



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE QUIXADÁ
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

PAULA ARAUJO FEITOSA

**PROTÓTIPO DE UM ALIMENTADOR AUTOMÁTICO PARA ANIMAIS DE
ESTIMAÇÃO**

QUIXADÁ
2025

PAULA ARAUJO FEITOSA

PROTÓTIPO DE UM ALIMENTADOR AUTOMÁTICO PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Campus de Quixadá da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Me. Marcelo Martins da Silva.

QUIXADÁ

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F336p Feitosa, Paula Araujo.

Protótipo de um alimentador automático para animais de estimação / Paula Araujo Feitosa. – 2025.
59 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá,
Curso de Engenharia de Computação, Quixadá, 2025.

Orientação: Prof. Me. Marcelo Martins da Silva.

1. Alimentador Automático. 2. ESP32. 3. Sensor Infravermelho. 4. Animais de Estimação. 5. Automação.
I. Título.

CDD 621.39

PAULA ARAUJO FEITOSA

PROTÓTIPO DE UM ALIMENTADOR AUTOMÁTICO PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Campus de Quixadá da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Computação.

Aprovada em: 04/08/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Marcelo Martins da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Armando Cavalcante Aguiar
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Bela. Marianna de Pinho Severo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha família, por sua capacidade de acreditar e investir em mim. Pai, seu apoio significou segurança e certeza de que não estou sozinha nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus pela oportunidade que me foi concebida de cursar essa faculdade que me trouxe inúmeras experiências, tanto acadêmicas quanto pessoais. Seu direcionamento será sempre uma bússola na minha vida.

Agradeço ao meu pai, Paulo Feitosa, que me apoiou moralmente e financeiramente durante todo o percurso da faculdade, sempre disposto a me ajudar em todos os sentidos. Você será sempre uma motivação na minha vida por ser esse pai tão incrível. À minha querida irmã, Paloma Feitosa, por todo o suporte emocional e acolhimento quando precisei. Ao meu cunhado e fonte de inspiração, Elinardo Goiabinha (*in memoriam*), por todos os conselhos e créditos depositados na minha pessoa. À minha gatinha, Kiki (*in memoriam*), que esteve comigo e me fez companhia durante todo esse período longe da minha cidade. E ao meu namorado, Eule Ezequiel, por ter estado ao meu lado na reta final do curso, me proporcionando momentos inesquecíveis.

Ao meu amigo e orientador, Marcelo Martins da Silva, por sua excelente orientação: sua experiência foi vital para a conclusão desta monografia. À banca, professor Paulo Armando e Marianna Pinho, pelas valiosas contribuições, e aos professores que a UFC de Quixadá me proporcionou, em especial: Thiago Werley, Joel Ramiro, Viviane de Menezes e Elvis Stancanelli.

Ao meu amigo Petrucio Neves que esteve ao meu lado desde o primeiro semestre e foi como um irmão para mim: seu companheirismo e ajuda deixou tudo mais leve e tranquilo, muito obrigada. Aos amigos que o curso me proporcionou, em especial ao David Melo, Alex Costa e Pedro Henrique, por todos os bons momentos e resenhas que vivemos. À Rafaella Fernandes pelo acolhimento inicial dentro da UFC e à Camila Maia pela valiosa amizade fora da UFC. Ao Rafael Gonçalves, Andressa Pimenta, David Gabriel, Alberth Araújo e Marcos Vieira, pelas partidas de Coup que eram incrivelmente divertidas.

Agradeço também à Camila Diógenes e Larissa Matos pelo tempo que vivi com cada uma de vocês, aprendi muito com ambas e, de maneiras distintas, guardo boas recordações do tempo que vivemos juntas.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação.

"Você pensa que nunca vai esquecer, e esquece.
Você pensa que essa dor nunca vai passar, mas
passa. Você pensa que tudo é eterno, mas não
é." (Clarice Lispector)

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de alimentador automático para animais de estimação, com foco na simplicidade, baixo custo e funcionalidade prática. Diante do crescimento expressivo do mercado pet e da necessidade crescente de soluções que garantam o bem-estar dos animais mesmo na ausência de seus tutores, foi desenvolvido um sistema embarcado utilizando a placa ESP32, um sensor infravermelho e um servo motor MG996R 360°. O dispositivo é capaz de detectar a presença do animal e liberar automaticamente uma porção de ração, respeitando um intervalo mínimo de cinco minutos entre ativações. A estrutura foi projetada com o auxílio da impressão 3D, promovendo flexibilidade e baixo custo de produção. O protótipo foi testado com diferentes tipos de ração, demonstrando desempenho satisfatório e reforçando seu potencial como solução acessível para tutores que desejam automatizar a alimentação de seus pets. Os resultados indicam que o sistema proposto atende aos requisitos de confiabilidade, funcionalidade e viabilidade técnica, contribuindo para o avanço de tecnologias aplicadas ao cuidado animal.

Palavras-chave: alimentador automático; ESP32; sensor infravermelho; animais de estimação; automação.

ABSTRACT

This work presents the development of a prototype for an automatic pet feeder, focusing on simplicity, low cost, and practical functionality. In light of the significant growth of the pet market and the increasing need for solutions that ensure animal welfare during the absence of their guardians, an embedded system was developed using the ESP32 microcontroller, an infrared sensor, and a MG996R 360° servo motor. The device is capable of detecting the presence of the animal and automatically dispensing a portion of food, respecting a minimum interval of five minutes between activations. The structure was designed using 3D printing, promoting flexibility and low production cost. The prototype was tested with different types of pet food, demonstrating satisfactory performance and reinforcing its potential as an accessible solution for pet owners who wish to automate feeding routines. The results indicate that the proposed system meets the requirements of reliability, functionality, and technical feasibility, contributing to the advancement of technologies applied to animal care.

Keywords: automatic feeder; ESP32; infrared sensor; pet care; automation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Smart Pet Feeder Prototype	19
Figura 2 – Faturamento do Mercado Pet 2023	20
Figura 3 – Faturamento Mundial 2022	21
Figura 4 – ICC de Cães	23
Figura 5 – ICC de Gatos	24
Figura 6 – Gráfico de pizza dos tipos de materiais de base para FDM	25
Figura 7 – Passos da Metodologia	33
Figura 8 – Visão Geral do Projeto	34
Figura 9 – Diagrama do Projeto	35
Figura 10 – Placa ESP32-WROOM	35
Figura 11 – Sensor infravermelho	36
Figura 12 – Servo motor MG996R 360°	36
Figura 13 – Fonte de 5V 2A	37
Figura 14 – Diagrama de <i>Software</i>	37
Figura 15 – Diagrama de Uso	38
Figura 16 – Esquemático	39
Figura 17 – Impressão 3D	40
Figura 18 – Montagem do Protótipo	40
Figura 19 – Modelo Final do Protótipo	41
Figura 20 – Fluxograma de Funcionamento	43
Figura 21 – Gráfico da Aproximação do Animal	44
Figura 22 – Gráfico do Afastamento do Animal	45
Figura 23 – Ração <i>Anidog</i>	46
Figura 24 – Ração <i>Dog Chow</i>	46
Figura 25 – Ração <i>Open Sea</i>	47
Figura 26 – Gráfico de Barras	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Análise comparativa entre os trabalhos relacionados e este projeto.	32
Quadro 2 – Análise comparativa entre os testes realizados.	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINPET	Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação
ABS	<i>Acrilonitrila Butadieno Estireno</i>
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i>
ICC	Índice de Condição Corporal
IoT	<i>Internet of Things</i>
IPB	Instituto Pet Brasil
PLA	Ácido Polilático
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo Geral	16
1.1.1	<i>Objetivos Específicos</i>	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Alimentadores Automáticos	17
2.2	Crescimento do Mercado Pet	19
2.3	Importância da Alimentação dos Pets	21
2.4	Impressão 3D	24
2.5	Sistemas Embarcados com ESP32	26
3	TRABALHOS RELACIONADOS	28
3.1	<i>Design of Pet Feeder using Web Server</i>	28
3.2	<i>Automatic Pet Feeder</i>	29
3.3	Alimentador Automático para Animais Utilizando a Plataforma Arduino	29
3.4	Alimentador Automático de Animais Domésticos Utilizando Controle de Motor de Passo	30
3.5	Análise Comparativa	31
4	METODOLOGIA	33
4.1	Visão Geral	34
4.2	Desenvolvimento do <i>Hardware</i>	35
4.2.1	<i>Escolha dos Componentes</i>	35
4.2.2	<i>Arquitetura do Projeto</i>	37
4.2.3	<i>Desenho do Esquemático</i>	39
4.2.4	<i>Construção do Protótipo</i>	39
4.3	Desenvolvimento do Código	41
5	RESULTADOS	44
5.1	Sensor Infravermelho	44
5.2	Tipos de Ração	45
5.2.1	<i>Ração Tipo 1</i>	46
5.2.2	<i>Ração Tipo 2</i>	46
5.2.3	<i>Ração Tipo 3</i>	47

5.3	Casos de Testes	47
5.3.1	<i>Primeira etapa – Ração Tipo 1 (formato quadrado):</i>	47
5.3.2	<i>Segunda etapa – Ração Tipo 2 (formato arredondado):</i>	48
5.3.3	<i>Terceira etapa – Ração Tipo 3 (formato triangular):</i>	48
5.4	Limitações e Ameaças à Validade	50
6	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

A relação entre seres humanos e animais é antiga e remonta ao período em que o homem deixou de ser nômade e passou a se estabelecer em locais fixos. Com o processo de domesticação, que sucedeu a fase inicial de domínio sobre os animais, essa convivência evoluiu significativamente. Ao longo do tempo, os animais deixaram de ter apenas funções utilitárias e passaram a ocupar um papel afetivo, tornando-se membros das famílias (Teixeira *et al.*, 2023). Nas últimas décadas, essa relação passou por transformações expressivas, impulsionadas por mudanças sociais e econômicas significativas. Cães e gatos, que anteriormente eram valorizados principalmente por suas funções de caça ou proteção, tornaram-se figuras importantes nos lares, demandando mais cuidados e atenção (Furlan; Gobetti, 2021).

