sem armazenamento, a energia elétrica gerada automaticamente já é utilizada pelos equipamentos que estejam conectadas. Um exemplo bem comum é o uso de sistemas de bombeamento de água com bombas com motor de corrente contínua (PRADO JR *et al.*, 2004). A Figura 19 mostra um esquema de sistema deste tipo.

Figura 19 - Sistema isolado com carga CC sem armazenamento.

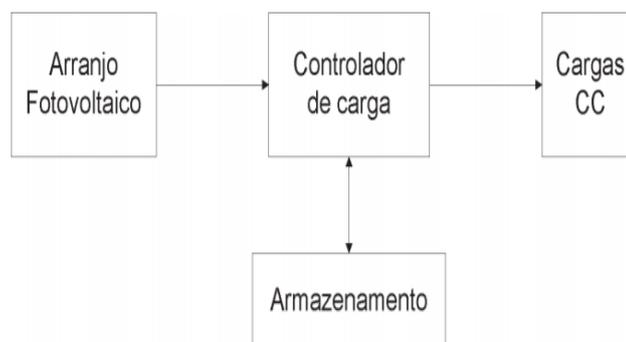


Fonte Prado Jr *et al.*(2004, p.37).

8.1.1.2 Cargas CC com armazenamento

Este é o caso de haver ou não geração fotovoltaica simultânea. Um exemplo muito comum é a ausência de luz solar em dias com maior nebulosidade ou no período noturno. Dessa forma, toda a energia gerada durante o dia é armazenada em baterias, sendo comum o uso de controlador de carga com a finalidade de proteger as baterias de danos por sobrecarga ou descarga profunda. Além dessas características, essa configuração ainda garante que toda a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos seja armazenada com maior eficácia nas baterias. (PRADO JR *et al.*, 2004). A Figura 20 mostra um esquema de sistema deste tipo.

Figura 20 - Sistema isolado com armazenamento e cargas CC



Fonte: Prado Jr *et al.*(2004, p.37).

8.1.2 Controladores de carga

Os controladores de carga são geralmente utilizados em sistemas *Off grid* e têm por objetivo proteger a bateria contra cargas e descargas excessivas, aumentando consideravelmente sua vida útil. Atualmente, possuem várias denominações, são elas: “regulador de carga”, “gerenciador de carga” ou “regulador de tensão”. Algumas vezes, referem-se a controladores de carga com diferentes níveis de sofisticação. (MONTENEGRO, *et al.*, 2014)

Controladores de carga são considerados componentes críticos nos sistemas fotovoltaicos, pois caso haja alguma falha, a bateria estará sujeita a perdas irreversíveis. A sua utilização permite uma otimização no carregamento de baterias. Além de otimizar o carregamento, os controladores de carga também atuam na desconexão de cargas em baixo

estado de carga da bateria e em um maior nível de proteção contra um aumento excessivo de consumo ou uma possível intervenção do usuário (PINHO e GALDINO, 2014).

Um controlador de carga deve possibilitar o ajuste de seus parâmetros e a escolha do método de controle para adaptá-los aos diferentes tipos de bateria. Caso o controlador de carga não possua esses ajustes, já deve ser identificado e vendido a um tipo específico de bateria.

Para um sistema *off grid*, o controlador ideal para a aplicação deve, além de satisfazer os objetivos básicos apresentados, gerenciar da melhor forma possível a disponibilidade de energia solar em relação a carga, necessitando da informação confiável do estado de carga da bateria em um dado instante. Em um sistema fotovoltaico o controlador deve satisfazer os requisitos de operação das baterias como, por exemplo, evitar que baterias de chumbo-ácido atinjam valores de profundidade de descarga menores que os especificados em manuais de fabricante (PINHO e GALDINO, 2014).

Atualmente, existem dois tipos de tecnologias de controladores de carga, o PWM (*pulse width modulation*), que significa “modulação por largura de pulso” e o MPPT (*maximum power point tracking*), que significa “rastreamento do ponto de potência máxima”.

O controlador tipo PWM consegue manter a bateria em sua carga máxima por meio de pulsos de tensão de alta frequência. Com isso, este controlador consegue conferir o status da carga da bateria e ajustar os pulsos enviados. O controlador tipo PWM é o mais utilizado no mercado, pois o valor comercial é muito menor em relação ao MPPT.

Já o controlador de carga MPPT aproveita o máximo da potência que o painel oferece, pois possui a capacidade de monitorar a produção da energia e reduzir as perdas do sistema. O controlador MPPT é mais caro que o PWM, e essa diferença se deve há uma eficiência maior, algo em torno de 30% (PINHO e GALDINO, 2014).

8.2 BATERIAS

Atualmente, no mercado, há vários tipos de baterias, e dentre elas as de chumbo ácido.

As baterias são dispositivos que permitem a conversão de energia química em energia elétrica e vice-versa, por meio da reação eletroquímica de oxidação e redução. No caso da bateria recarregável, o que ocorre é a inversão desse processo.

Embora o termo "bateria" seja muito utilizado, a unidade eletroquímica básica é a "célula". Cada bateria pode possuir uma ou mais células, conectadas em paralelo, em série ou em ambos, dependendo da voltagem e capacidade de saída desejada (MICHELINI, 2017).

No protótipo, é utilizada a bateria recarregável de chumbo ácido, conforme Figura 21.

Figura 21 - Bateria de chumbo ácido



Fonte: Micheline (2017, p. 61).

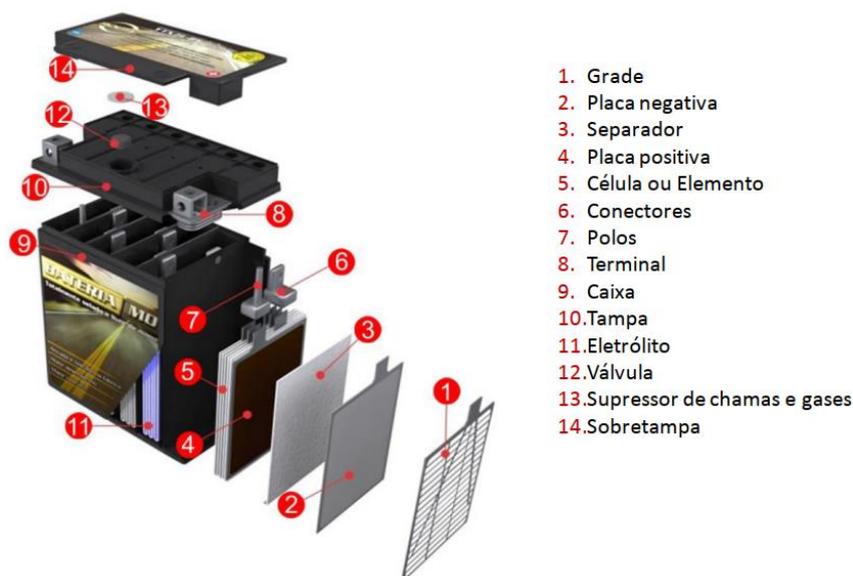
Atualmente, as baterias de chumbo-ácido tem uma ampla utilidade em automóveis e grandes sistemas de fornecimento de energia elétrica ininterrupta (*nobreaks*). (MICHELINI, 2017).

Segundo Prado Jr. *et al.* (2004, p.51), as baterias recarregáveis são chamadas comumente de “acumuladores” ou “baterias de armazenamento”, e são úteis na maioria das aplicações por longos períodos como, por exemplo, em sistemas fotovoltaicos.

Para cada tipo de célula existem as mais variadas tecnologias de construção e diversas possibilidades de composição. Para o caso específico de sistemas fotovoltaicos em si, as baterias chumbo-ácido respondem pela quase totalidade dos sistemas já instalados e às seladas para sistemas pequenos (PRADO JR *et al.*, 2004).

Na Figura 22, pode-se observar os componentes básicos de uma bateria chumbo-ácido regulada por válvula e seus componentes internos.

Figura 22 - Componentes básicos de uma bateria chumbo-ácido



1. Grade
2. Placa negativa
3. Separador
4. Placa positiva
5. Célula ou Elemento
6. Conectores
7. Polos
8. Terminal
9. Caixa
10. Tampa
11. Eletrólito
12. Válvula
13. Supressor de chamas e gases
14. Sobretampa

Fonte: Carneiro *et al.* (2007, p. 899).

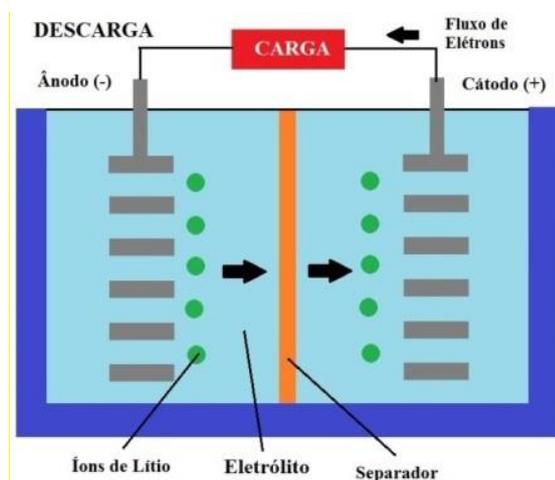
O processo de descarga de uma bateria, seja ela ligada ou não a um circuito elétrico, ocorre devido ao fluxo de elétrons internamente entre os eletrodos. Mesmo sem utilização, as baterias costumam perder a sua carga armazenada naturalmente. As baterias chumbo-ácido possuem uma taxa de autodescarga que varia entre 2% a 5% ao mês sobre condições de temperaturas próximas a temperatura ambiente.

Segundo Carneiro *et al.* (2007, p. 907), um fator que influencia diretamente no processo de auto descarga da bateria é a temperatura; havendo a variação de temperatura de 10°C, pode alterar e até duplicar a taxa de autodescarga da bateria.

Como é possível observar na Figura 23, as baterias são compostas por cátodo e ânodo, ou seja, terminal positivo e negativo. No seu interior, tem-se o eletrólito³, que é por onde os elétrons se movem de um terminal para o outro; no processo de descarga, os íons se movem do ânodo para o cátodo.

³ Eletrólito é toda a substância que, dissociada ou ionizada, origina íons positivos e íons negativos, neste caso é utilizado a solução de ácido sulfúrico diluído em água deionizada.

Figura 23 - Processo de descarga da bateria de Lítio-Íon

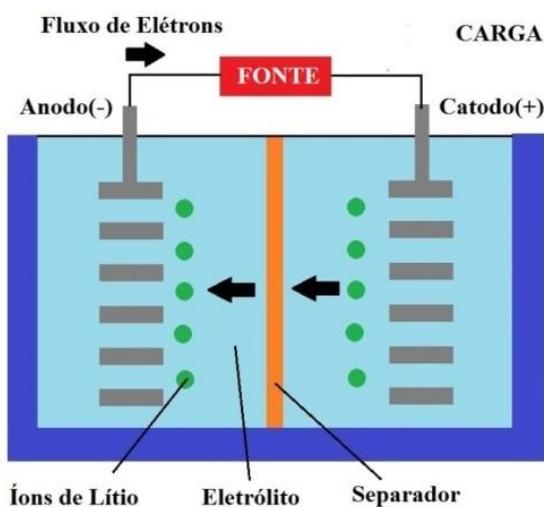


Fonte: Michelini (2017, p. 78).

Durante o processo de carga de uma bateria, o material ativo do seu eletrodo positivo é oxidado, fazendo com que ocorra a transferência de elétrons, que vão fluir e gerar a corrente desejada, reduzindo o eletrodo negativo. O eletrólito deste tipo de sistema pode servir simplesmente como meio para o fluxo dos íons entre os eletrodos, como no caso das baterias íon-lítio ou níquel-cádmio. (CARNEIRO *et al.*, 2007).

Quando a célula é recarregada, ocorre o processo inverso, onde os íons de lítio passam de volta do cátodo para o ânodo, conforme Figura 24.

Figura 24 - Processo de carga da bateria de Lítio-Íon



Fonte: Michelini (2017, p. 78).

As baterias possuem várias especificações técnicas, e dentre elas podemos ressaltar: a capacidade nominal, que nada mais é do que a quantidade de energia elétrica que a bateria pode fornecer à 25°C em um regime de 20 horas, até que a tensão nos seus terminais atinja 10,5V(Volts). Concomitantemente, a bateria é especificada da seguinte forma: 7Ah (ampère-hora) ou 7000mAh (miliampère-hora), que corresponde a capacidade de corrente que se pode tirar de uma bateria num dado período de tempo ou, em outras palavras, a energia que se pode tirar de uma bateria. (MICHELINI, 2017). Além da capacidade de corrente, é possível observar a tensão que a bateria fornece, neste caso, conforme a Figura 25, uma bateria de 12V.

Um exemplo prático é uma bateria de 7Ah que pode fornecer energia para uma carga com 130mAh durante 54 horas, da mesma forma em que uma bateria de 7Ah pode fornecer energia para uma carga com 100mAh durante 70 horas.

Figura 25 - Bateria com especificação de Tensão e Capacidade de carga.



Fonte: Elaboração dos Autores (2019)

9 DESENVOLVIMENTO ESTRUTURAL

O projeto detalhado pertence às fases de criação do protótipo, pois os detalhes construtivos de um produto são criados e não simplesmente escolhidos. Esta é a fase de muitas decisões, ou seja, todos os materiais estruturais, componentes móveis e fixos, elementos de fixação, acabamentos e montagem final são de extrema importância para que se chegue no resultado esperado.

São especificações completas que, juntamente com os desenhos técnicos, devem ser claros e perfeitamente compreensíveis. O objetivo é detalhar o projeto e construir o protótipo de dosador automático para animais domésticos de médio e pequeno porte.

O protótipo de dosador automático inclui o depósito de ração e água; seu acionamento se dá por meio de um motor de corrente contínua, juntamente com o sistema de controle automático com o uso de aplicativo e com fonte de energia solar.

A seguir, são apresentados os processos de montagem mecânica e eletrônica.

9.1 DESENVOLVIMENTO MECÂNICO

O desenvolvimento mecânico teve por base o porte de animal que se objetiva atender com o protótipo. Por isso, o animal de estimação deverá ser de pequeno a médio porte. A estrutura externa do protótipo é totalmente confeccionada em plástico, devido a sua maleabilidade e leveza, além de facilitar seu transporte e confecção de cortes na estrutura. Conforme ilustra a Figura 26, o protótipo tem capacidade para armazenar 3,75 kg de ração. O recipiente contém as seguintes medidas: (altura) 524mm x (diâmetro) 240mm.

Figura 26 - Recipiente e estrutura do protótipo



Fonte: Elaboração dos Autores (2019)

9.1.1 Dosagem do sistema

O mecanismo de dosagem mecânica é a parte responsável pelos movimentos de deslocamento da ração desde o reservatório de ração até o comedouro do animal, e é composta de uma rosca helicoidal rotativa acoplada ao eixo do motor. A rosca helicoidal está montada dentro de uma estrutura tubular feita por canos de PVC, apoiada em uma das suas extremidades por um mancal tipo flange, conforme se observa na Figura 27. O conjunto de dosagem é montado por meio de encaixes e parafusos. O helicóide possui diâmetro externo de 68,6 mm, diâmetro interno (eixo) de 12,6 mm e com o passo de 90 mm, conforme mostrado na Figura 28. O material utilizado na confecção da rosca helicoidal foi o ABS⁴ PLUS, desenvolvido em impressora 3D que, além de oferecer resistência à abrasão e temperatura, é mais leve em relação a outros disponíveis no mercado.

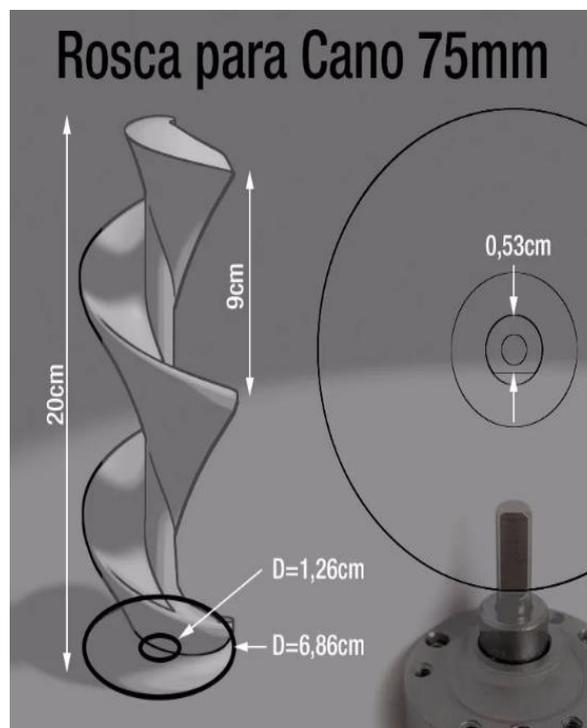
⁴ ABS é um terpolímero formado a partir da copolimerização de três monômeros acrilonitrila, butadieno e estireno. Inicialmente a acrilonitrila é copomerilizada com o estireno, logo depois deste processo é realizado a extrusão juntamente com o polibutadieno, formando o ABS.

Figura 27 - Canos PVC com acoplagem



Fonte: Elaboração dos Autores (2019)

Figura 28 - Rosca Helicoidal para cano de 75 mm.



Fonte: Elaboração dos Autores (2020).

Para a definição da capacidade de dosagem do protótipo, foi utilizada a equação (1, (WEBER, 1995).

$$Q = 4,71.10^{-5}(D^2 - d^2).p.n \quad (1)$$

Onde:

Q: Capacidade, m³/h;

D: Diâmetro da rosca tubular, cm;

d: Diâmetro interno do helicoide;

p: Passo da rosca do helicoide, cm;

n: Rotação, rpm.

Conforme Tabela 2, seguem os dados para a entrada de valores em fórmula e em seguida o resultado aplicado à fórmula. Os valores utilizados na Tabela 2 foram retirados da Figura 28.

Tabela 2 - Valores usados no cálculo de capacidade do transportador

D(cm)	d(cm)	p(cm)	n(rpm)
6,86	1,26	9	11,7

Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

$$Q = 4,71.10^{-5}(6,86^2 - 1,26^2).9.11,7$$

$$Q = 0,225524\text{m}^3/\text{h}$$

Conforme Tabela 3 segue os dados convertidos para algumas unidades de medida.

Tabela 3 - Conversão de valores.

Valor em m³/h	Passar para cm³/h	Passar para cm³/min
$Q = 0,225524 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q = 0,225524 . 1. 10^6$ $Q = 225524 \text{ cm}^3/\text{h}$	$Q = \frac{225524}{60 \text{ min}}$ $Q = 3758,7 \text{ cm}^3/\text{min}$

Fonte: Elaboração dos Autores (2020).

A capacidade calculada é $Q = 0,225524 \text{ m}^3/\text{h} = 225524 \text{ cm}^3/\text{h} = 3758,7 \text{ cm}^3/\text{min}$. para o protótipo com enchimento de 100 % da estrutura tubular por onde passa o alimento, ou seja, sem perdas. Considerando que a massa específica da ração, conforme a Tabela 4, é de 0,4 g/ml e que um copo de 300 ml =120 g, tem-se a capacidade em gramas por cada volta dada pela rosca helicoidal. Convertendo os valores, obtém-se a capacidade de dosagem de 70 gramas de ração por volta, ou seja, valor para cada volta completada pelo helicóide do dosador.

A seguir, seguem os dados calculados para se chegar aos valores obtidos em 25 g/s, equivalente a uma volta.

Tabela 4 - Limites de especificações de umidade, atividade de água e densidade dos produtos extrusados da empresa destinado a *pet*.

Variável	Valor Mínimo	Valor Máximo
Umidade aceitável	-	9,0%
Umidade Ideal	6,0%	8,0%
Atividade de água	-	0,650
Densidade	320 g/l	420 g/l

Fonte: Ocampos (2011, p. 31).

Conforme Tabela 5, seguem os dados para a entrada de valores em fórmula.

Tabela 5 - Valores usados no cálculo para achar a quantidade de ração despejada em uma volta.

Q	rpm	1 hora	u(massa específica)
$0,225524 \text{ m}^3/\text{h}$	11,7	3600 segundos	0,4g/ml ou 400 kg/m ³

Fonte: Elaboração dos Autores (2020).

Onde:

Q: Capacidade, m³/h;

rpm: rotações por minuto;

μ: massa específica kg/m³;

D: Densidade, g/cm³;

$$\frac{11,7}{60} = 0,19 \text{ rotação por segundo}$$

$$0,225524 \left(\frac{m^3}{h} \right) \cdot \left(\frac{1h}{3600s} \right)$$

$$\frac{0,225524}{3600} = 6,26 \cdot 10^{-5} m^3/s$$

$$\mu = \frac{m}{v} \text{ ou } m = u \cdot v$$

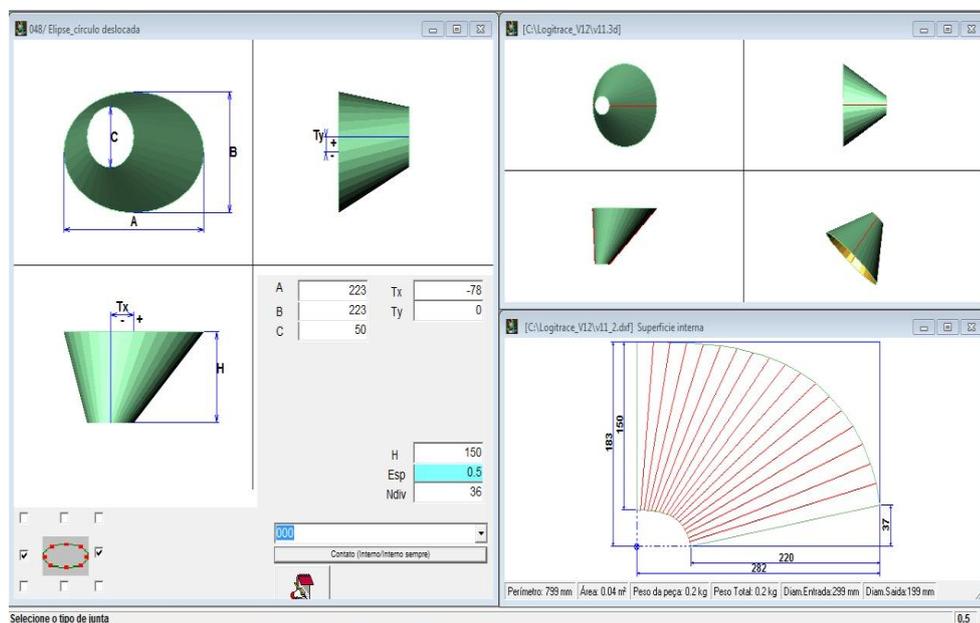
$$m = 400 \text{ kg/m}^3 \cdot 6,26 \cdot 10^{-5} m^3/s$$

$$m = 25g/s$$

9.1.2 Depósito do protótipo

O depósito do sistema tem a função de reter o volume de ração previamente definido para alimentação dos animais num determinado período de tempo. Para que a ração seja despejada de forma gradativa ao sistema transportador de rosca helicoidal, realizou-se o projeto de um funil através do programa LOGITRACE, conforme Figura 29.