Segundo dados de 2023 da Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação (ABINPET) e do Instituto Pet Brasil (IPB), o Brasil possui a terceira maior população de animais de estimação do mundo. No país, há aproximadamente 62,2 milhões de cães, 30,8 milhões de gatos, 22,3 milhões de peixes, 42,8 milhões de aves e 2,8 milhões de outros animais, somando um total de 160,9 milhões. Esses números evidenciam a relevância desse setor para a economia brasileira. Nesse mesmo ano, o faturamento global do varejo pet alcançou cerca de US\$ 197,7 bilhões. O Brasil se manteve como o terceiro maior mercado do setor, respondendo por 4,9% desse total, posição que ocupa desde 2021 (ABINPET, 2024a).

Com o aumento do número de pessoas morando sozinhas e o adiamento do casamento e da decisão de ter filhos, muitos encontram nos animais uma forma de suprir a necessidade emocional e instintiva de cuidar de alguém. Essa conexão afetiva fez com que os pets deixassem de ser apenas companheiros e passassem a ocupar o status de membros da família, vivendo dentro das casas e contando com espaços e objetos especialmente dedicados a eles (Gonçalves, 2021). Outras mudanças sociais, como a queda da taxa de natalidade, o envelhecimento da população e a transformação dos modelos familiares, aliadas ao crescimento do poder aquisitivo, também contribuíram para a humanização dos animais de estimação. Dessa maneira, a relação entre humanos e pets reflete o estilo de vida nas grandes cidades, marcada pela rotina acelerada, a escassez de tempo e moradias cada vez mais compactas (Furlan; Gobetti, 2021).

A importância dada a esses animais é decorrente dos benefícios obtidos a partir do vínculo afetivo estabelecido com eles, e que influencia na vida e na saúde humana de diversas formas (Heiden; Santos, 2009). Um dos principais pontos positivos é a companhia pois contribui para a redução da sensação de solidão e alivia emoções negativas, como melancolia, estresse

e angústia (Teixeira *et al.*, 2023). Além disso, algumas doenças podem ser amenizadas ou até tratadas com o auxílio dos animais, devido ao bem-estar que proporcionam aos indivíduos. Um exemplo disso é a chamada "pet terapia", utilizada como recurso terapêutico complementar no tratamento de diversas condições como depressão, doenças cardiovasculares, paralisias, entre outras. A interação com os animais, nesses casos, tem demonstrado resultados positivos e melhorias significativas no quadro clínico dos pacientes (Teixeira *et al.*, 2023).

Sob outra perspectiva, ao longo do tempo a ciência voltada ao bem-estar animal passou a se apoiar na criação de métodos e critérios específicos para avaliar as condições em que os animais vivem. O objetivo central dessas abordagens é identificar se os animais estão livres de situações desfavoráveis no ambiente ou de experiências emocionais negativas, como dor, medo e a ausência de recursos essenciais, como alimento, água e vínculos sociais (Ceballos; Sant'Anna, 2018). O conhecimento sobre o comportamento dos animais, assim como sobre seus estados emocionais e capacidades cognitivas, tem evoluído consideravelmente nas últimas décadas. Com isso, tornou-se amplamente aceito que os animais possuem senciência, sendo capazes de sentir emoções diversas, como alegria, medo, raiva e compaixão. Esse reconhecimento é especialmente relevante ao se considerar a realidade dos animais de estimação que, muitas vezes, vivem em contextos urbanos pouco adaptados às suas necessidades comportamentais naturais. (Cunico *et al.*, 2025).

Com a aproximação cada vez maior entre tutores e seus animais de estimação, cresceram também as preocupações com a saúde, o bem-estar, a alimentação e o conforto dos pets, fatores esses que se tornaram um estímulo ao consumo, já que seus donos buscam proporcionar o melhor para eles. Além disso, estudos como de Martins *et al.* (2013) e de Felipetto *et al.* (2022) evidenciam um aumento de tutores com múltiplos animais de estimação nos lares brasileiros. Esse cenário impulsionou o mercado pet, levando ao surgimento de uma ampla variedade de produtos e serviços (Furlan; Gobetti, 2021).

A rotina dos seres humanos, que frequentemente exige ausências prolongadas devido ao trabalho, viagens ou outras atividades, faz com que os animais de estimação permaneçam sozinhos em casa por longos períodos. Essa falta de companhia pode resultar em dificuldades para se alimentarem adequadamente, levando a uma dieta irregular ou até à privação de comida, ou seja, a subalimentação (Pires *et al.*, 2022). A falta de alimento pode causar desnutrição, ocasionando um impacto significativo na saúde dos pets (Castillo-Arceo *et al.*, 2024). Esse cenário tem se tornado uma preocupação crescente, levando algumas pessoas a abandonarem seus

pets por não conseguirem oferecer os cuidados necessários, enquanto outros acabam submetendo os animais a situações de negligência e maus-tratos (Pires *et al.*, 2022).

Diversos estudos e projetos vêm explorando soluções para automatizar a alimentação dos pets com diferentes abordagens tecnológicas. Alguns utilizam servidores *web* para controle remoto da alimentação via *internet*, enquanto outros adotam sensores, motores de passo ou plataformas, como Arduino, para programar horários e dosagens de ração. Embora essas propostas apresentem avanços, muitos modelos ainda dependem de conectividade constante ou de configurações complexas, o que pode limitar seu uso por tutores com menor familiaridade técnica ou recursos financeiros.

Nesse contexto, o presente trabalho se diferencia ao propor um sistema embarcado de baixo custo e fácil implementação, utilizando a placa ESP32 e um sensor infravermelho. Ao dispensar conectividade com a *internet* e focar na detecção da presença do animal para liberação controlada da ração, este projeto oferece uma alternativa prática e eficiente para os tutores que necessitam de um dispositivo confiável para garantir a alimentação regular dos seus animais, mesmo diante das limitações de tempo e presença física.

Este projeto propõe uma solução prática para essas situações com o desenvolvimento de um protótipo de alimentador automático para animais de estimação. Com a combinação de componentes como um servo motor MG996R 360°, sensor infravermelho e uma placa ESP32, esse dispositivo funcionará de forma eficiente detectando a presença do animal e fornecendo a quantidade adequada de comida por meio de um motor que será acionado pelo sensor infravermelho fazendo o espiral girar e liberar a ração.

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um protótipo de alimentador automático de baixo custo para animais de estimação, visando otimizar a alimentação e promover o bem-estar dos pets, além de produzir uma solução mais acessível a um maior número de pessoas.

1.1.1 *Objetivos Específicos*

1. Projetar e construir um protótipo funcional de alimentador automático utilizando componentes de baixo custo, como a placa ESP32, sensor infravermelho e servo motor, visando acessibilidade e viabilidade prática para os tutores.

2. Desenvolver um sistema embarcado capaz de detectar a presença do animal e liberar automaticamente uma quantidade controlada de ração, implementando um intervalo entre as ativações a fim de evitar múltiplas liberações consecutivas e respeitar o tempo estimado para alimentação.

3. Realizar testes práticos com diferentes tipos e formatos de ração, avaliando a eficiência do sistema em cenários variados e propondo melhorias com base nos resultados obtidos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção tem como objetivo apresentar os principais conceitos e estudos que sustentam o desenvolvimento deste projeto. Inicialmente, são abordadas as características e funcionalidades dos alimentadores automáticos, destacando sua relevância no contexto atual de cuidados com animais de estimação. Em seguida, discute-se o crescimento expressivo do mercado pet, evidenciando como a humanização dos animais impulsiona a busca por soluções tecnológicas que promovam bem-estar, praticidade e segurança. Também é explorada a importância da alimentação adequada para os pets, com ênfase em como o manejo alimentar influencia diretamente sua saúde. Por fim, são apresentados os conceitos de impressão 3D e sistemas embarcados com foco na aplicação da ESP32, demonstrando seu potencial em projetos de automação como o proposto neste trabalho.

2.1 Alimentadores Automáticos

Um alimentador automático para pets é um dispositivo eletrônico projetado para dispensar alimentos de maneira programada, facilitando a alimentação regular de cães, gatos e outros animais de estimação, sem a necessidade de intervenção humana constante.

Um estudo de destaque realizado com 200 cães acima do peso e publicado no *Journal of Veterinary Medicine*, demonstrou que aqueles que usaram alimentadores automáticos por seis meses apresentaram redução média de 7% no peso corporal, melhoria de 30% na mobilidade e aumento de 25% no comportamento lúdico. Em outro ensaio clínico, dessa vez publicado no *Journal of Feline Medicine and Surgery*, revelou que gatos diabéticos alimentados com comedouros automáticos com controle de porções apresentaram 20% menos episódios de hipoglicemia em comparação àqueles alimentados manualmente. (Flawless Cuties, 2025).

Vários estudos anteriores exploraram o uso de alimentadores automáticos para pets. Algumas soluções empregam temporizadores básicos para distribuir a ração em horários predeterminados, enquanto outras adotam tecnologias mais sofisticadas, como sensores, para detectar a presença do animal e integração com aplicativos móveis (Kank, 2018).

Bhagat *et al.* (2024) classifica os alimentadores automáticos em quatro categorias principais. O primeiro tipo refere-se aos alimentadores por gravidade, os quais possuem baixo custo e funcionamento simples, liberando o alimento à medida que o comedouro se esvazia. Embora úteis em contextos básicos, esses sistemas não oferecem controle de porções ou agenda-

mento. O segundo tipo inclui os alimentadores programáveis, que utilizam temporizadores e mecanismos motorizados para liberação precisa de ração em horários predefinidos, sendo mais adequados para dietas específicas ou múltiplas refeições ao dia. O terceiro grupo abrange os alimentadores com conectividade *Internet of Things* (IoT) na qual integram sensores de presença e de nível de ração, conexão *Wi-Fi* e interface via aplicativo móvel, oferecendo recursos como personalização de porções, *feedback* em áudio e monitoramento remoto. Por fim, destacam-se os sistemas inteligentes adaptativos que utilizam sensores de proximidade e comportamento para liberar ração apenas quando detectam a presença do animal, otimizando o consumo, minimizando desperdícios e incentivando hábitos alimentares mais naturais.