Figura 29 - Projeto do funil utilizado no protótipo



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

O material utilizado na confecção do funil foi uma chapa de alumínio 400x400mm e 0,5mm de espessura, e foi utilizado por se tratar de um material resistente à corrosão, dúctil, maleável e de fácil remoção para a limpeza. Conforme Figura 30, pode-se visualizar o funil acoplado ao protótipo.

Figura 30 - Funil de alumínio acoplado ao protótipo



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

O depósito de ração desenvolvido tem capacidade de 9,375 litros (9,37 dm³) - considerando o nível máximo de enchimento -, abastecido com ração para cães com peso específico de 0,40 g/ml. A capacidade do reservatório é de 3750 gramas (3,75 kg) de alimento (ração).

A equação (2) é usada para calcular a quantidade de ração em quilos. Utilizou-se a fórmula da densidade e volume para achar a massa.

$$D = \frac{m}{v} \quad \text{ou} \quad m = D \cdot v \quad (2)$$

Onde:

D: Densidade, g/cm³;

m: massa, g;

v: volume, cm³.

Conforme Tabela 6, seguem os dados para a entrada de valores na fórmula abaixo e, em seguida, o resultado aplicado à fórmula.

Tabela 6 - Valores para cálculo de armazenamento do protótipo.

D(g/cm ³)	v(cm ³)	1 litro = 1 dm ³ = 1000 cm ³
0,4	9375	9,375.1000 = 9375 cm ³

Fonte: Elaboração dos Autores (2020).

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

$$9,375.1000 = 9375$$

$$m = 0,4 . 9375 = 3750g \text{ ou } 3,75 \text{ kg}$$

Capacidade de armazenamento do reservatório é de 3,75kg.

Já o reservatório de água⁵ que está acoplado à estrutura mecânica do dosador não contará com acionamento eletroeletrônico, pois o sistema garante o fornecimento de água purificada e envazada, certificando a qualidade da água e evitando seu contato direto com objetos estranhos (pelos, patas, poeira) que poderiam ocasionar algum problema de saúde ao animal. Ainda, o reservatório pode ser ajustado pelo período de tempo necessário para cada ocasião (o tamanho da garrafa pode ser escolhido de acordo com a necessidade do proprietário) mantendo, assim, o consumo de água suficiente para o animal em qualquer situação. Na Figura 31, há o modelo idêntico ao utilizado no protótipo.

⁵ O *dispenser* de água foi adquirido comercialmente, sendo apenas acoplado ao protótipo.

Figura 31 - Bebedouro Automático para cães e gatos com acoplador para garrafa PET.



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

9.1.3 Especificação do motor

O acionamento de todo o sistema de despejamento da ração ocorre pela aplicação da força e torque gerado pelo acionamento do motor de CC, que está acoplado diretamente no eixo da rosca helicoidal. A forma com que o motor é acionado se dá através da placa ESP8266, previamente programada para a situação requerida. A escolha da potência do motor baseou-se em alguns pontos, são eles: capacidade de armazenamento, do comprimento da rosca helicoidal e do material transportado, contanto que a posição de trabalho da rosca helicoidal seja na horizontal. Segundo Silva *et al.* (2000), a potência do motor pode ser estimada conforme equação(3 e os dados do Quadro 1, sendo usado o fator de potência em função do material. Na Tabela 7 estão os dados utilizados no cálculo.

$$Pt = 2,2 \cdot 10^{-4} (Q \cdot \mu \cdot L \cdot \phi) \quad (3)$$

Onde:

Pt = Potência requerida pelo transportador, cv;

Q = Capacidade, m³/h;

μ = massa específica do material, kg/m³;

L = comprimento total do transportador, m;

φ = fator de potência, adimensional.

Quadro 1 - Fator de potência em função do material.

Produto	Massa específica (kg.m ⁻³)	Fator de potência (Fm)
Cevada	609	0,4
Soja	800	0,5
Milho	720	0,4
Aveia	416	0,4
Arroz	769	0,4
Trigo	770	0,4
Farelo	250	0,4

Fonte: Weber (1995).

Tabela 7 - Valores para cálculo de potência requerida pelo transportador.

Q(m ³)	μ(kg/m ³)	1cv	L(m)	φ = Fator de potencia Quadro1
0,225524	400	735,49W	0,2	0,4

Fonte: Elaboração dos Autores (2020).

$$Pt = 2,2 \cdot 10^{-4} (0,225524 \cdot 400 \cdot 0,2 \cdot 0,4)$$

$$Pt = 1,602 \cdot 10^{-3} \text{ cv}$$

$$Pt = 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 735,49$$

$$Pt = 1,17W$$

A potência requerida pelo motor para acionar o transportador é de 1,17W. Além da potência requerida pelo transportador, é preciso achar o torque necessário para que o transportador saia do seu estado inicial zero. O torque necessário ao motor é dado pela equação(4, conforme Weber (1995) e aplica-se a seguinte fórmula:

$$T = 9550 \cdot \left(\frac{Pt}{n} \right) \quad (4)$$

Onde:

T: Torque, N/m;

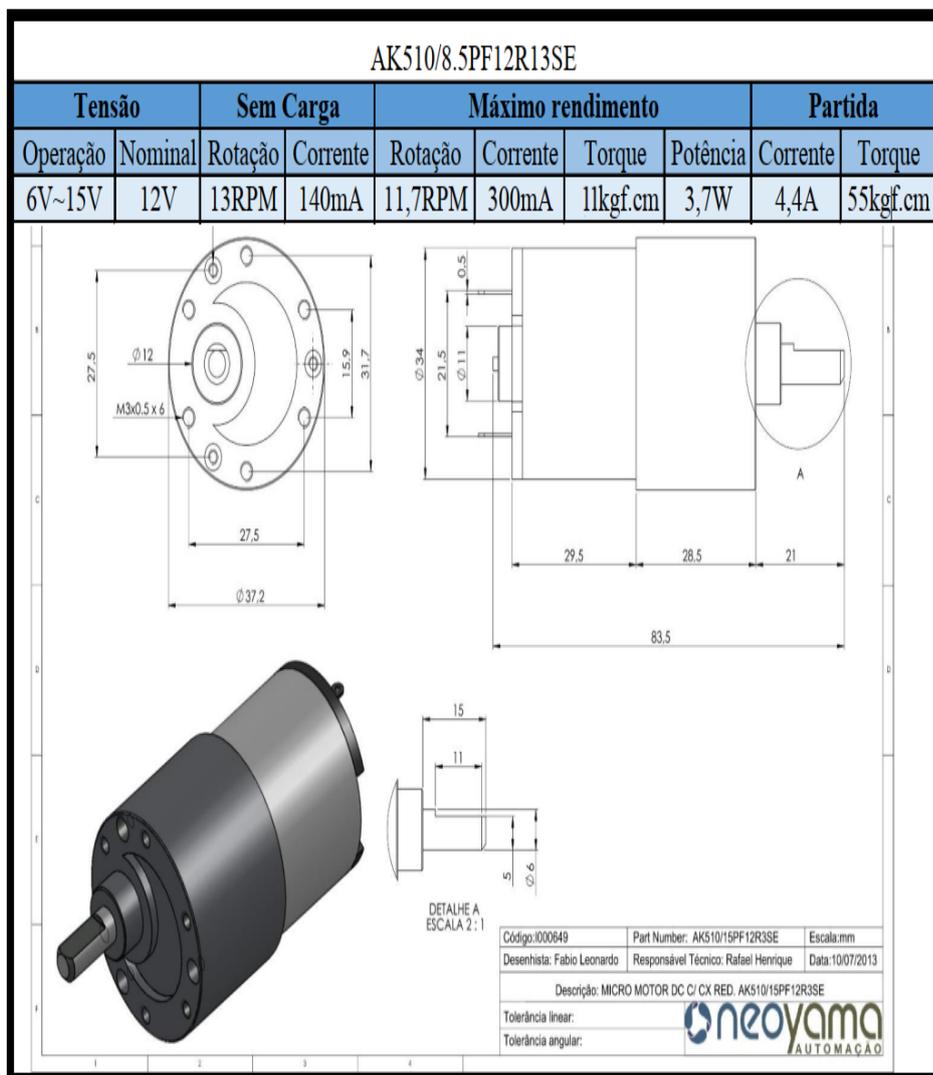
Pt: Potência requerida pelo transportador, kW.

n: rotação por minuto.

$$T = 9550 \cdot \left(\frac{0,00117}{11,7} \right) = 0,995 \text{ N/m}$$

Ao aplicar a fórmula, chegou-se ao resultado de 0,995N/m. Conforme Figura 32, o torque do motor é de 11kgf/cm. Ao converter esse valor para N/m, o resultado obtido foi 1,0787 N/m. Dessa forma, foi escolhido o motor de corrente contínua por atender as especificações de Torque e potência apresentados nos cálculos anteriores. Outro ponto muito importante levado em consideração foi o seu tamanho reduzido, que proporcionou um encaixe perfeito dentro do recipiente.

Figura 32 - Especificações do motor.



Fonte: (Neomotion, 2020)

9.2 DESENVOLVIMENTO DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE

Conforme Siembra Automação (2017), “automação pode ser definida como a aplicação de tecnologias de software, hardware e equipamentos específicos em processos produtivos”. Ainda de acordo com o autor, “o principal objetivo da automação industrial é implementar projetos que sejam capazes de aumentar a autonomia dos processos de fabricação e reduzir ao máximo o esforço humano na cadeia de valor”.

O desenvolvimento de automação e controle tem como base a aplicação de técnicas de desenvolvimento em programação e projetos elétricos neste protótipo. Nesse ínterim, a automação do protótipo tem por objetivo facilitar o dia a dia do usuário em uma de suas funções básicas: manter o seu animal de estimação alimentado, mesmo estando distante.

Além de controlar remotamente o protótipo, o usuário pode ficar despreocupado caso haja falta de energia elétrica em sua residência, pois o protótipo é autossustentável e possui bateria interna.