Segundo Castillo-Arceo *et al.* (2024), alimentadores automáticos modernos que integram tecnologias IoT e aprendizagem profunda (*Deep Learning*) representam um avanço significativo na gestão nutricional dos pets. Esses dispositivos são capazes de dispensar porções de ração de forma automática, personalizada e precisa, baseando-se em dados obtidos por sensores e sistemas de visão computacional.

Os alimentadores automáticos para pets representam uma solução moderna que contribui para o bem-estar dos animais domésticos por meio da automação. Com esses dispositivos, os tutores podem definir horários e quantidades de ração, assegurando uma alimentação consistente para seus animais, mesmo quando não estão presentes (Kank, 2018; Dutra *et al.*, 2019). O sistema de alimentação com dosagem automática pode ser encontrado no mercado, sendo utilizado em residências, canis etc (Ferreira; Almeida, 2021).

Diante das abordagens exploradas nos trabalhos apresentados, o presente projeto se posiciona como uma solução pertencente à categoria dos alimentadores automáticos inteligentes com sensores de proximidade, conforme a classificação proposta por Bhagat *et al.* (2024). Este trabalho busca equilibrar simplicidade de implementação, baixo custo e funcionalidade prática, diferentemente de propostas que exigem conectividade com a *internet*, configuração remota ou elevada complexidade eletrônica. Assim, o projeto se diferencia por oferecer uma alternativa eficiente, acessível e confiável, especialmente voltada a tutores que valorizam soluções práticas e de fácil manutenção, mas sem abrir mão da automação e do bem-estar animal.

Na Figura 1 é possível observar a imagem do protótipo do alimentador automático desenvolvido pelo Castillo-Arceo *et al.* (2024).

Figura 1 – Smart Pet Feeder Prototype



Fonte: (Castillo-Arceo *et al.*, 2024)

2.2 Crescimento do Mercado Pet

Com a crescente importância dos animais de estimação na vida das pessoas, seus tutores estão cada vez mais inclinados a investir quantias maiores em seu cuidado, demonstrando maior preocupação com sua saúde e bem-estar. A humanização dos pets está diretamente relacionada ao aumento do consumo de produtos e serviços voltados para esse público (Dallastela; Schmidt, 2021; Elizeire, 2013).

Nas últimas décadas, o mercado pet tem experimentado um crescimento expressivo, impulsionado tanto pelo aumento do número de animais de estimação nos lares quanto pela transformação do papel que desempenham na vida das pessoas. Nesse contexto, as empresas do setor têm se dedicado a compreender melhor o perfil dos consumidores para criar produtos e serviços que correspondam às suas demandas e expectativas (Borba, 2023).

Um dos fatores que contribuíram para esse crescimento foi a continuidade do funcionamento dos *pet shops* durante a pandemia pois foram classificados como serviços essenciais. Além disso, com o isolamento social, as pessoas passaram mais tempo em casa, proporcionando maior atenção e cuidado aos seus animais de estimação (Oliveira, 2022).

A experiência de consumo é frequentemente compartilhada entre humano e seus animais de estimação, uma vez que os tutores buscam suprir suas próprias demandas paralelamente com as de seus pets. Esse comportamento é evidenciado nos cuidados e tratamentos oferecidos,

refletindo o esforço em corresponder às expectativas dos donos por meio da atenção dedicada às necessidades dos seus animais (Oliveira, 2022).

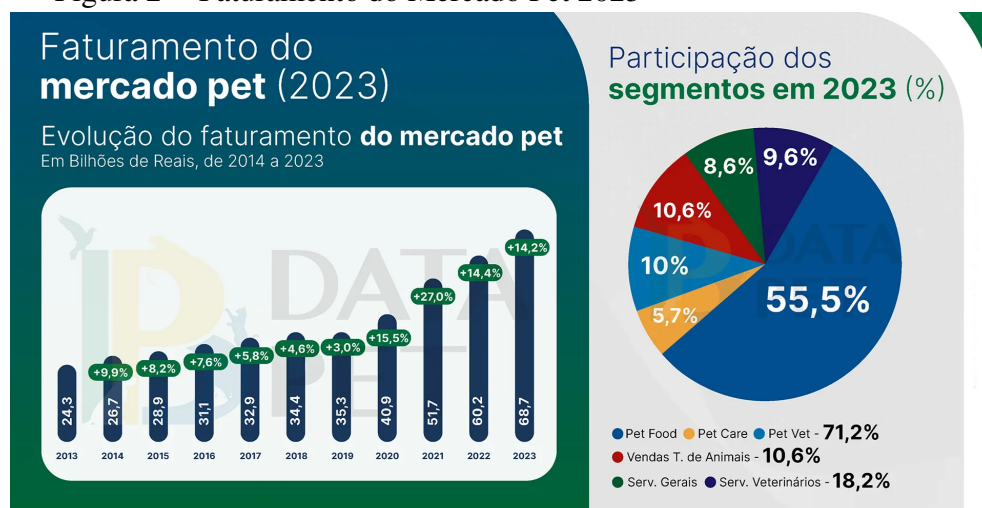
Esses estabelecimentos formam uma rede comercial que reúne diversos produtos e serviços. Enquanto há um tempo atrás o veterinário era a principal referência para os tutores, atualmente, os *pet shops* disponibilizam uma ampla variedade de opções incluindo banho e tosa, momentos de lazer e, além disso, atendimento veterinário (Alkhatib, 2022).

O investimento em tecnologia tem sido uma estratégia adotada pelas empresas para otimizar o processo de vendas. Quanto maior a aplicação de recursos tecnológicos, maior a produtividade, impulsionando o crescimento e fortalecendo a competitividade no mercado (Alkhatib, 2022).

De acordo com a ABINPET, o mercado pet pode ser segmentado em três áreas principais: *Pet Vet*, que envolve serviços como consultas, exames e medicamentos veterinários; *Pet Food*, referente à alimentação dos animais; e *Pet Care*, que abrange acessórios, produtos de higiene, equipamentos, entre outros (Borba, 2023).

Na Figura 2 é possível perceber o aumento significativo do faturamento do mercado pet no Brasil, principalmente entre os anos de 2021 e 2023. Os setores de *Pet Vet*, *Pet Food* e *Pet Care* representam mais da metade de todo esse faturamento.

Figura 2 – Faturamento do Mercado Pet 2023



Fonte: (ABINPET, 2024a)

Na Figura 3 destaca o Brasil como um importante mercado no faturamento mundial em 2022, ocupando a terceira colocação do *ranking*.

Figura 3 – Faturamento Mundial 2022



Fonte: (ABINPET, 2024b)

Nesse cenário de constante expansão do mercado pet e da crescente humanização dos animais de estimação, este trabalho se insere como uma resposta prática às novas demandas dos tutores por soluções tecnológicas acessíveis, que promovam o bem-estar dos seus animais mesmo diante das limitações de tempo impostas pela vida moderna. Ao desenvolver um alimentador automático de baixo custo e fácil implementação, este projeto acompanha a tendência observada na indústria pet de investir em inovações que aliam praticidade, conforto e cuidado com a saúde dos animais. Assim, contribui para fortalecer o setor, oferecendo uma alternativa viável tanto para consumidores quanto para pequenos empreendedores do ramo.

2.3 Importância da Alimentação dos Pets

A alimentação dos animais de estimação é um assunto fundamental pois a nutrição desses animais exerce um papel essencial na promoção do bem-estar, na longevidade e na prevenção de enfermidades. Ela influencia diretamente nos cuidados diários e conclusões clínicas dos pets, sejam eles saudáveis ou acometidos por alguma doença (Lumbis; Scally, 2020). A indústria de alimentos para animais, especialmente, tem registrado um crescimento expressivo nos últimos anos, impulsionado pela crescente demanda por alimentos de alta qualidade para os animais (Borba, 2023).

A WSAVA (Associação Mundial de Veterinários de Pequenos Animais, do inglês *World Small Animal Veterinary Association*) reconhece que a nutrição exerce um papel fundamental tanto na manutenção da saúde e desempenho dos animais quanto como apoio no tratamento

de enfermidades e na promoção de bem-estar em pacientes com doenças crônicas. Com base nessa visão, a análise do estado nutricional passou a ser considerada o quinto parâmetro vital dos animais de estimação, acompanhando os outros quatro parâmetros (temperatura, pulso, respiração e avaliação da dor) (Lumbis; Scally, 2020).

Observa-se um aumento significativo no número de marcas de rações comerciais prontas para consumo, com fórmulas cada vez mais avançadas e especializadas. Os conceitos de nutrição estão evoluindo, indo além da simples satisfação das necessidades básicas de alimentação, para focar na utilização de alimentos que favoreçam o bem-estar, melhorem a saúde e reduzam o risco de doenças. Há um crescente esforço em entender como a alimentação pode otimizar a expectativa e a qualidade de vida por meio do uso de ingredientes e nutrientes que fortaleçam a resistência a doenças e promovam a saúde (Carciofi; Jeremias, 2010).

Por muito tempo, o conhecimento sobre a nutrição de cães e gatos era bastante restrito, o que fazia com que, por muitos anos, esses animais fossem alimentados principalmente com restos de comida e sobras domésticas. Com o passar do tempo, entretanto, houve uma significativa transformação na forma de pensar e nas áreas da nutrição e ciência dos alimentos. Esses campos evoluíram consideravelmente, contribuindo para avanços importantes na saúde e no bem-estar dos animais de estimação (Macedo *et al.*, 2018). O uso de alimentos para promover a saúde abrange várias áreas, como a saúde bucal, o apoio nutricional durante hospitalizações e o suporte nutricional em diferentes condições clínicas (Carciofi; Jeremias, 2010).