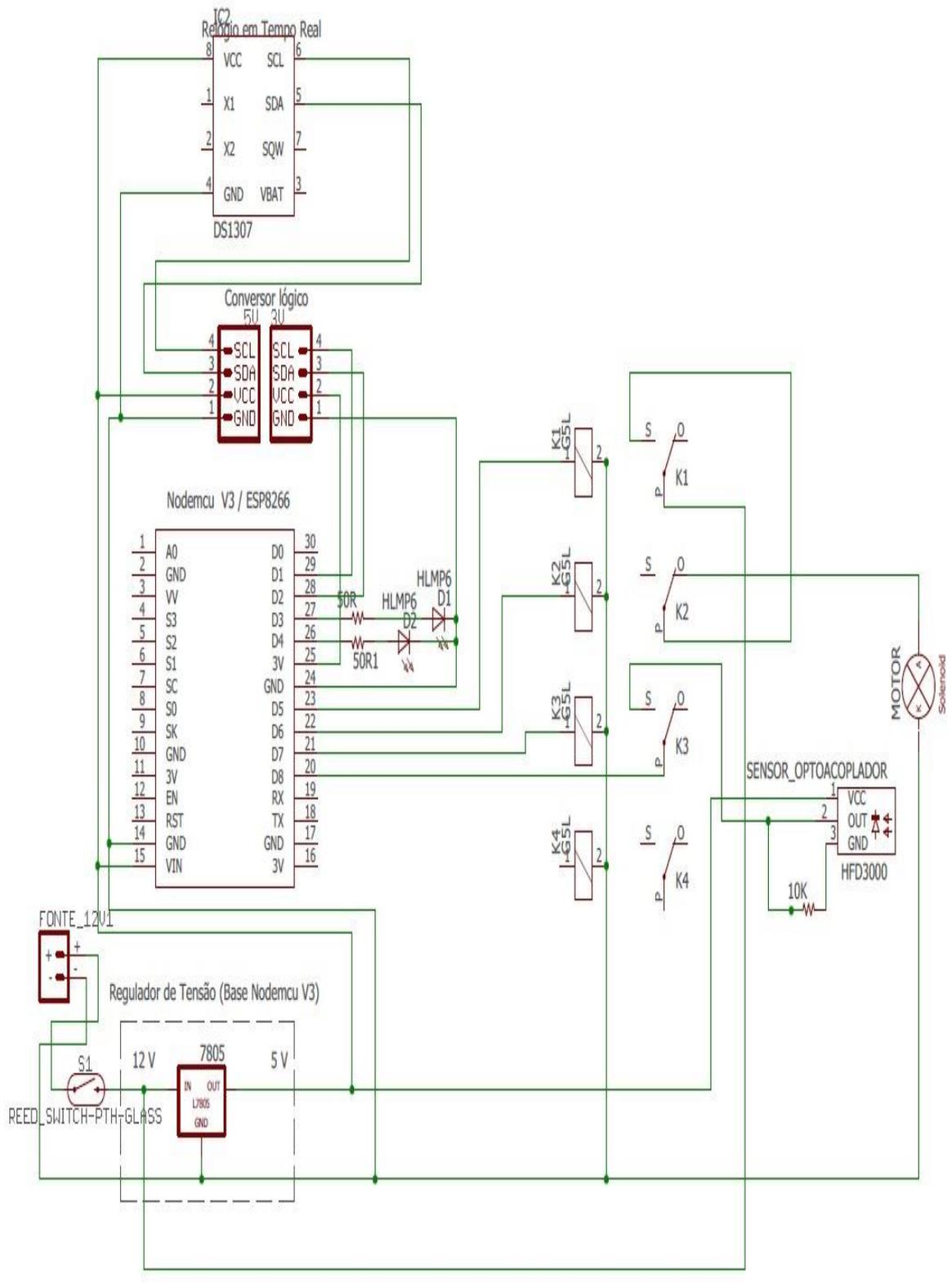
O protótipo realiza o acionamento à distância do motor de corrente contínua através do micro controlador ESP8266; a placa tem por finalidade realizar acionamentos, receber informações e realizar a comunicação com o aplicativo *Blynk*.

9.2.1 Projeto eletrônico

Antes de se iniciar ou realizar qualquer tipo de montagem física dos componentes, realizou-se o projeto eletrônico, que tem por finalidade buscar alternativas que envolvem soluções para o protótipo, representar e fornecer um “mapa”. O esquemático explica como deve ser a organização e o funcionamento de cada componente. Para realizar o projeto eletrônico, utilizou-se o *Software EAGLE*⁶, pois possui uma biblioteca vasta de circuitos impressos. Conforme Figura 33 e Figura 34, tem-se o projeto eletrônico do protótipo, com todos os componentes utilizados.

⁶ Segundo Autodesk (2020), *EAGLE* é “um *software* de automação de projetos eletrônicos (EDA). Com ele, os projetistas de placas de circuito impresso (PCB, *printed circuit board*) podem conectar com perfeição diagramas esquemáticos, posicionamento de componentes, roteamento de placa de circuito impresso e um amplo conteúdo de bibliotecas”.

Figura 33 - Esquema elétrico do protótipo – Parte 1.

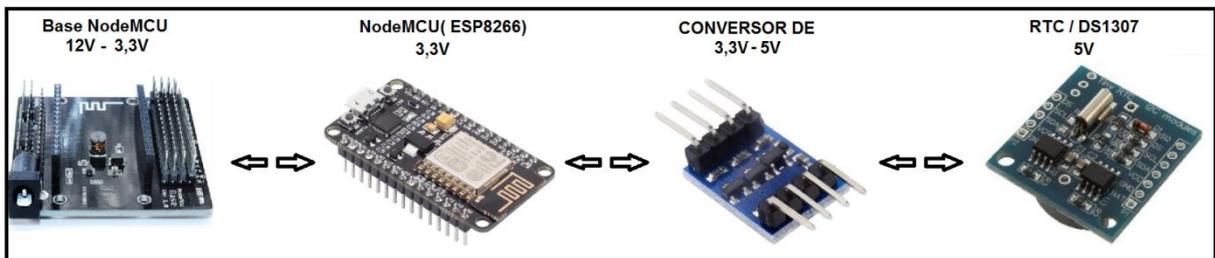


Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

o módulo NODEMCU e a placa DS1307, mantendo, assim, os dados de hora e data atualizados.

O conversor de nível lógico foi utilizado visando estabelecer a conversão de tensões distintas e constituir a comunicação entre as placas, já que o módulo DS1307 não aceita uma tensão inferior a 5V. Conforme Figura 35, têm-se as tensões de operação por cada placa, facilitando o entendimento.

Figura 35 - Sequência de instalação dos componentes

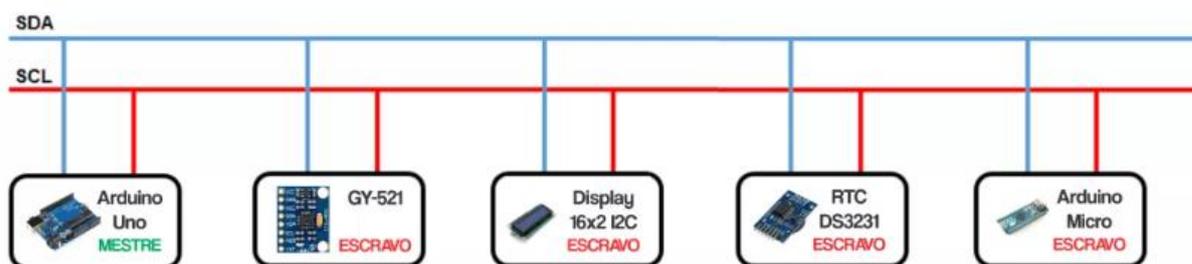


Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

O modo de funcionamento do protocolo I2C é baseado na comunicação de elementos seguindo uma hierarquia mestre/escravo. Em um sistema onde há vários dispositivos se comunicando entre si, um deles deve atuar como mestre, sendo o restante escravo. A função do dispositivo mestre é a de coordenar a comunicação entre o restante dos dispositivos. A estrutura a qual se baseia o protocolo I2C é de barramento que, por sua vez, consiste em um arranjo no qual todos os elementos se encontram conectados ao ramal principal. O barramento de comunicação I2C pode ser dividido em dois barramentos, o SDA (*Serial Data*) e o SCL (*Serial Clock*); o primeiro é responsável pela troca de dados entre os dispositivos; o segundo, tem por finalidade sincronizar os dispositivos e garantir a confiabilidade do sistema.

Segundo site Vida de Silício (2017), pode-se ter até 127 dispositivos conectados à rede. Conforme Figura 36, é possível visualizar a estrutura do barramento.

Figura 36 - Exemplo prático de barramento I2C



Fonte: (Vida de Silício, 2017)

9.2.3 Módulo ESP8266

O microcontrolador ESP8266 foi escolhido por atender as necessidades específicas do projeto, possuir comunicação de rede sem fio no padrão IEEE 802.11⁷ b/g/n, possuir o protocolo WPA/WPA2 relacionado à segurança de senhas e possuir um baixo consumo de energia - em modo *sleep* consome algo em torno de 10 a 20uA(microampère), já em sistema de trabalho normal consome de 80 a 100mA. A temperatura de operação do módulo foi um fator muito importante para a sua escolha, pois consegue proporcionar um excelente desempenho mesmo em temperaturas muito distintas, tendo variação de -40°C a 125°C. Outro item que foi levado em consideração na escolha do módulo foi o nível de tensão de trabalho, que é de 3,3v. Todo o protótipo se baseia em níveis de tensão apropriados à segurança e bem estar do animal e seu dono, para que não ocorra nenhum incidente relacionado a choque elétrico.

O módulo ESP8266 chega a uma taxa de transmissão de dados de até 72,2 Mbps na frequência de 2,4 GHz baseado no padrão de comunicação IEEE 802.11 n.

O WPA2 é um protocolo de certificação que utiliza o AES (*Advanced Encryption Standard*), sistema de encriptação mais seguro usado atualmente. O módulo possui esse sistema, impedindo assim que outro usuário tente se conectar sem senha.

De modo que o módulo ESP8266 seja conectado à fonte do sistema pela tensão de 12VDC e a conexão de cabos seja facilitada, utilizou-se a placa base de expansão NodeMCU

⁷ É um padrão utilizado para especificar redes sem fios. As mais conhecidas são IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n, O número 802.11 refere-se às redes sem fio e a letra corresponde à forma como ela trabalha, em que frequência e velocidade opera.

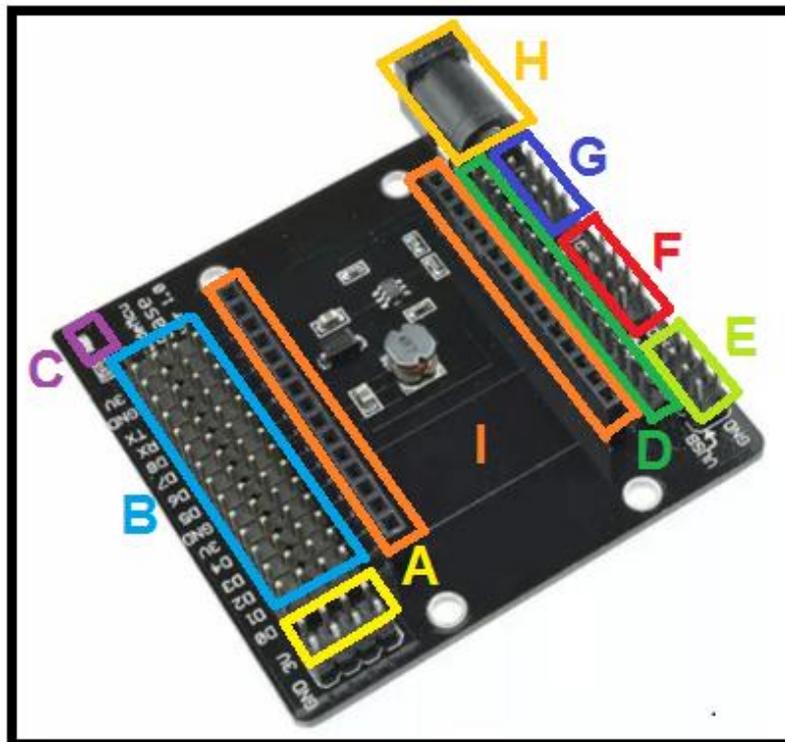
V3, pois possui um regulador de tensão interno de 1A e facilita a conexão entre circuitos externos/módulos e sensores.

Abaixo temos as seguintes características da placa de expansão NodeMCU V3.

- a) Tensão de operação entre 6 a 24VDC;
- b) Alimentação via conector *jack* com positivo no centro;
- c) Possui bloco de pinos para alimentação com cabo USB;
- d) Possui bloco de pinos bem dispostos e que são referentes à pinagem do NodeMCU;
- e) Mesmo conectado à base, o NodeMCU pode ser alimentado pela porta USB;
- f) Valores de tensão disponíveis na placa: tensão da fonte de alimentação 5VDC / 3.3VDC;

Na Figura 37, observa-se a base de expansão NodeMCU e, em seguida, o Quadro 2 com a descrição de cada parte correspondente.

Figura 37 - Base de expansão NodeMCU V3



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

Quadro 2 - Descrição detalhada da base de expansão NodeMCU V3.

LETRA	DESCRIÇÃO
A	Pinos com tensão de 3.3VDC.
B	Pinos referentes às entradas / saídas digitais, RX / TX e alimentação.
C	LED que indica se o NodeMCU V3 está conectado à base.
D	Conexões referentes aos demais pinos do NodeMCU.
E	Pinos para alimentação via USB.
F	Pinos com tensão de 5VDC.
G	Pinos com tensão igual à da fonte de alimentação da placa.
H	Conector <i>jack</i> para alimentação da base com fonte DC.
I	Encaixe para o NodeMCU.

Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

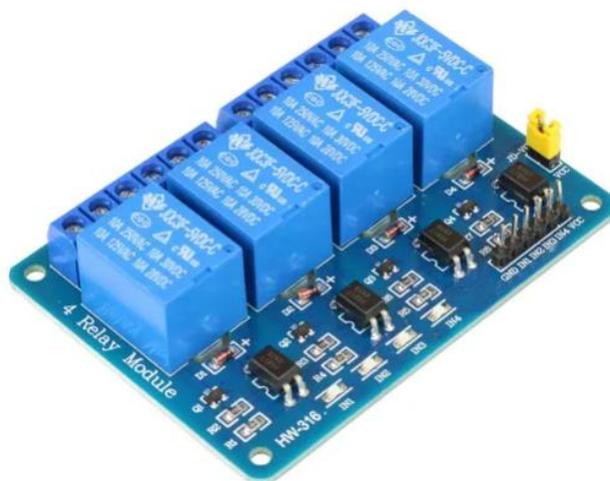
9.2.4 Relé optoacoplador e sensor infravermelho reflexivo E18-d80nk

Através do comando dado pelo usuário ao aplicativo e aos horários predefinidos pelo usuário, o NodeMCU gera um sinal de saída, realizando assim o acionamento do *relé* optoacoplador. O *relé* foi utilizado pois o módulo não suporta a carga requerida pelo motor, sendo escolhido o *relé* de modelo JQC-3FF-S-Z, pois atende às especificações de carga do motor. Os contatos do *relé* suportam tensões e correntes mais elevadas (250VAC-10A), e sua tensão de acionamento é de 5VDC. Na Figura 38, segue o modelo utilizado no protótipo.

As características referentes ao *relé* utilizado são:

- a) Tensão de operação: 5VDC (VCC e GND);
- b) Tensão de sinal: 5VDC (IN1 e IN2);
- c) Corrente típica de operação: 15~20mA;
- d) Cada *relé* possui 3 terminais 1 contato NA, 1 NF e o Comum;
- e) Contato do *relé* permite tensão de até 250VAC a 10A;
- f) Tempo de resposta: 5~10ms;
- g) Indicador LED de funcionamento.

Figura 38 - Módulo *relé* de quatro canais.



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

Conforme os horários pré-definidos pelo usuário para que a *pet* receba a comida, com o passar do tempo, a quantidade de ração no reservatório tende a diminuir. No aplicativo usado no protótipo foi colocado um alarme, a fim de que avise o usuário que a quantidade de ração no reservatório está em nível mínimo, alertando para que se reponha a comida o mais breve possível. Para gerar essa informação, foi utilizado o sensor Infravermelho Reflexivo Industrial E18-d80nk, conforme mostra a Figura 39, um sensor amplamente utilizado no ramo de projetos embarcados. A necessidade de ter a informação precisa fez com que esse sensor fosse colocado no projeto; alguns outros sensores foram testados, porém não atenderam aos requisitos básicos, gerando, assim, alarmes em falso, instabilidade na leitura e inconsistência e local de apoio com dificuldades. O sensor infravermelho reflexivo é um módulo de reflexão fotoelétrico que integra um emissor e um receptor, no mesmo corpo, e possui um range de atuação maior em comparação a outros - cerca de três a oitenta centímetros de atuação. Em seu corpo, possui um parafuso de ajuste, que é realizado de acordo com a necessidade. No projeto, realizou-se o ajuste para que o sensor emitisse o sinal quando o reservatório chegasse à quantidade mínima de ração de 1 kg.

O sensor não informa a distância, mas sim se há ou não algum objeto (obstáculo) dentro da faixa de detecção ajustada. As características do sensor estão logo abaixo:

- a) Tensão de operação: 5VDC;
- b) Corrente de operação: 10-15mA;

- c) Faixa de detecção: 3-80cm;
- d) Diâmetro sensor: 18mm;
- e) Comprimento sensor: 45mm.

Figura 39 - Sensor Infravermelho Reflexivo E18-d80nk



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

Na Figura 40, é possível observar o sensor fixado ao suporte de metal, confeccionado em alumínio e com ângulo de 90°, pois com o ângulo de 90° o sensor fica alinhado com o centro do orifício do funil, proporcionando, assim, uma medida exata da quantidade de ração.

Figura 40 - Suporte do sensor Infravermelho Reflexivo E18-d80nk



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

9.2.5 Sistema de fornecimento de energia ao protótipo

Pensando no usuário e contribuindo com o meio ambiente, o protótipo foi desenvolvido para ser colocado em qualquer lugar, independentemente de haver ou não fontes de energia elétrica. O sistema conta com energia renovável, ou seja, energia solar fotovoltaica.

O sistema responsável pela geração de energia é composto por:

- a) Paineis solares policristalinos;
- b) Controlador de carga;
- c) Bateria;
- d) Cabos para conexão.

Segundo Pinho e Galdino, 2014, p. 298 “O projeto de um sistema fotovoltaico envolve orientação dos módulos, disponibilidade de área, estética, disponibilidade do recurso solar, demanda a serem atendidos e diversos outros fatores”.

Algumas etapas para realização do projeto foram definidas, são elas:

- a) Avaliação do recurso solar, no local onde será colocado o protótipo.
- b) Levantamento adequado de demanda e consumo de energia elétrica;
- c) Dimensionamento do sistema de armazenamento (baterias);
- d) Dimensionamento do gerador fotovoltaico (placa fotovoltaica);
- e) Dimensionamento do controlador de carga.

A avaliação do recurso solar foi realizada através do *site* do CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito), que fornece dados referentes à energia solar e energia eólica disponível em cada região do país. A região a ser consultada foi Capivari de Baixo, SC, sendo solicitada a latitude e longitude do local. Conforme Figura 41, foi realizada a consulta com a latitude de -28,45 e longitude de -48,98.

Figura 41 - Consulta ao *site* CRESESB - latitude e longitude.

Coordenada Geográfica

Latitude: 28.45 Sul Longitude: 48.98 Oeste

Norte:

graus decimais (00.00°)

graus, minutos e segundos (00°00'00°)

Buscar Limpar

I. Os valores válidos de latitude devem estar na faixa de 12° Norte e 40° Sul e de longitude na faixa de 30° Oeste e 80° Oeste. Em caso de dúvida entre em contato conosco.

Localidades próximas

Latitude: 28,45° S
Longitude: 48,98° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]												Média	Delta				
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set			Out	Nov	Dez	
<input checked="" type="checkbox"/>	Capivari de Baixo	Capivari de Baixo	SC	BRASIL	28,401° S	48,949° O		6,2	5,85	5,42	4,60	3,81	2,99	2,53	2,75	3,48	3,61	4,46	5,74	6,14	4,28	3,61
<input checked="" type="checkbox"/>	Tubarão	Tubarão	SC	BRASIL	28,5° S	48,949° O		6,3	5,96	5,46	4,63	3,82	3,01	2,54	2,74	3,47	3,62	4,50	5,80	6,23	4,32	3,69
<input checked="" type="checkbox"/>	Gravatá	Gravatá	SC	BRASIL	28,401° S	49,049° O		8,7	5,75	5,33	4,56	3,79	2,99	2,53	2,73	3,48	3,61	4,42	5,69	6,07	4,25	3,54

Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

A etapa de consulta ao *site* do CRESESB forneceu a irradiação solar diária média mensal do local escolhido. Para dimensionamento de off grid, foi utilizado o método do mês crítico. O método também é chamado de intuitivo e consiste na realização do dimensionamento do sistema considerando um balanço de energia durante o período do ano, no qual ocorrem as condições médias mais desfavoráveis para o sistema (PINHO e GALDINO, 2014).

9.2.5.1 Levantamento da demanda e do consumo de energia elétrica

Primeiramente, foi realizado o levantamento de todos os componentes utilizados no protótipo, juntamente com a potência de cada componente, fornecida pelo *datasheet* de cada componente. Em seguida, determinou-se o tempo diário de funcionamento e os dias de utilização por semana, para que se obtivesse os dados diários de energia consumida, em Wh/dia, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Cálculo de consumo diário de energia

ITEM	POTENCIA(W)	TEMPO LIGADO HORAS DIA	Wh/dia
Sensor Infravermelho	0,075	24	1,8
NodeMCU (ESP8266)	0,33	24	7,92
Motor	3,7	0,0833333	0,308333
RTC	0,0025	24	0,06
Relé	0,1	0,0833333	0,008333
Conversor	0,075	24	1,8
Potência total	4,2825		11,89667

Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

Um fator muito importante a ser observado consiste no tipo de alimentação das cargas, se em corrente contínua (CC) ou alternada (CA). O protótipo utiliza corrente contínua, dispensando assim o uso de inversor.

9.2.5.2 Dimensionamento do sistema de armazenamento (baterias)

Toda bateria possui um ciclo de carga e descarga. Conforme Pinho e Galdino (2014, p. 167), o processo de carga é a “conversão de energia elétrica em potencial eletroquímico, que ocorre no interior da célula, restaurando a energia química da mesma, mediante o fornecimento de uma corrente elétrica a partir de uma fonte externa”. Já o processo de descarga baseia-se na retirada de corrente elétrica mediante acoplamento de carga.

Segundo Pinho e Galdino (2014, p. 169), a eficiência global de watt-hora (W/h), também conhecida como eficiência energética, é “determinada pela razão entre a energia retirada da bateria durante o processo de descarga e a energia total característica do estado de carga inicial”. A eficiência global de uma bateria de chumbo ácido gira em torno de 86%.

Diante dessa eficiência de 86%, foi aplicada a fórmula para correção do consumo; antes da correção era de 11,89Wh/dia, conforme Quadro 3.

A equação (5) detalha como foi realizado o cálculo.

$$C = \left(\frac{C_{CC}}{\eta_{bat}} \right) + \left(\frac{C_{CA}}{\eta_{bat} * \eta_{inv}} \right) \quad (5)$$

Onde:

C: Correção do consumo em (Wh/dia);

C_{CC} : Carga consumida em corrente contínua (Wh/dia);

η_{bat} : Eficiência global da bateria chumbo ácida.

No protótipo, não é utilizado corrente alternada, portanto não há os valores correspondentes à carga consumida em corrente alternada. Com a aplicação da fórmula abaixo, chegou-se à correção de consumo em corrente contínua de 13,83Wh/dia.

$$C = \left(\frac{C_{CC}}{\eta_{bat}} \right) = \frac{11,88}{0,86} = 13,83Wh/dia$$

De acordo com a equação (6), é possível calcular a capacidade do banco de baterias em Ah. De acordo com Pinho e Galdino (2014, p. 312), “os valores típicos de profundidade de descarga utilizados para baterias de ciclo raso são entre 20 e 40 % e, para as de ciclo profundo, de 50 a 80 %”. No cálculo, foi utilizado a taxa de 40% de profundidade da bateria. De acordo com a necessidade do nosso protótipo, o tempo de funcionamento em autonomia da bateria é de sete dias.

$$CBI_{C20}(Ah) = \left(\frac{C * N}{V_{bat} * P_d} \right) \quad (6)$$

Onde:

$CBI_{C20}(Ah)$: Capacidade em Ah do banco de bateria em descarga de 20h.

C: Correção do consumo em (Wh/dia);

N: Número de dias de autonomia da bateria;

V_{bat} : Tensão do sistema (Vcc);

P_d : Máxima profundidade de descarga da bateria.

$$CBI_{C20}(Ah) = \left(\frac{13,83 * 7}{12 * 0,4} \right) = 3,22Ah$$

Diante do valor calculado, estima-se uma bateria de 3,22Ah; porém, diante dos valores comerciais que envolvem custo e autonomia, foi colocado a bateria de 7Ah, que atenderá perfeitamente a demanda.

9.2.5.3 Dimensionamento do gerador fotovoltaico

Utilizando o método do mês crítico, conforme afirma Pinho e Galdino (2014, p. 308), “supõe-se que se o sistema funcionará adequadamente nesse mês, e isso ocorrerá também nos demais meses do ano. Assim sendo, o sistema produzirá mais energia nos outros meses nos quais as condições forem mais favoráveis”. Dessa forma, o método utiliza valores médios mensais de irradiação solar.

Utilizando o *site* do CRESESB e usando os valores de latitude e longitude, foi realizada a consulta para se obter o valor de irradiação mensal (HSP) do mês mais crítico. Conforme Figura 42, foi obtido o valor de 3,51 no mês de Junho.

Figura 42 - Irradiação solar considerando o método do mês crítico

Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Capivari de Baixo
 Município: Capivari de Baixo, SC - BRASIL
 Latitude: 28,401° S
 Longitude: 48,949° O
 Distância do ponto de ref. (28,46° S; 48,98° O): 6,2 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
☐	Plano Horizontal	0° N	5,05	5,42	4,60	3,81	2,99	2,53	2,75	3,48	3,61	4,45	5,74	6,14	4,20	3,61
☑	Ângulo igual a latitude	28° N	5,24	5,19	4,82	4,50	3,94	3,51	3,73	4,31	3,90	4,37	5,22	5,39	4,51	1,89
☐	Maior média anual	23° N	5,40	5,29	4,84	4,44	3,82	3,37	3,60	4,22	3,90	4,44	5,38	5,59	4,52	2,21
☐	Maior mínimo mensal	44° N	4,55	4,68	4,58	4,55	4,16	3,78	3,99	4,44	3,78	4,02	4,58	4,63	4,31	,90



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

Para descobrir a potência necessária para o painel fotovoltaico, foi utilizado, de acordo com Pinho e Galdino (2014, p. 309), os parâmetros descritos na equação (7).

$$P_m = \left(\frac{C}{HSP * Red1 * Red2} \right) \quad (7)$$

Onde:

P_m : Potência do painel fotovoltaico (W ou Wp);

C: Correção do consumo em (Wh/dia);

HSP: Horas de sol pleno no plano do painel fotovoltaico (h/dia);

Red1: Fator de redução das potências dos módulos, devido ao acúmulo de sujeira na superfície da placa, degradação da placa ao longo do uso e perdas devido à temperatura. A estes fatores, atribui-se o valor de 0,75 para módulos de silício;

Red2: Fator de depreciação da potência devido a perdas no sistema, isso inclui: controlador, fiação e diodos. A este valor, recomenda-se o valor padrão de 0,9.

$$P_m = \left(\frac{13,83 \text{ Wh/dia}}{3,51 \text{ h/dia} * 0,75 * 0,8} \right) = 6,56 \text{ W}$$

Diante da aplicação da fórmula, a potência mínima da placa fotovoltaica para o projeto é de 6,56Wp. Ao procurar painéis solares no mercado, o painel de 10W atenderia o protótipo perfeitamente; porém, realizando uma pesquisa detalhada em diversos fornecedores, constatou-se uma diferença mínima em valores comerciais para o painel solar de 20W. Sendo assim, optou-se pelo painel de 20W. Na Figura 43, há as especificações da placa escolhida.

Figura 43 - Especificações placa solar



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

9.2.5.4 Dimensionamento do controlador de carga

De acordo com Pinho e Galdino (2014, p. 214), os controladores modernos para sistemas *off grids* “são equipamentos de eletrônica de potência microprocessados, que operam

em PWM e efetuam a carga da baterias em 3 estágios: grossa, absorção e flutuação, às quais pode se incluir uma quarta fase, a equalização”.

O controlador deve, além de realizar os três estágios citados acima, possuir sistema de proteção interno, para proteger de forma eficiente tanto a bateria como o painel fotovoltaico.

Para realizar o dimensionamento do controlador de carga, é levada em consideração a tensão do sistema, a potência instalada pelo sistema e a corrente de curto circuito da placa fotovoltaica escolhida. Conforme Figura 43, os dados obtidos são:

- a) Tensão do sistema: 12V;
- b) Corrente de curto circuito da placa fotovoltaica: 1,83A;
- c) Potência do sistema conforme Quadro 3: 4,28W.

Dentre os dados apresentados, temos a corrente de curto circuito da placa fotovoltaica de 1,83A. A corrente das cargas do sistema foi obtida através da equação da lei de Ohm ($I = P/V$), chegando-se ao resultado de 0,35A. Tendo em vista que a capacidade de corrente mínima que o controlador deve possuir é de 1,83A, foi determinado que o controlador de carga utilizado no sistema seria de 10A. A escolha foi baseada em seu custo comercial, pois o custo do controlador de carga de 5A é parecido em relação ao de 10A. Além disso, visando acoplagens futuras de componentes, o controlador de carga de 10A atenderia melhor a essa demanda. Na Figura 44, há o modelo de controlador de carga utilizado no protótipo.

Figura 44 - Controlador de carga



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

Abaixo segue as especificações do controlador de carga.

- a) Tensão de operação: 12V;
- b) Corrente: 10A;
- c) Potência máxima: 180W;
- d) Proteção de sobrecarregamento: 14.5V;
- e) Desconexão de baixa tensão (lvd): 10.7V;
- f) Reconexão de baixa tensão: 12.6V;
- g) Consumo de corrente sem carga: 10mA;
- h) Modo de carga: PWM;
- i) Seção do cabo: 2,5 mm² ;
- j) Temperatura de operação: -35 ~ 60 °C;
- k) Peso: 150g;
- l) Conexão Usb: 5V /1A.

Além da capacidade de carga do controlador a ser utilizado, também foi levado em consideração outros aspectos na escolha do modelo do controlador, tais como:

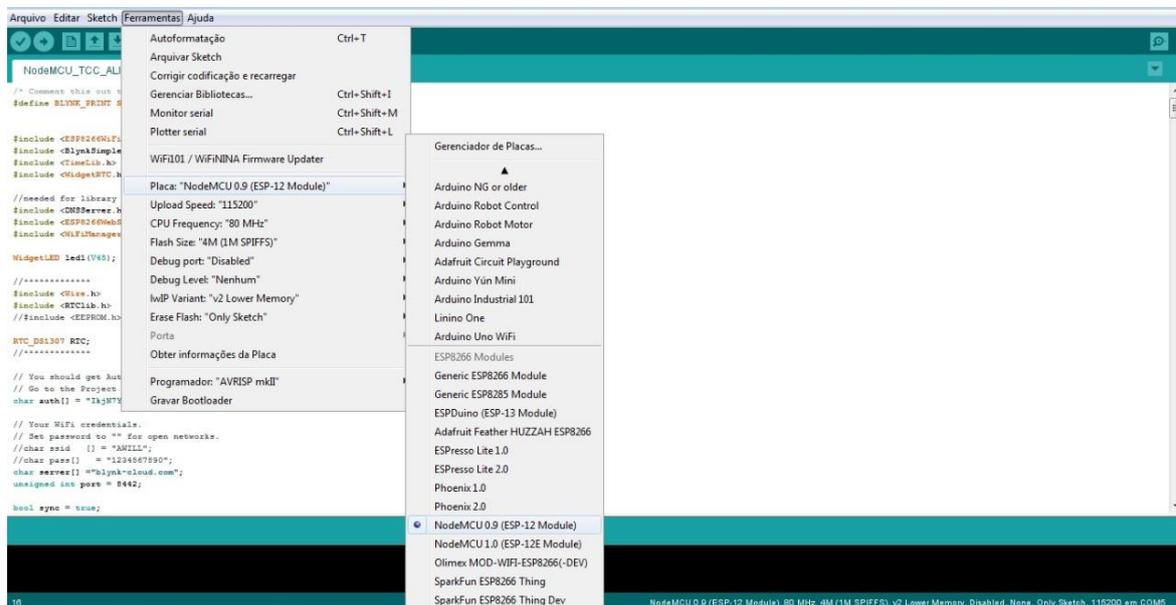
- a) proteção de sobrecarregamento de tensão nos polos da bateria;

- b) desconexão da carga quando atingir o nível de segurança para preservar sua vida útil;
- c) realizar a conexão da bateria quando atingir o nível mínimo de tensão necessária para o sistema funcionar.

9.3 PROGRAMAÇÃO DO *SOFTWARE*

Para realizar a conversão de um programa escrito em uma linguagem que o protótipo consiga entender, nós utilizamos um compilador. A ação de converter um programa para linguagem de máquina é chamada compilar. Para compilar o programa desenvolvido, foi usado um ambiente de desenvolvimento (ou IDE, do inglês *Integrated Development Environment*) conforme Figura 7. O microcontrolador utilizado no protótipo foi o NodeMCU ESP8266. Com base nessa informação, foi realizada a seleção do *software* NodeMcu na IDE conforme Figura 45.

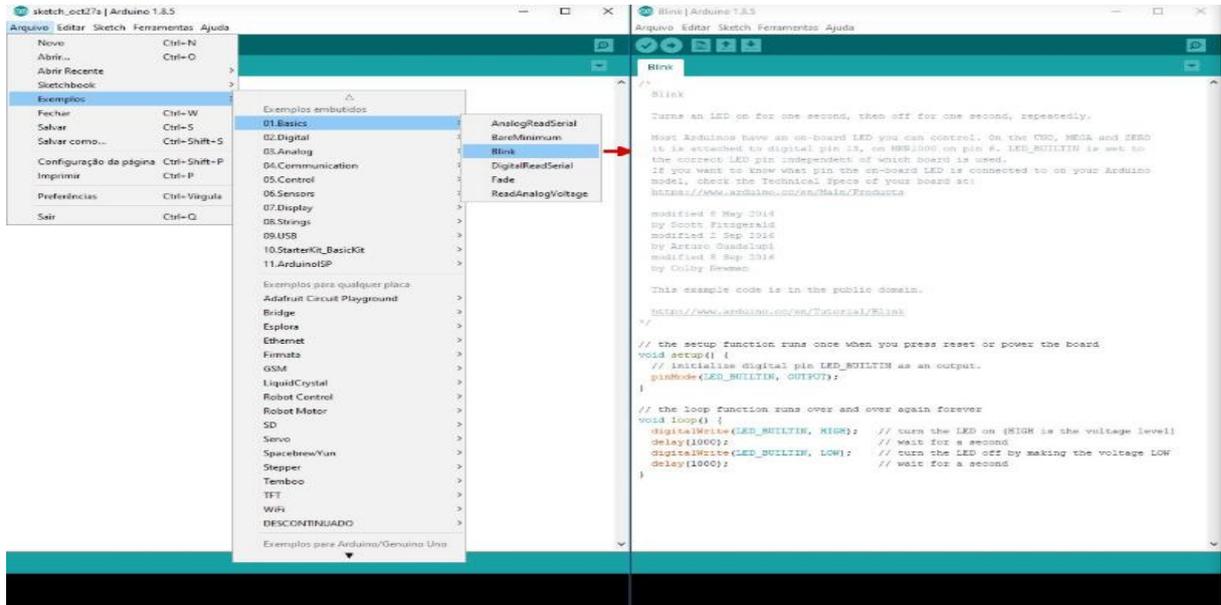
Figura 45- Escolha da placa NodeMCU na IDE



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

Todavia, para realizar a comunicação entre o aplicativo *Blynk* e a placa NodeMCU, foi realizada a colocação da biblioteca do *Blynk* na IDE do arduino, conforme Figura 46.