O efeito positivo de uma nutrição adequada na saúde e na prevenção de doenças é amplamente reconhecido em todos os animais. Uma alimentação correta em cada fase da vida pode ajudar a prevenir doenças relacionadas à dieta e auxiliar no tratamento de diversas condições. Alimentos específicos para cães e gatos com doença renal crônica, por exemplo, demonstraram trazer benefícios substanciais para esses pacientes (Freeman *et al.*, 2011).

Existe dois fatores importantes relacionados à alimentação dos animais de estimação: o manejo correto da ração, na qual inclui a frequência, os horários das refeições, o local e o método de alimentação, e o fator ambiental que diz respeito ao espaço e à qualidade do ambiente em que o animal vive. As condições de saúde associadas a esses dois aspectos são conhecidas como doenças relacionadas à alimentação e ao ambiente, como superalimentação e subalimentação (Freeman *et al.*, 2011).

Dentre as consequências da superalimentação e subalimentação dos animais estão, respectivamente, a obesidade e magreza. Um dos métodos adotados para o diagnóstico dessas

condições é a mensuração e análise do Índice de Condição Corporal (ICC). O ICC é utilizado para estimar a quantidade de gordura corporal dos animais. Embora existam diferentes sistemas de avaliação para cães e gatos, as diretrizes adotam uma escala de 9 pontos. De modo geral, considera-se que o intervalo ideal para a maioria dos cães e gatos está entre os níveis 4 e 5 dessa escala (Royal Canin, 2025).

Na Figura 4 temos a representação das diferenças das escalas. Esse método de avaliação é realizada de forma visual e por meio de palpação e auxilia no monitoramento do estado nutricional do animal.

- Escores 1 a 3: indicam um cão abaixo do peso, com pouca ou nenhuma gordura corporal visível, ossos proeminentes e, em casos mais extremos, perda muscular.
- Escores 4 e 5: representam a condição corporal ideal, em que as costelas são palpáveis com pouca gordura e há uma cintura e reentrância abdominal bem definidas.
- Escores 6 e 7: apontam sobrepeso, com maior acúmulo de gordura, cintura menos evidente e presença de depósitos na base da cauda.
- Escores 8 e 9: caracterizam obesidade, com gordura excessiva, ausência de cintura, costelas não palpáveis e possível distensão abdominal.

Figura 4 – ICC de Cães



Fonte: (Royal Canin, 2025)

A Figura 5 pode ser resumida como:

- Escores 1 a 3: indicam magreza excessiva, com costelas visíveis, cintura muito estreita e

pouca ou nenhuma gordura abdominal, além de reentrância abdominal acentuada.

- Escores 4 e 5: representam a condição corporal ideal, com costelas não visíveis, mas facilmente palpáveis, cintura definida e leve acúmulo de gordura abdominal.
- Escores 6 e 7: indicam sobrepeso, com maior acúmulo de gordura, dificuldade na palpação das costelas e cintura pouco evidente ou ausente.
- Escores 8 e 9: correspondem à obesidade, caracterizada por costelas não palpáveis, cintura ausente, distensão abdominal e grandes depósitos de gordura.

Figura 5 – ICC de Gatos



Fonte: (Royal Canin, 2025)

2.4 Impressão 3D

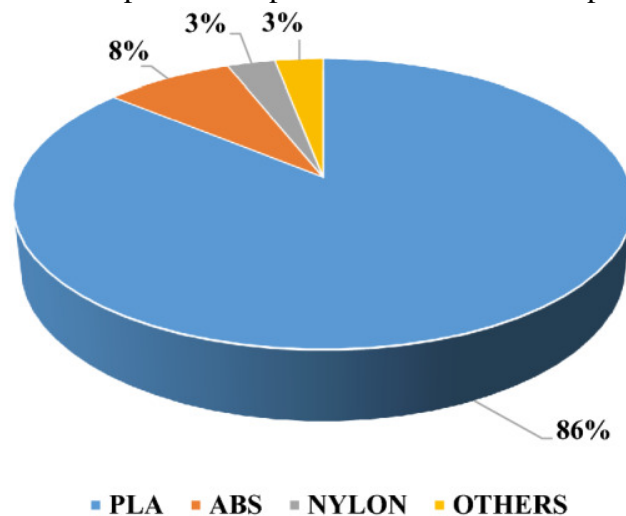
A impressão 3D, também conhecida como fabricação aditiva, é uma tecnologia de manufatura capaz de criar objetos tridimensionais a partir de modelos digitais. O processo consiste na deposição sucessiva de camadas de material, seguindo as instruções de um arquivo projetado em *softwares* de modelagem 3D. Um dos métodos mais populares é o *Fused Deposition Modeling* (FDM), no qual o material termoplástico é fundido e extrudado camada por camada sobre uma base aquecida. Essa técnica revolucionou a forma como protótipos, peças funcionais e objetos personalizados são desenvolvidos, devido à sua versatilidade, acessibilidade e baixo custo operacional (Joseph *et al.*, 2023).

Dentre os materiais utilizados na impressão 3D por FDM, o Ácido Polilático (PLA) se destaca por ser biodegradável, de fácil manuseio e derivado de fontes renováveis, como o milho, a beterraba e a cana-de-açúcar. Essa origem vegetal torna o PLA uma alternativa mais sustentável em relação aos termoplásticos de origem petroquímica, como o *Acrilonitrila Butadieno Estireno* (ABS). Além disso, o PLA possui baixo ponto de fusão, geralmente entre 180°C e 220°C, o que permite sua extrusão com menor consumo energético e menor risco de emissão de gases tóxicos durante a impressão, contribuindo para um ambiente de trabalho mais seguro e limpo (Mekonnen *et al.*, 2024; Joseph *et al.*, 2023).

O PLA é amplamente utilizado em aplicações de prototipagem rápida, peças decorativas, modelos acadêmicos e itens que não demandam alta resistência mecânica ou térmica. Isso se deve ao fato de que, apesar de suas vantagens ecológicas e facilidade de impressão, o PLA apresenta limitações estruturais: é mais frágil que o ABS e possui baixa resistência ao calor, podendo deformar a temperaturas próximas a 60°C. No entanto, para muitas aplicações onde as cargas mecânicas são moderadas e a exposição térmica é controlada, o PLA é uma escolha ideal. Sua excelente aderência entre camadas, baixa contração e compatibilidade com diversas impressoras comerciais, tornam-no o filamento preferido para usuários iniciantes e projetos educacionais (Sandanamsamy *et al.*, 2023).

Na Figura 6 temos a representação em gráfico de pizza dos tipos de materiais de base utilizados para FDM, sendo o PLA o de maior porcentagem (86%), seguido por 8% para ABS, Nylon com 3% e outros com 3%.

Figura 6 – Gráfico de pizza dos tipos de materiais de base para FDM



Fonte: (Sandanamsamy *et al.*, 2023)

O processo de impressão com PLA envolve o aquecimento do filamento até o ponto

de fusão e sua deposição controlada sobre a base, formando as camadas do objeto conforme o modelo digital. O resfriamento rápido entre as camadas garante boa precisão dimensional e acabamento superficial satisfatório. Apesar de ser considerado biodegradável, o PLA requer condições específicas de compostagem industrial para se decompor de forma eficaz, como temperaturas superiores a 60°C e umidade controlada — o que significa que, em ambientes naturais, sua degradação é lenta. Mesmo assim, o uso do PLA representa um avanço importante na direção de uma manufatura mais ecológica e acessível, sendo hoje um dos pilares da impressão 3D sustentável em todo o mundo (Plamadiala *et al.*, 2025).

2.5 Sistemas Embarcados com ESP32

De acordo com Ball (2002), um sistema é considerado embarcado quando é projetado para realizar uma única função específica, interagindo de forma constante com o ambiente por meio de sensores e atuadores. O termo “embarcado” deriva do inglês *Embedded Systems*, pois esses sistemas são geralmente desenvolvidos para operar de forma autônoma, sem depender de uma fonte de energia fixa como tomadas ou geradores (Souza *et al.*, 2023). Suas principais características são a capacidade computacional e a autonomia operacional (Ball, 2002). Um sistema embarcado geralmente possui exigências de tempo real. Ele é incorporado a dispositivos maiores, unindo *hardware* e *software* de forma integrada para cumprir tarefas específicas (Almeida, 2024).

A ESP32 é um microcontrolador acessível e versátil, ideal para sistemas embarcados pois integra conectividade *Wi-Fi* e *Bluetooth*, além de múltiplos pinos de entrada e saída que simplificam a interação com sensores e atuadores. Com arquitetura dual-core, oferece alto desempenho, sendo adequado para tarefas que exigem processamento paralelo, como a coleta e transmissão de dados em rede (Almeida, 2024).

Inúmeras são as aplicações da ESP32 em projetos de sistemas embarcados, no estudo de Almeida (2024) por exemplo, é abordada a criação de um sistema embarcado voltado à IoT, utilizando o microcontrolador ESP32 como componente central. O estudo tem como foco comparar diferentes protocolos de comunicação sem fio, como *Wi-Fi*, *Bluetooth* e *LoRa*, em termos de desempenho, alcance e consumo de energia.

Já no trabalho de Ianni (2023), é apresentada o desenvolvimento de um sistema embarcado voltado à automação da contagem de objetos usando técnicas de visão computacional. A ESP32 é utilizada para executar tarefas como captura de imagens, processamento inicial e

transmissão dos dados para um servidor, demonstrando sua capacidade de lidar com aplicações que envolvem processamento de imagem em tempo real.

O projeto de Oliveira (2024) trata-se do desenvolvimento de um sistema embarcado para controlar uma planta industrial didática, com o objetivo de simular processos industriais automatizados. A ESP32 atua como a unidade de controle e comunicação do sistema, responsável por coletar dados dos sensores, executar comandos de controle e transmitir informações para um sistema supervisão via rede *Wi-Fi*.

O estudo de Moureira (2023) demonstra a criação de um sistema embarcado para auxiliar no tratamento de pacientes utilizando o microcontrolador ESP32, responsável por coletar dados de sensores biomédicos, processá-los localmente e enviar informações para aplicativos móveis ou plataformas online, permitindo o acompanhamento remoto de parâmetros fisiológicos.