Figura 46 - Inclusão da biblioteca Blynk na IDE



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

Com a escolha do NodeMCU e a inclusão da biblioteca do aplicativo *Blynk*, foi realizada a programação em linguagem C++, que contém todas as informações necessárias para que o protótipo funcione de maneira desejada.

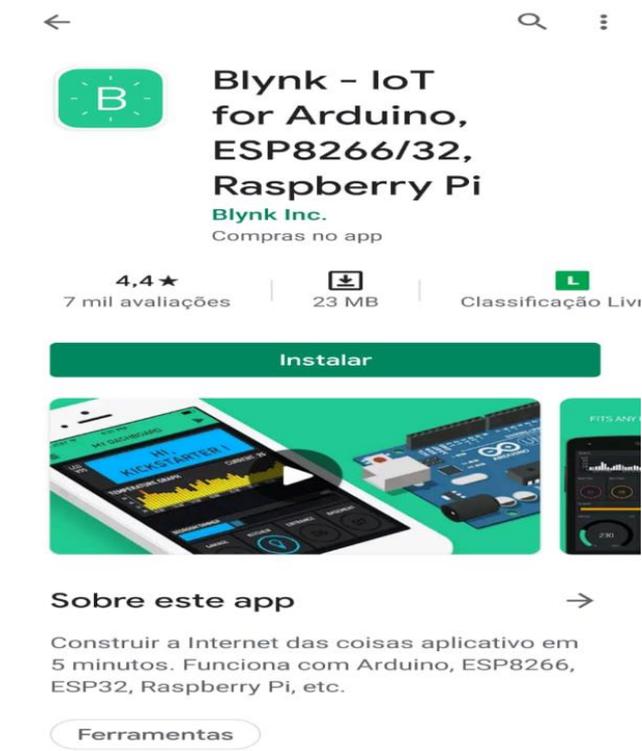
9.4 APLICATIVO USADO NO PROTÓTIPO

O aplicativo utilizado para controlar e acionar remotamente o protótipo foi o *Blynk*. A escolha foi baseada em alguns requisitos, como o fato do aplicativo estar disponível tanto para o sistema *Android* quanto para o sistema *iOS* e possuir o seu próprio servidor. Desse modo, o usuário não precisa estar conectado a mesma rede *wi-fi* para acessar o servidor do *blynk*.

O servidor armazena todas as variáveis de controle permitindo, assim, que o usuário consiga reinstalá-lo sem perder as informações caso o aplicativo seja excluído.

O aplicativo pode ser baixado na *Play Store*, conforme Figura 47. A *play Store* é a loja oficial da *Google*.

Figura 47 - Aplicativo *Blynk* na *Playstore*



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

Assim que baixado o aplicativo, o usuário deve acessar o código QR para ter acesso as suas funcionalidades. A programação e o *layout* realizado para o protótipo no aplicativo ficam no servidor do *Blynk*, e o usuário tem acesso apenas às funcionalidades do protótipo. Conforme a Figura 48, observa-se o *layout* inicial do protótipo, de acesso ao usuário.

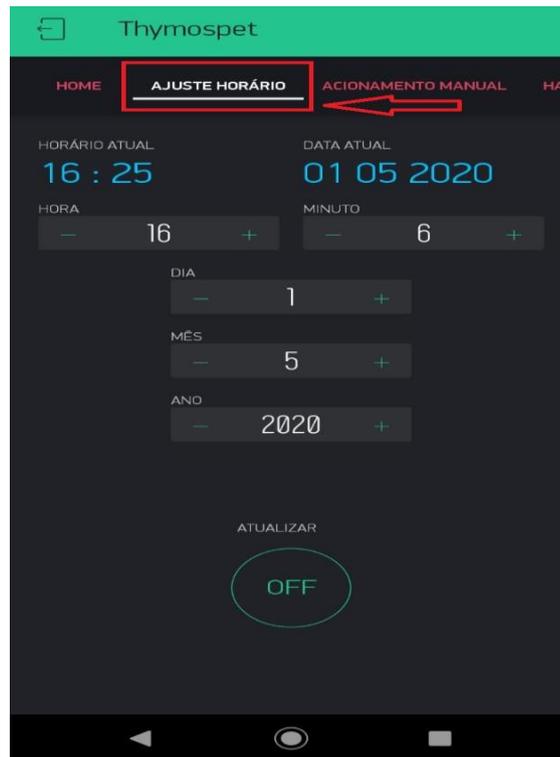
Figura 48 - Tela inicial de configuração do protótipo.



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

Nesta tela, o usuário pode programar até 6 (seis) refeições diárias ao animal de estimação, bem com estipular os horários de cada refeição. A cada refeição, o usuário delimita a quantidade de porções que o *pet* receberá. Cada porção equivale a 25 gramas de ração e, para que cada porção seja dada, o aplicativo possui os botões *on/off*, sendo possível habilitar (*ON*) ou desabilitar (*OFF*) a quantidade de vezes que o *pet* receberá de ração no dia. Na Figura 48, o possível usuário programou apenas duas refeições dentre as 6 disponíveis, e recebe em tempo real o alerta de pouco alimento. Esse alerta foi colocado para avisar ao usuário que o protótipo está com o nível mínimo de ração, equivalente a 1kg de ração. Em outra aba do aplicativo, o usuário consegue atualizar o horário e data do protótipo, conforme demonstrado na Figura 49.

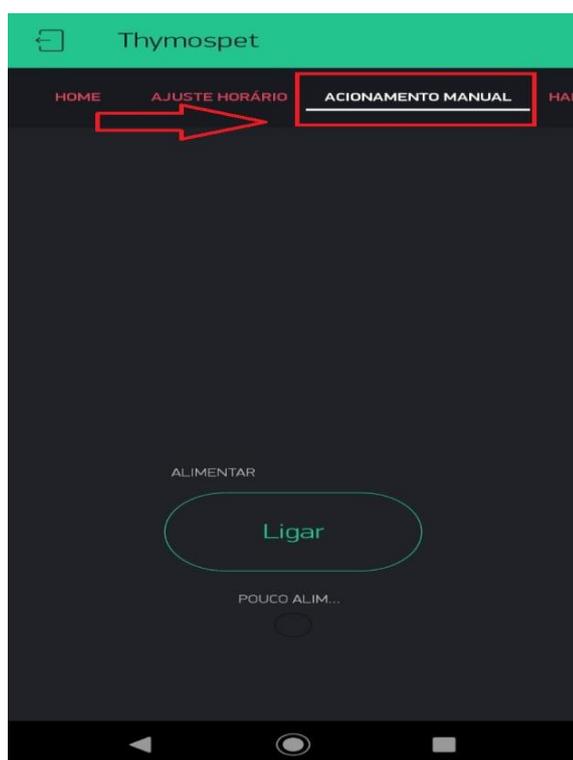
Figura 49 - Aba para atualização de horário



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

Além de fornecer alimentação conforme horários pré-programados, caso o usuário decida realizar o acionamento manualmente via aplicativo, ele tem essa opção acessando a terceira aba do aplicativo, em que o protótipo despeja ração conforme o acionamento do botão “ligar”. Dessa forma, a ração será despejada até o momento em que o usuário retirar o dedo do botão; essa lógica foi utilizada para evitar que o protótipo despeje ininterruptamente a ração caso o usuário esqueça o botão ligado. Essa opção está representada na Figura 50.

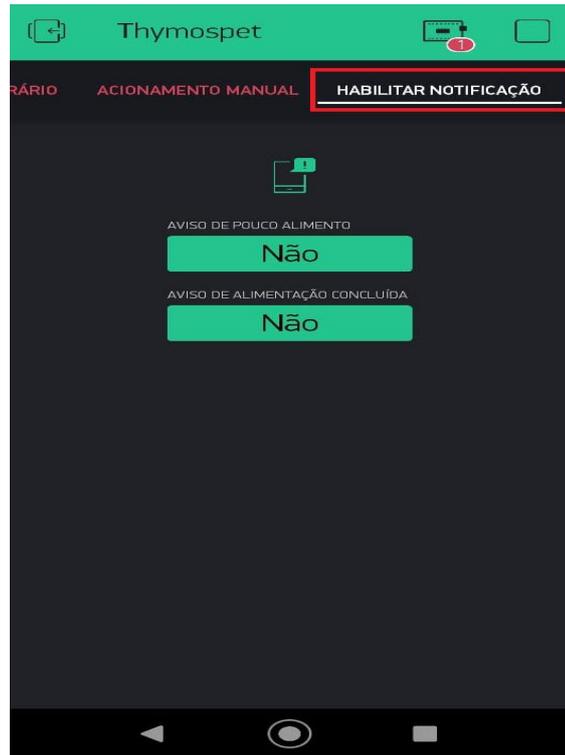
Figura 50 - Acionamento manual do protótipo



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

Por fim, tem-se a aba para habilitar notificações. Nessa aba, o usuário configura o envio de duas notificações; em uma delas, é informado que a ração foi depositada no horário programado e, na outra, é informado que o nível de ração no recipiente está no limite mínimo. Conforme Figura 51.

Figura 51 - Aba habilita notificações



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

9.5 LAYOUT E CONFIGURAÇÃO FINAL DO PROTÓTIPO

Antes de inicializar o protótipo, é preciso conhecer seu funcionamento e interatividade com o meio externo. Primeiramente, é necessário abastecer o reservatório de ração, retirando a tampa superior e preenchendo até o nível máximo suportado pelo protótipo. Além da ração, o dono deve realizar o preenchimento do recipiente específico para a água, acoplada na estrutura do protótipo, conforme exemplificado na Figura 52. Para isso, basta retirar a garrafa do suporte e enchê-la de água potável.

Figura 52 - Reservatório de água



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

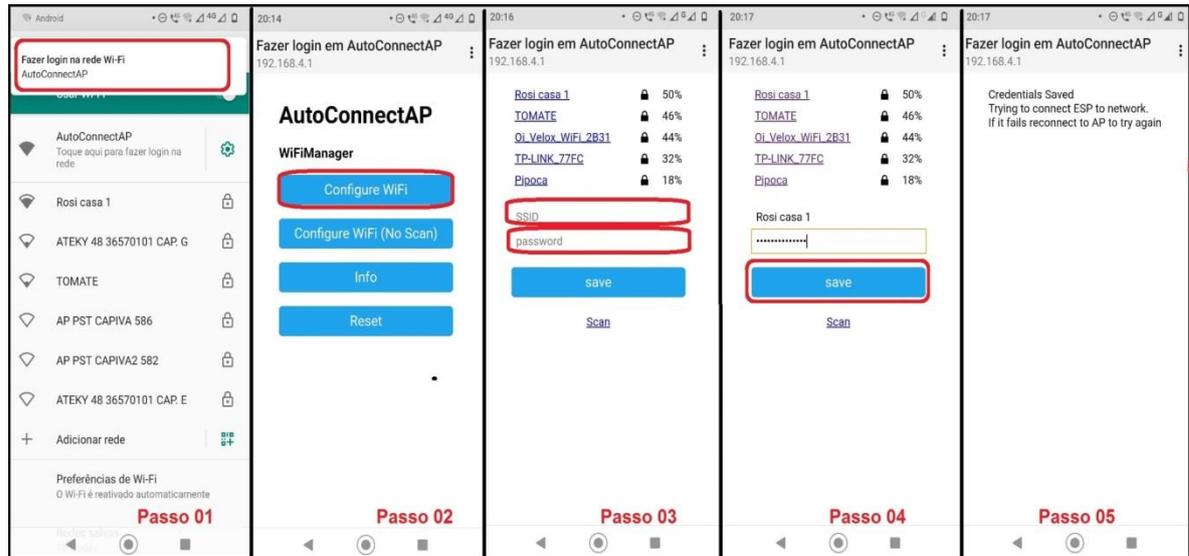
Conforme exposto na Figura 52, após tudo montado e alinhado, deve-se ligar o dosador através do botão localizado na parte traseira do protótipo. O dosador possui dois *leds* indicativos, sendo que o led verde indica que o protótipo está ligado e o *led* azul indica que o protótipo está conectado a rede de *wi-fi*. A placa solar deve ser conectada à estrutura do protótipo, através do conector situado na extremidade do cabo.