O trabalho de Dias (2024) propõe o desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo para identificar e monitorar partículas de microplástico em ambientes aquáticos, utilizando a ESP32 como núcleo do sistema embarcado. O microcontrolador é responsável pela aquisição de dados dos sensores, armazenamento local e transmissão dos resultados para análise remota, permitindo um monitoramento eficiente e contínuo dos poluentes.

No contexto deste projeto, o uso de um sistema embarcado baseado na ESP32 se mostra uma escolha estratégica e eficiente para automatizar a alimentação de animais de estimação. A ESP32 oferece os recursos necessários para integrar sensores e atuadores de forma compacta, acessível e de baixo consumo energético. Sua capacidade de processar dados em tempo real e controlar o acionamento do servo motor com base na detecção de presença do animal, torna possível o desenvolvimento de um alimentador automático, mesmo em ambientes sem conectividade constante com a *internet*.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Nesta seção são apresentados alguns trabalhos que estão relacionados ao projeto proposto nesta monografia.

3.1 *Design of Pet Feeder using Web Server*

Adriansyah *et al.* (2016) descreve o desenvolvimento de um alimentador automático para animais de estimação utilizando um servidor *web*. O sistema permite que os donos monitorem e controlem a alimentação remotamente, garantindo que os pets sejam alimentados em horários programados mesmo quando os donos não estão presentes. A arquitetura do projeto envolve o uso de microcontroladores conectados à *internet*, sensores para medir a quantidade de ração disponível e um mecanismo de dispensação automatizado. Além disso, uma interface *web* intuitiva foi criada para facilitar o uso, permitindo que os usuários programem a liberação da comida e recebam notificações sobre o status do alimentador.

A implementação do projeto enfatiza a integração entre *hardware* e *software*, garantindo confiabilidade e eficiência no fornecimento de ração. O alimentador é equipado com sensores para detectar níveis de comida, motores para liberar a ração e conectividade com um servidor para controle remoto. O uso de um servidor *web* permite que os dados sejam acessados por meio de dispositivos móveis e computadores, tornando o sistema prático para os usuários. Além disso, medidas de segurança foram incorporadas para evitar falhas no funcionamento, garantindo que os pets sejam alimentados de maneira confiável e sem interrupções.

Tanto o trabalho de Adriansyah *et al.* (2016) como o desenvolvido nesta monografia descrevem alimentadores automáticos para animais de estimação, mas com abordagens distintas. Ambos buscam facilitar a alimentação dos pets de forma programada e remota, garantindo maior controle sobre a dieta dos animais. No entanto, o projeto de Adriansyah *et al.* (2016) se concentra no uso de um servidor *web* para controle remoto via *internet*, enquanto este trabalho apresenta um projeto com foco em um sistema embarcado utilizando componentes eletrônicos para automação local. Assim, a principal diferença está na forma de controle: um é baseado em conectividade online, oferecendo diferentes níveis de acessibilidade e automação, enquanto o outro em *hardware* local.

3.2 Automatic Pet Feeder

Kank (2018) descreve um alimentador automático para pets que visa garantir a alimentação dos animais de estimação de maneira programada e controlada. Ele utiliza um microcontrolador para gerenciar a liberação de comida em horários predefinidos, garantindo que o pet receba a quantidade correta de alimento mesmo quando o dono não está presente. O sistema conta com um mecanismo de dispensação de ração, sensores para monitorar o nível de comida e um *display* para interação com o usuário. Além disso, pode incluir conectividade para ajustes remotos e notificações sobre o status do alimentador.

O trabalho detalha a estrutura do *hardware* e *software* envolvidos, abordando componentes como motores para a liberação da ração, sensores para evitar desperdícios e um sistema de controle que permite programação personalizada. A automação contribui para a saúde do pet, evitando superalimentação ou a falta de alimento, e facilita a rotina do dono. Algumas versões do projeto podem incluir integração com aplicativos móveis para maior conveniência.

Tanto o trabalho de Kank (2018) como o desenvolvido nesta monografia apresentam alimentadores automáticos para animais de estimação, com foco em fornecer refeições controladas sem a necessidade de intervenção manual. Ambos utilizam componentes eletrônicos para automatizar o processo, incluindo microcontroladores e motores para liberar a ração. No entanto, há diferenças na implementação: o projeto de Kank (2018) enfatiza o uso de sensores para monitoramento e controle preciso da alimentação, enquanto o presente trabalho se concentra mais na estrutura mecânica do dispensador e na simplicidade da programação. Além disso, enquanto o projeto de Kank (2018) apresenta um enfoque mais detalhado na parte eletrônica e de *software*, esse traz uma abordagem mais prática na construção do dispositivo.

3.3 Alimentador Automático para Animais Utilizando a Plataforma Arduino

Dutra *et al.* (2019) propõe o desenvolvimento de um alimentador automático para animais de estimação utilizando a plataforma Arduino. O objetivo principal é auxiliar os donos que, devido à rotina agitada, não conseguem alimentar seus pets de forma regular e adequada. O sistema conta com um microcontrolador Arduino, sensores para controle da ração e água, um *display* LCD e um motor de passo para liberar a comida. Através da programação embarcada em *Python*, o protótipo permite agendar horários e estipular a quantidade de ração a ser fornecida, garantindo uma alimentação mais equilibrada e automatizada para os animais.

A metodologia do projeto envolve a divisão do sistema em dois módulos: um para dosagem da ração e outro para fornecimento de água. O protótipo conta com um reservatório para ração, um comedouro, um reservatório de água e um bebedouro, além de sensores para medir os níveis e garantir a reposição automática quando necessário. Foram realizados testes para validar o funcionamento do sistema, incluindo a regulagem do motor de passo e o acionamento das válvulas de água. Como resultado, o projeto demonstrou eficiência na automatização da alimentação dos pets, oferecendo uma solução inovadora e acessível para donos preocupados com o bem-estar de seus animais.

Tanto o trabalho de Dutra *et al.* (2019) como o desenvolvido nesta monografia abordam a construção de um alimentador automático para animais de estimação utilizando tecnologia para facilitar a alimentação. Ambos utilizam componentes eletrônicos e programação para automatizar o processo, garantindo que os animais sejam alimentados mesmo na ausência do dono. A principal semelhança é o uso da plataforma Arduino como base para a automação. No entanto, há diferenças nos componentes e na abordagem técnica: o projeto de Dutra *et al.* (2019) enfatiza mais o uso de sensores e controle via aplicativo, enquanto esse trabalho foca na simplicidade da programação e na acessibilidade dos materiais.

3.4 Alimentador Automático de Animais Domésticos Utilizando Controle de Motor de Passo

Pires *et al.* (2022) descreve o desenvolvimento de um alimentador automático para animais domésticos utilizando um motor de passo para controlar a liberação da ração. O sistema é projetado para ser programável, permitindo ao usuário definir horários e porções específicas para alimentar o animal de forma automática. A estrutura do dispositivo inclui um reservatório de ração, um mecanismo de dosagem acionado pelo motor de passo e um microcontrolador responsável pelo controle do sistema. A implementação visa garantir alimentação regular e controlada para os pets, reduzindo a necessidade de intervenção humana e proporcionando mais comodidade para os tutores.

Além do *hardware*, o projeto envolve o desenvolvimento de um *software* para configurar e gerenciar o funcionamento do alimentador. Dependendo da abordagem adotada, o controle pode ser feito por meio de uma interface digital, como um aplicativo ou um painel de controle físico. O uso do motor de passo permite precisão na quantidade de ração liberada, evitando desperdícios e ajudando a manter a dieta adequada do animal. O projeto se destaca pela

combinação de automação e acessibilidade, oferecendo uma solução prática para donos de pets que desejam garantir a alimentação correta de seus animais mesmo quando não estão em casa.

Tanto o trabalho de Pires *et al.* (2022) como o desenvolvido nesta monografia abordam o desenvolvimento de um alimentador automático para animais de estimação, buscando oferecer maior comodidade aos tutores e garantir uma alimentação controlada para os pets. Ambos utilizam sistemas automatizados para liberar a ração, mas diferem na implementação técnica. O projeto de Pires *et al.* (2022) foca no uso de um motor de passo para controlar a liberação da comida, detalhando a programação e o funcionamento desse componente. Já o presente trabalho lida com uma abordagem mais geral, sem aprofundar tanto na parte eletrônica específica. Enquanto um tem um viés mais técnico e detalhado na engenharia do sistema, o outro enfatiza a funcionalidade e o impacto no bem-estar dos animais.

3.5 Análise Comparativa

É possível observar distintas abordagens técnicas no desenvolvimento de alimentadores automáticos dos trabalhos apresentados nesta seção, cada uma com características específicas quanto à arquitetura do sistema, nível de automação e recursos embarcados.

O projeto de Adriansyah *et al.* (2016) apresenta uma solução baseada em servidor *web*, que possibilita o controle remoto da alimentação por meio de uma interface intuitiva acessada via dispositivos conectados à *internet*. Embora ofereça ampla acessibilidade, tal abordagem demanda infraestrutura de rede estável e protocolos de segurança robustos, além de maior complexidade na integração entre *hardware* e *software*.

O trabalho de Kank (2018), por sua vez, incorpora múltiplos sensores para aferir a quantidade de ração e realizar a liberação de forma programada, focando no controle preciso das porções. Essa proposta, embora tecnicamente sofisticada, apresenta vulnerabilidades relacionadas à dependência energética e à calibração dos sensores.

Dutra *et al.* (2019) utiliza a plataforma Arduino como base do sistema, integrando sensores de nível, motor de passo e *display* LCD, com programação em *Python*. Seu diferencial está na inclusão do fornecimento automatizado de água, tornando o projeto mais completo, porém exigindo conhecimento técnico tanto em eletrônica quanto em programação embarcada.

O projeto de Pires *et al.* (2022) adota o uso de motor de passo, priorizando a precisão na dosagem da ração, o que confere ao sistema elevada repetibilidade e controle, mas aumenta a complexidade mecânica e de controle.

Em contraste, o protótipo proposto neste trabalho adota uma abordagem centrada na simplicidade e eficiência, utilizando a placa ESP32 associada a um sensor infravermelho e a um servo motor de rotação contínua de 360°. O sistema opera com lógica embarcada programada em C++, sem dependência de conectividade externa, sendo capaz de acionar o motor automaticamente mediante a detecção da presença do animal e respeitando um intervalo temporal de cinco minutos entre cada ativação.

No Quadro 1 é possível observar um resumo das características encontradas nos trabalhos relacionados descritos e a comparação com o projeto apresentado nesse trabalho.

Quadro 1 – Análise comparativa entre os trabalhos relacionados e este projeto.

Trabalho	Ideia Principal	Prós	Contras	Comparação com o Trabalho Proposto
Adriansyah <i>et al.</i> (2016)	<i>Design</i> de um alimentador automatizado controlado por um servidor <i>web</i> .	Alimentação remota e programada.	Desafios técnicos, como conectividade e falhas mecânicas.	Enquanto este trabalho foca em um sistema automatizado tradicional, Adriansyah <i>et al.</i> (2016) integra um servidor <i>web</i> .
Kank (2018)	Alimentador automático com o uso de diferentes sensores.	Controle preciso das porções e programação automática.	Possíveis falhas técnicas e dependência de energia.	Enquanto o presente trabalho foca na concepção técnica, Kank (2018) enfatiza a interação com o usuário.
Dutra <i>et al.</i> (2019)	Alimentador automático baseado em Arduino.	Definição de horários regulares e controle preciso das porções.	Requer conhecimento técnico para configuração.	Enquanto este trabalho foca em um sistema simples, Dutra <i>et al.</i> (2019) apresenta um protótipo mais completo.
Pires <i>et al.</i> (2022)	Alimentador automático utilizando controle de motor de passo.	Automatização da alimentação.	Exige conhecimento para configuração e manutenção.	Enquanto o presente trabalho enfatiza a automação do processo, Pires <i>et al.</i> (2022) foca no controle do motor de passo.
Este Trabalho	Alimentador inteligente usando uma Esp32 e sensor infravermelho.	Automatização simples e barata.	Não possui uma interface para programação pelo usuário.	

Fonte: elaborada pela autora.

4 METODOLOGIA

Na Figura 7 são apresentados os passos metodológicos para alcançar os objetivos deste trabalho.

Figura 7 – Passos da Metodologia



Fonte: elaborada pela autora.

O desenvolvimento do projeto seguiu uma abordagem prática na qual foi dividida em etapas fundamentais para garantir a eficiência e funcionalidade do sistema. Inicialmente, realizou-se o planejamento do projeto, com a definição de seus objetivos principais: desenvolver um dispositivo capaz de detectar a presença do animal e liberar ração de forma automatizada em intervalos regulares.

Em seguida, foi realizada a escolha dos componentes com base em critérios como baixo custo, disponibilidade no mercado, compatibilidade entre os dispositivos e facilidade de integração com o microcontrolador. Foram selecionados a placa ESP32, devido à sua capacidade de processamento e conectividade integrada; o sensor infravermelho reflexivo, utilizado para identificar a aproximação do animal; o servo motor de rotação contínua MG996R, responsável pelo acionamento da espiral que libera a ração; além de jumpers, protoboard e fonte de alimentação para a montagem do circuito.

Com os componentes definidos, foi realizado o desenho do esquemático para depois proceder à montagem do sistema em uma protoboard, conectando os dispositivos conforme o esquema elétrico. O sensor foi posicionado de forma estratégica para detectar a presença do pet em frente ao comedouro, enquanto o servo motor foi acoplado a um mecanismo de rosca que gira para liberar a ração.

Paralelamente, desenvolveu-se o código de controle utilizando a IDE Arduino e a linguagem C++. A lógica programada inclui a leitura do sensor infravermelho, o acionamento do motor com seis rotações consecutivas (uma por segundo) para liberação da ração e a implementação de um temporizador para evitar múltiplas ativações em um curto intervalo, estabelecendo um tempo mínimo de cinco minutos entre as alimentações.

Após a programação, foi feita a avaliação por meio de testes de funcionamento do sistema para verificar a eficiência da detecção do sensor, a precisão do tempo de ativação do

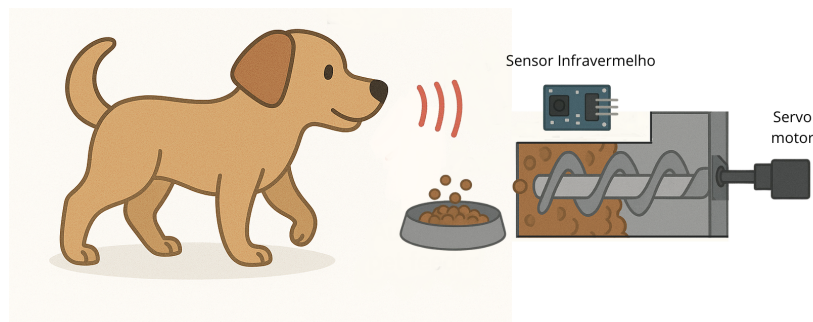
motor e a conformidade do intervalo entre as alimentações.

4.1 Visão Geral

O presente projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um alimentador automático para animais de estimação, oferecendo uma solução acessível e funcional para tutores que desejam automatizar a rotina alimentar de seus pets. A proposta visa atender à crescente demanda por tecnologias que promovam o bem-estar animal, principalmente em contextos urbanos, onde os tutores frequentemente enfrentam limitações de tempo. A solução projetada baseia-se na integração de sensor, atuador e um microcontrolador ESP32, permitindo a liberação automática de ração mediante a detecção da presença do animal.

A Figura 8 apresenta uma visão geral do sistema que funciona da seguinte forma: um sensor infravermelho reflexivo detecta quando o pet se aproxima do comedouro. Ao ser identificado, o microcontrolador aciona um servo motor que realiza seis rotações completas, o que movimenta uma estrutura de espiral responsável por empurrar a ração em direção à saída. Esse processo ocorre em um intervalo pré-programado de cinco minutos entre alimentações, evitando a ativação repetida em um curto período.

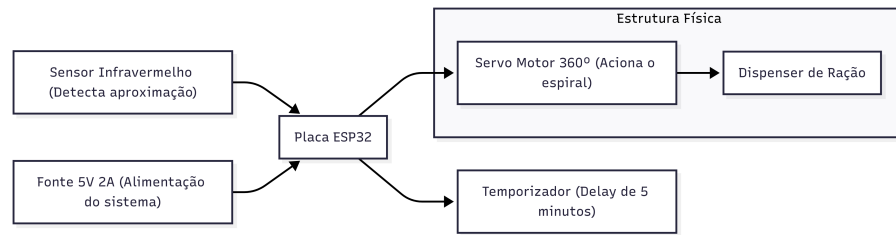
Figura 8 – Visão Geral do Projeto



Fonte: elaborada pela autora.

A Figura 9 apresenta o diagrama do projeto. O diagrama mostra a integração entre os principais componentes: o sensor infravermelho, que detecta a aproximação do animal; a ESP32, que atua como unidade central de controle; e o motor, responsável pela liberação da ração.

Figura 9 – Diagrama do Projeto



Fonte: elaborada pela autora.

4.2 Desenvolvimento do *Hardware*

O desenvolvimento do *hardware* deste projeto foi uma etapa fundamental para garantir o funcionamento eficiente do alimentador automático. As etapas seguintes detalham as decisões técnicas, os esquemas de ligação e o processo de montagem do protótipo.

4.2.1 Escolha dos Componentes

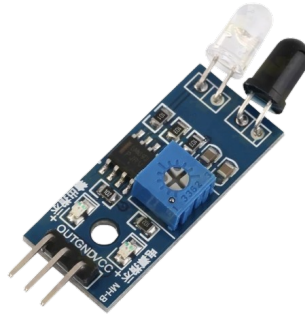
Figura 10 – Placa ESP32-WROOM



ESP32-WROOM é um módulo microcontrolador *Wi-Fi* e *Bluetooth* desenvolvido pela *Espressif Systems*. O dispositivo oferece recursos avançados de conectividade sem fio. O módulo é conhecido por sua versatilidade e facilidade de uso. Ele suporta a programação em diversas linguagens, como *C* e *Python*, além de possuir uma vasta gama de bibliotecas e ferramentas de desenvolvimento disponíveis (Souto *et al.*, 2023).

No projeto, ela atua como o cérebro do sistema, sendo responsável pela execução da lógica de controle. Por meio dela, são gerenciados os sinais do sensor infravermelho e o acionamento do servo motor. Sua escolha se deu pelo suporte à múltiplas interfaces digitais, baixo consumo energético e flexibilidade de programação via *Arduino IDE*.

Figura 11 – Sensor infravermelho



O sensor infravermelho é um sensor óptico reflexivo composto por um emissor de infravermelho e um fototransistor em um único encapsulamento. Ele detecta a presença de objetos refletivos pela emissão de luz infravermelha e medição da intensidade refletida. Quando um objeto está dentro do alcance, a luz refletida ativa o fototransistor, gerando uma saída de corrente proporcional à distância (Brown; Brown, 2021).

Esse sensor é utilizado para detectar a presença do animal próximo ao comedouro. Ele opera emitindo luz infravermelha e medindo a quantidade refletida por objetos à frente. Quando um pet se aproxima, a variação no sinal refletido é interpretada pela ESP32, acionando o processo de liberação da ração.

Figura 12 – Servo motor MG996R 360°



O servo motor MG996R é um atuador eletromecânico de corrente contínua amplamente utilizado em projetos de robótica e automação. Ele é capaz de posicionar um eixo com precisão angular, geralmente em um intervalo de 0° a 180° (ou 360° como é o caso desse projeto), mediante sinais *Pulse Width Modulation* (PWM) (Sampaio, 2021).

O servo motor é o atuador mecânico do sistema, responsável por girar o espiral que movimenta a ração. Ao detectar a presença do animal, a ESP32 envia um sinal PWM ao servo motor, que realiza seis rotações completas em seis segundos, liberando a quantidade adequada de alimento.