Para conectar o protótipo a sua rede de internet *wi-fi*, deve-se seguir os seguintes passos:

- a) Conectar seu dispositivo na rede *AutoConnectAP*;
- b) Aguardar a opção: “fazer *login* na rede”;
- c) Através da opção “configure *wi-fi*”, selecione sua rede e digite sua senha de rede.

A Figura 53 mostra os detalhes de como realizar o passo a passo.

Figura 53 - Configurando o protótipo na rede *wi-fi*



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

Após essa etapa, o protótipo já estará configurado na rede, e o *led* azul acenderá indicando que a configuração realizada está certa. Em seguida, é necessário ter acesso ao aplicativo de operação do dispositivo, seguindo as instruções contidas na tampa do dosador conforme registrado na Figura 54. Após a instalação do aplicativo, é sincronizado o código QR. Após esses passos, o usuário terá acesso às funcionalidades do aplicativo.

Figura 54 – Acesso ao aplicativo para funcionamento do Protótipo



Fonte: Elaboração dos Autores (2020)

10 CONCLUSÃO

O mercado de *pet shops* no Brasil aumenta cada vez mais e, com isso, as possibilidades na criação de dispositivos voltados para essa área seguem a mesma tendência.

Este trabalho apresentou o protótipo de um dosador alimentar, controlado à distância se conectado à *internet*, realizado via aplicativo, contando ainda com fonte de energia renovável que ajuda a preservar o meio ambiente.

Como foi detalhado ao longo do projeto, os *pets* necessitam que seus horários de refeição sejam regrados, pois a alimentação adequada dos animais está diretamente ligada a sua saúde e bem estar. Por isso, a principal vantagem deste protótipo está no fato do aplicativo proporcionar ao usuário a liberdade de escolher a quantidade de refeições e seus respectivos horários de liberação do alimento, levando em conta as necessidades nutricionais específicas do seu animal de estimação, sem precisar seguir intervalos lógicos ou mesmo respeitar horários inteiros. O usuário ainda tem a liberdade de colocar o protótipo em ambientes que não possuem energia elétrica, pois o protótipo conta com o sistema embarcado de energia solar, tendo a sua própria fonte de energia proveniente da irradiação solar, com autonomia mínima de sete dias, mesmo durante dias de chuva.

Futuramente, a fim de melhorar o desempenho do protótipo, pode-se planejar a implementação da automatização do sistema de água, bem como a incorporação de um sistema de câmeras que torne possível ao usuário monitorar o seu animal de estimação.

REFERÊNCIAS

ALLAFI I.; Iqbal T., **Design and Implementation of a Low Cost Web Server Using ESP32 for Real-Time Photovoltaic System Monitoring**, IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC), pg. 1 – 5, 2017. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8286184>>. Acesso em 15 Out.. 2019

APTEKMANN, Karina Preising *et al.* Aspectos nutricionais e ambientais da obesidade canina. **Ciência Rural**, v.44, n.11, nov, 2014. Disponível em: <chrome-extension://cbnaodkpfinfiiipjblikofhlhlcickei/src/pdfviewer/web/viewer.html?file=https://www.redalyc.org/pdf/331/33132576022.pdf>. Acesso em 13 out. 2019.

AUTODESK. EAGLE. **Autodesk**, 2020. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/eagle/overview>>. Acesso em: 20 Maio 2020.

BLYNK. Blynk. **Como funciona o Blynk**, 2019. Disponível em: <<https://docs.blynk.cc>>. Acesso em: 13 Out. 2019.

BRAGA, N. C. Como funciona o motor de corrente contínua. **Instituto Newton C Braga**. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/3414-art476a>>. Acesso em: 13 Out. 2019.

BRAGA, N. C. **Fontes de alimentação**. 1ª. ed. São Paulo: INTITUTO NEWTON C BRAGA., 2013.

BRASIL, Toledo. Do. Toledo do Brasil. **Você sabe como funciona uma célula de carga?**, 11 maio 2017. Disponível em: <<https://www.toledobrasil.com.br/blog/artigos/detalhe/voce-sabe-como-funciona-uma-celula-de-carga>>. Acesso em: 13 Out. 2019.

CARCIOFI, Aulus Cavalieri; JEREMIAS, Juliana Toloí. Progresso científico sobre nutrição de animais de companhia na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Sociedade Brasileira de Zootecnia, v. 39, p. 35-41, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/1837>>. Acesso em 13 out. 2019.

ESPRESSIF. **Espressif**. **Sobre Espressif**, 2019. Disponível em: <<https://www.espressif.com/en/company/about-us/who-we-are>>. Acesso em: 18 Out. 2019.

FELIPE, Luís.; LIMA, Júnior. Minha casa solar. **Qual a diferença entre sistemas On grid e Off grid**, 2018. Disponível em: <http://blog.minhacasasolar.com.br/qual-diferenca-sistemas-on-grid-off-grid/?gclid=CjwKCAjwusrtBRBmEiwAGBPgE751_CNIUn_YnAokPfgvE94mWhFklDHmUHOajKVvLXz7mzP9tCfqRhoCfq4QAvd_BwE>. Acesso em: 25 Out. 2019.

FILIFELOP. Filipeflop. **Módulo ESP32-CAM com camera OV2640 - Especificações**, 2019. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-esp32-cam-com-camera-ov2640-2mp>>. Acesso em: 20 Out. 2019.

FLEURY, Maria Tereza Leme; WERLANG, Sérgio. **Pesquisa aplicada**: reflexões sobre conceitos e abordagens metodológicas. Disponível em: <chrome-extension://cbnaodkpfinfiiipjblfikofhlhlcickei/src/pdfviewer/web/viewer.html?file=https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/18700/A_pesquisa_aplicada_conceito_e_a_bordagens_metodo1%C3%B3gicas.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. Acesso em 26 out. 2019.

IBGE. **População de animais de estimação no Brasil – 2013**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/insumos-agropecuarios/anos-anteriores/ibge-populacao-de-animais-de-estimacao-no-brasil-2013-abinpet-79.pdf> Acesso em 01 set. 2019.

JORNAL ELETRÔNICO NOVO MILÊNIO. **RTC**. Santos, 2001. Disponível em: <http://www.novomilenio.inf.br/glossar/eglossr.htm>. Acesso em: 13 mai. 2020

PRADO JR, Fernando A, *et al.* **Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Especial. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2004.

LUIZ, Aldir. Moisés. **Como aproveitar a energia solar**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 1985.

MARCHESAN, M. **Sistema de monitoramento residencial utilizando a plataforma arduíno**. Santa Maria, 2012. Disponível em <chrome-extension://cbnaodkpfinfiiipjblfikofhlhlcickei/src/pdfviewer/web/viewer.html?file=http://www.redes.ufsm.br/docs/tccs/Marcelo_Marchesan.pdf> Acesso em: 06 out. 2019.

MICHELINI, Aldo. **Baterias recarregáveis para equipamentos portáteis**. 1ª. ed. São Paulo: [s.n.], 2017.

MICROCONTROLLER PROS CORPORATION. DS1307 real-time clock. [S.l.], 2003. Disponível em: <http://microcontrollershop.com/product_info.php?products_id=1046>. Acesso em: 13 mai. 2020.

MIGUEL C. Brito, JOSÉ. A. Silva. Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em electricidade. **Solar**, Lisboa, p. 7. Disponível em: <http://solar.fc.ul.pt/i1.pdf>. Acesso em: 24 Out. 2019.

MOURA, Wandgleisom Garcia de. **A construção social do mercado pet food no Brasil**: estudo de caso da família Sens. 2013. 52 f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Ciências Sociais). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <TCC_Wand.final... 13_formatada A5_pronto.pdf> Acesso em 13 out. 2019.

NEOMOTION. **Neomotion**, 2020. Disponível em: <https://neomotion.com.br/micromotor-dc/micromotor-dc-c-caixa-de-reducao/>. Acesso em: 19 maio 2020.

OCAMPOS, J. F. L. Utilização do CEP para Estudo do Processo de Fabricação de Rações Animais Peletizadas e Extrusadas. 2011. 117 f (Engenharia de Produção) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. Tradução de Heloisa Coimbra da Silva. 5a. ed. São Paulo: Pearson, 2010. 2-16 p.

OGOSHI, Rosana Claudio Silva *et al.* Conceitos básicos sobre nutrição e alimentação de cães e gatos. In: *Ciência animal*, 25 (1), 2015, Fortaleza. **Palestra apresentada no III Congresso Estudantil de Medicina Veterinária da UECE**. Fortaleza, 2015. p. 64-75. Disponível em <www.uece.br/cienciaanimal/dmdocuments/palestra06_p64_75.pdf> Acesso em: 01 set. 2019.

PASTORI, Érica Onzi; MATOS, Liziane Gonçalves. Da paixão à “ajuda animalitária”: o paradoxo do “amor incondicional” no cuidado e no abandono de animais de estimação. **Caderno Eletrônico de Ciências Sociais**, Vitória, v. 3, n. 1, p. 112-132, set. 2015.

PETLOVE. (12 de outubro de 2019). Disponível em <https://www.petlove.com.br/alimentador-eletronico-hoison-baba-robo-para-pet/p/destaque?sku=1571337&gclid=Cj0KCQjw84XtBRDWARIsAAU1aM3WjFJEN69eh5kVGrfkBY0AmKw7FAgVattIbpiKyq3QnlG5sYHGVcaAqQ6EALw_wcB>. Acesso em 12 out. 2019.

PETBR. **A força dos nutrientes**. Disponível em:<<http://www.petbr.com.br/racao1.asp>> Acesso em: 01 set. 2019.

PINHO, J. T.; GALDINO, M.A (org.). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014.

ROYALPETS. (12 de outubro de 2019). Disponível em: <<https://www.royalpets.com.br/alimentador-automatico-programavel-premium.html>>. Acesso em 12 out. 2019.

SIEMBRA AUTOMAÇÃO. **SIEMBRA**, 2017. Disponível em: <<https://www.siembra.com.br/noticias/o-que-e-automacao-industrial/>>. Acesso em: 20 maio 2020.

SILVA, João. Manoel. Gomez. Da. UFRGS. **ECE.UFRGS**, 3 março 2000. Disponível em: <<http://www.ece.ufrgs.br/~jmgomes/pid/Apostila/apostila/node5.html>>. Acesso em: 17 Out. 2019.

SILVA, S. et al. Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas. In: SILVA, J. D. S. E. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. [S.l.]: [s.n.], 2000. p. 297-300.

SOUZA, D. J. D. **Desbravando o PIC**. 2004. ed. São Paulo: Erica, 2004. 21-22 p.

STILO PLAST. (12 de outubro de 2019). Disponível em: <<https://www.stiloplast.com.br/alimentador-automatico-caes-gatos>>. Acesso em 12 out. 2019.

SYSTEMS, Espressif. FilipeFlop. **ESP32 Datasheet**, Outubro 2016. Disponível em: <https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_ESP8266_esp32_en.pdf>. Acesso em: 20 Out. 2019.

THIOLLENT, Michel. **Pesquisa ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 2009.

THOMAZIN, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. D. **Sensores Industriais fundamentos e aplicações**. 8. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2011.

UNO, A. Arduino. **Arduino**, 2019. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acesso em: 17 Out. 2019.

VIDA de Sílico. **Protocolo I2C**, 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/i2c-comunicacao-entre-arduinos/>>. Acesso em: 21 MAIO 2020.

WEBER, Érico A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995.