Figura 13 – Fonte de 5V 2A



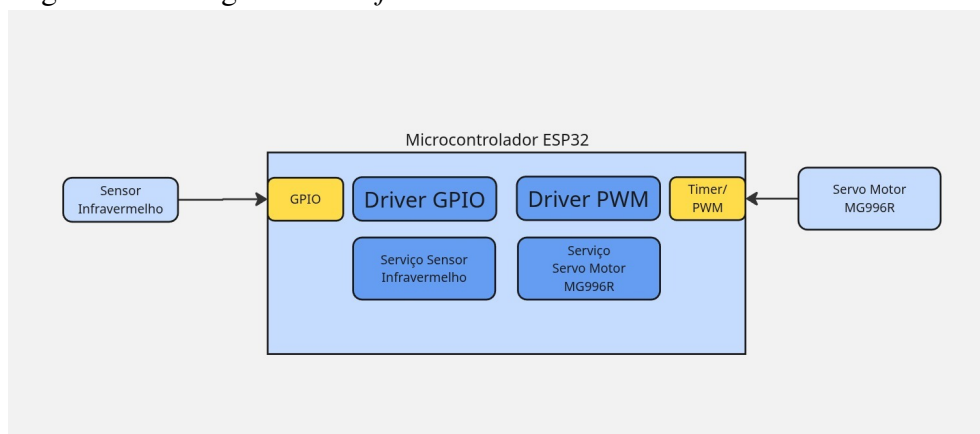
Uma fonte de alimentação de 5V 2A é um circuito que converte a tensão alternada (AC) da rede elétrica em tensão contínua (DC) de 5V com capacidade de fornecer até 2A de corrente, ideal para alimentar componentes eletrônicos como a ESP32, servomotores e sensores (Gouvêa, 2009).

A fonte de alimentação fornece energia à placa ESP32 e aos componentes conectados. Neste projeto, é utilizada uma fonte USB padrão, garantindo a portabilidade e autonomia do sistema, o que é útil em ambientes sem acesso contínuo à rede elétrica.

4.2.2 Arquitetura do Projeto

O que foi desenvolvido é um *firmware* para o microcontrolador ESP32. Como foi utilizado um sensor de infravermelho para detectar a presença do animal, foi utilizado um pino de GPIO do microcontrolador para realizar essa interface, cuja leitura é gerenciada por um *driver* GPIO. Para o acionamento do servo motor, que necessita de um sinal de controle preciso (PWM), o acionamento é executado por um *driver* de Timer/PWM dedicado, que é diferente do *driver* GPIO. A Figura 14 ilustra em forma de diagrama a descrição apresentada.

Figura 14 – Diagrama de *Software*

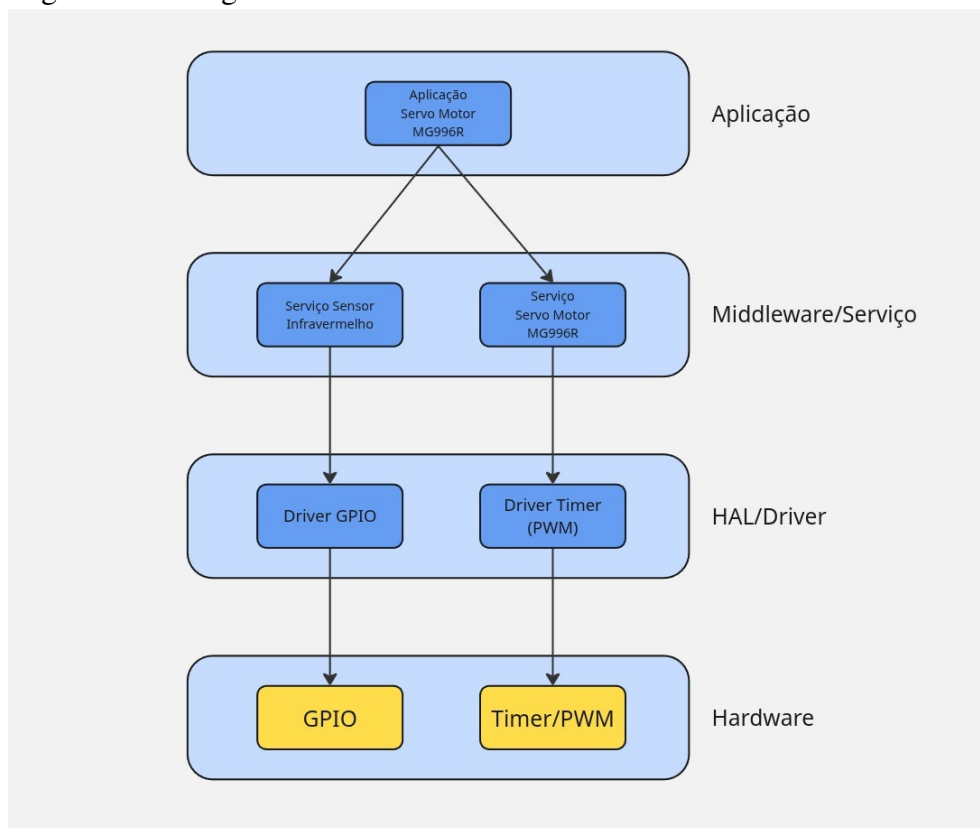


Fonte: elaborada pela autora.

Para o diagrama de uso mostrado na Figura 15, na camada de *hardware*, está sendo utilizado um sensor infravermelho; sua interface com o sistema é feita através de um periférico GPIO. A leitura deste periférico é gerenciada por um *driver* GPIO na camada de *drivers* (HAL). Para simplificar o uso dessa leitura na lógica principal, é criado um serviço de abstração para o sensor.

Para o controle do servo motor, é utilizado um periférico de Timer/PWM do microcontrolador, cujo acionamento é executado por um *driver* de Timer/PWM específico. É desenvolvido, então, um serviço de abstração para o servo motor que oferece comandos simplificados (como "mover para o ângulo X"). Conforme especificado, é na camada de aplicação que todo o funcionamento do servo motor é implementado. Isso significa que a lógica principal (o main/loop do programa) irá conter as regras de quando e como o servo deve se mover, baseando-se nas informações do serviço do sensor. Para executar os movimentos, a camada de aplicação irá chamar as funções simples que foram disponibilizadas pelo serviço do servo motor.

Figura 15 – Diagrama de Uso



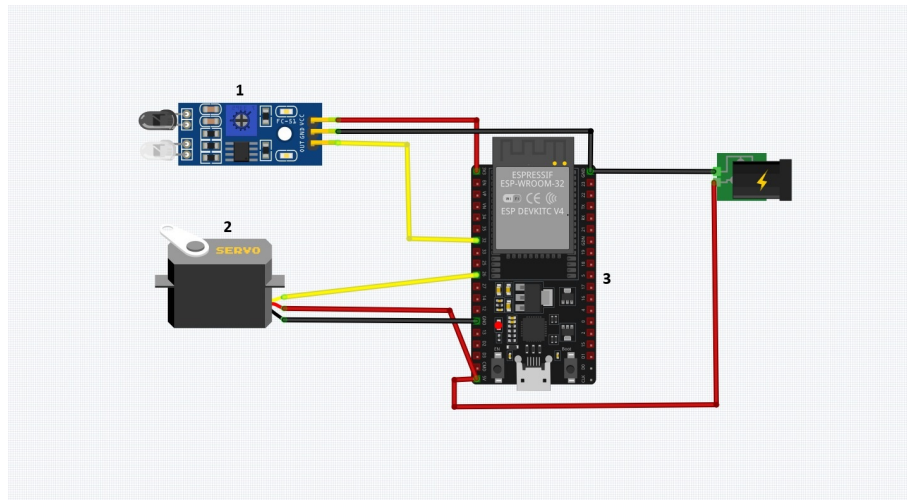
Fonte: elaborada pela autora.

4.2.3 Desenho do Esquemático

O esquemático foi projetado na ferramenta *Fritzing* e os componentes enumerados da seguinte forma:

- 1 - Sensor infravermelho.
- 2 - Servo motor.
- 3 - Placa ESP32.

Figura 16 – Esquemático



Fonte: elaborada pela autora.

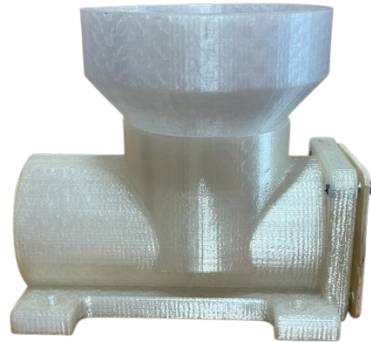
Na Figura 16 é possível ver o esquemático na qual o sensor infravermelho (1) tem três pinos: o pino de sinal (S) vai ligado na porta 32 da ESP32, o pino GND vai ligado na porta GND da ESP32 (3) e o VCC vai ligado na porta Vin da ESP32.

O servo motor (2) também tem três pinos: o amarelo vai ligado na porta 26 que é uma porta PWM da ESP32, o marrom vai ligado no GND junto com o sensor infravermelho na mesma porta da ESP32 e o vermelho é o VCC que vai ligado na mesma porta junto com o Vin da ESP32.

4.2.4 Construção do Protótipo

A impressão 3D feita do protótipo foi de um objeto no formato de um cilindro de 14 cm de comprimento com uma base para a sustentação na qual, logo no final do cilindro, tem um compartimento para acoplar o servo motor e em cima tem um outro compartimento para encaixar o cano. Também foi feita a impressão 3D do espiral que fica dentro do cilindro que tem como função empurrar a ração. Na Figura 17 é possível ver como ficou o objeto impresso.

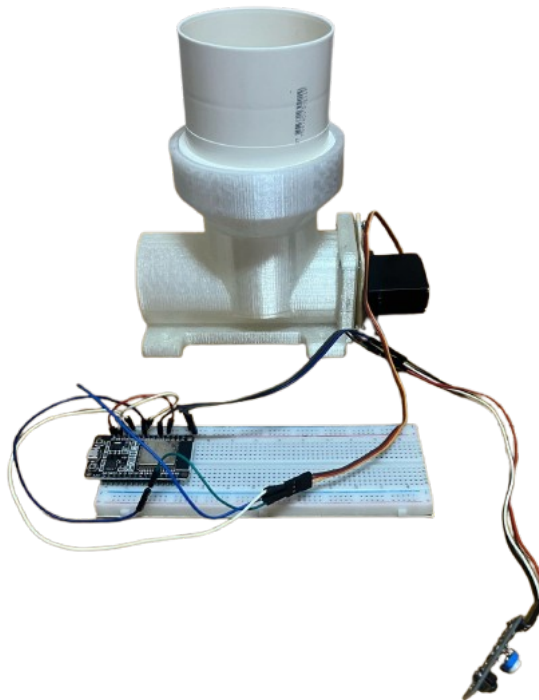
Figura 17 – Impressão 3D



Fonte: elaborada pela autora.

Para a montagem do protótipo, foi comprado um cano de medida 7,3 cm (altura) x 26 cm (circunferência) para armazenar a ração. Depois o cano foi encaixado na parte superior do objeto impresso, e em seguida, o servo motor foi acoplado na lateral. Finalmente, foi feita a ligação do protótipo com uma protoboard. Na protoboard também foi colocada uma placa ESP32 e o sensor infravermelho para fazer o protótipo funcionar. Na Figura 18 é possível perceber como ficou a junção do objeto impresso com os componentes.

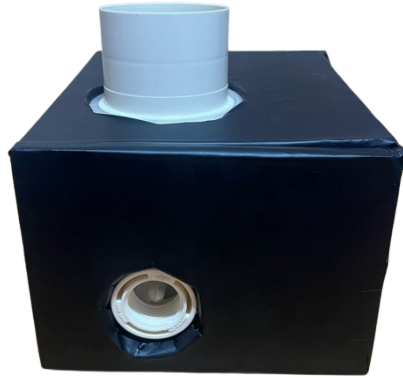
Figura 18 – Montagem do Protótipo



Fonte: elaborada pela autora.

Para armazenar toda a estrutura construída, foi elaborada uma caixa de madeira com abertura na parte superior, onde é colocada a ração dentro do cano, e uma abertura na parte frontal, local onde sai o alimento. A Figura 19 ilustra o modelo final do protótipo.

Figura 19 – Modelo Final do Protótipo



Fonte: elaborada pela autora.

4.3 Desenvolvimento do Código

O algoritmo que controla o funcionamento do alimentador automático foi desenvolvido na IDE do Arduino utilizando a linguagem C++ e executado na placa ESP32. Seu principal objetivo é detectar a presença de um animal próximo ao comedouro e acionar o servo motor responsável pela liberação da ração, respeitando um intervalo mínimo de tempo entre os ciclos de alimentação.

Logo no início da execução, o código realiza a configuração dos pinos utilizados: o pino de leitura do sensor infravermelho é definido como entrada, enquanto o pino de controle do servo motor é configurado como saída. Também é inicializada uma variável de controle chamada "ultimoAcionamento", que armazena o tempo da última liberação de ração.

Durante a execução contínua do programa, o laço principal verifica constantemente o estado do sensor infravermelho. Quando o sensor detecta um objeto (neste caso, a aproximação do animal), ele envia um sinal lógico baixo (LOW) para o microcontrolador. Nesse momento, o algoritmo compara o tempo atual com o tempo registrado na última ativação. Caso esse intervalo seja maior que cinco minutos (300.000 milissegundos), o sistema está autorizado a liberar uma nova porção de alimento.

A liberação da ração é realizada por meio da ativação do servo motor que gira durante seis segundos. Esse movimento é controlado por um laço que envia um pulso PWM ao motor

com duração de um segundo, seguido por uma pausa de 20 milissegundos, repetido seis vezes. Cada pulso representa uma rotação completa de 360°, totalizando seis rotações. Esse movimento do motor é responsável por girar o espiral que empurra a ração para fora do reservatório. Após a execução do processo de liberação, o tempo atual é registrado na variável de controle, iniciando uma nova contagem para o próximo acionamento.

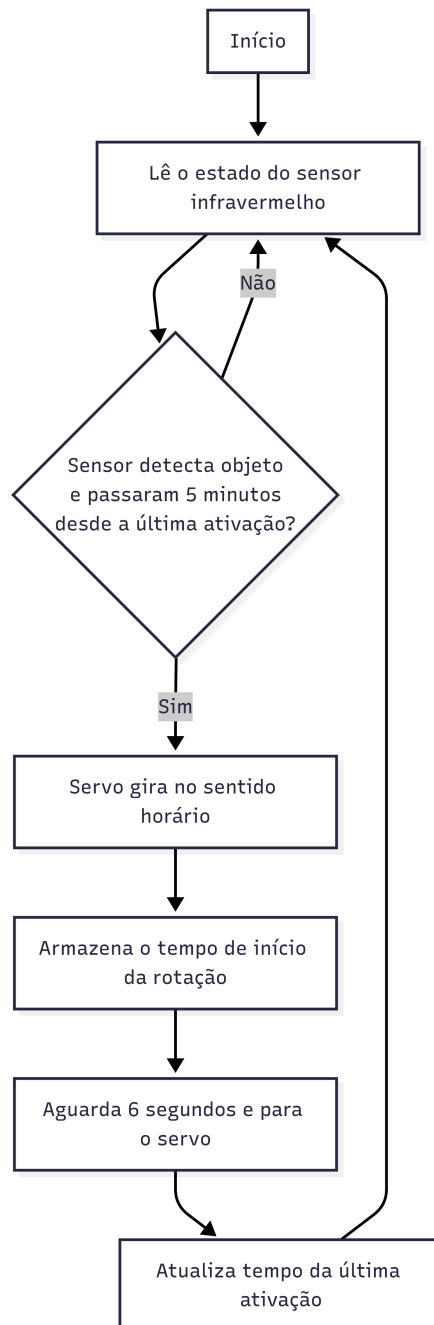
Esse controle, baseado no tempo, evita que o motor seja ativado repetidamente enquanto o animal ainda está próximo ao sensor, prevenindo a liberação excessiva de ração. O uso da função "millis()" permite a contagem de tempo de forma precisa e sem interrupção do fluxo do programa, dispensando a utilização de bibliotecas externas e garantindo um funcionamento contínuo e estável do sistema.

O código desenvolvido neste projeto está disponível no GitHub¹.

A Figura 20 ilustra o fluxograma de funcionamento na qual o servo motor é acionado assim que o sensor infravermelho capta alguma mudança na sua frente, no caso deste projeto, a aproximação de um animal. Com isso, ele libera o alimento por meio de um espiral que faz 6 giros de 360° em 6 segundos. A cada 1 segundo o servo motor faz 1 giro completo de 360° graus, liberando uma quantidade específica de ração. Essa quantidade de ração pode ser alterada em função do tempo. Foi estipulado um tempo de 5 minutos para o animal se alimentar, ou seja, para que o sensor infravermelho continue lendo mas não acione o servo motor. Só depois desse tempo é que a ração pode ser liberada no caso da aproximação de algum animal.

¹ GitHub: <https://github.com/paulafeitosa/Alimentador-Automatico-Pets>

Figura 20 – Fluxograma de Funcionamento



Fonte: elaborada pela autora.

5 RESULTADOS

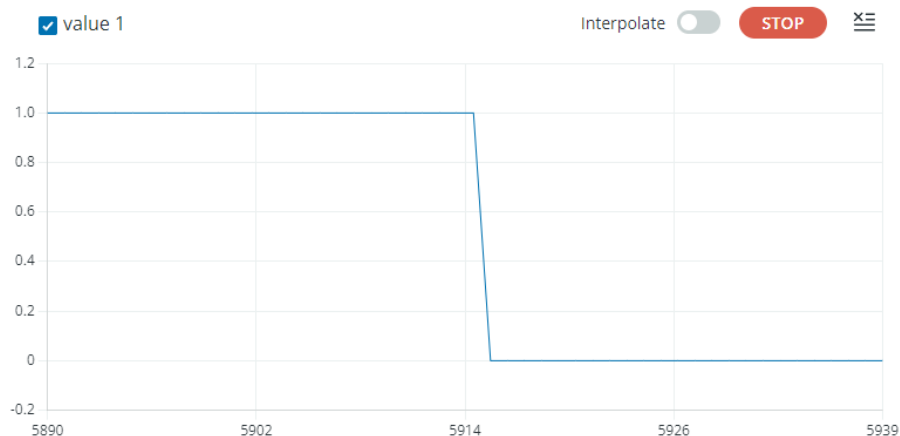
Para validar o desempenho do protótipo de alimentador automático para animais de estimação, foi realizada experimentos práticos simulando diferentes condições ambientais e operacionais. O objetivo desses testes foi identificar como o sistema se comporta frente a variações reais do cotidiano, como ambientes com e sem iluminação, além do uso de diferentes tipos de ração (formatos).

Os testes foram elaborados considerando fatores que impactam diretamente o funcionamento do sensor infravermelho e do servo motor, como a interferência luminosa e o tipo de material dispensado. Dessa forma, os experimentos ajudaram a identificar os limites do sistema, destacar os cenários mais estáveis e apontar melhorias necessárias para tornar o protótipo mais robusto, confiável e adaptável às diversas realidades dos tutores de pets.

5.1 Sensor Infravermelho

Primeiramente foi testado o sensor infravermelho que é o componente responsável pela detecção da aproximação do animal. A realização do teste com o sensor infravermelho foi essencial para verificar sua precisão e estabilidade na detecção da presença do animal junto ao comedouro. Como esse componente é responsável por iniciar todo o processo de liberação de ração, garantir seu funcionamento correto é fundamental para a confiabilidade do sistema. Sem essa validação, haveria o risco de falhas na alimentação, como liberações indevidas ou ausência de acionamento. Os gráficos apresentados abaixo têm como finalidade demonstrar a resposta do sensor infravermelho durante a detecção da aproximação e do afastamento do animal.

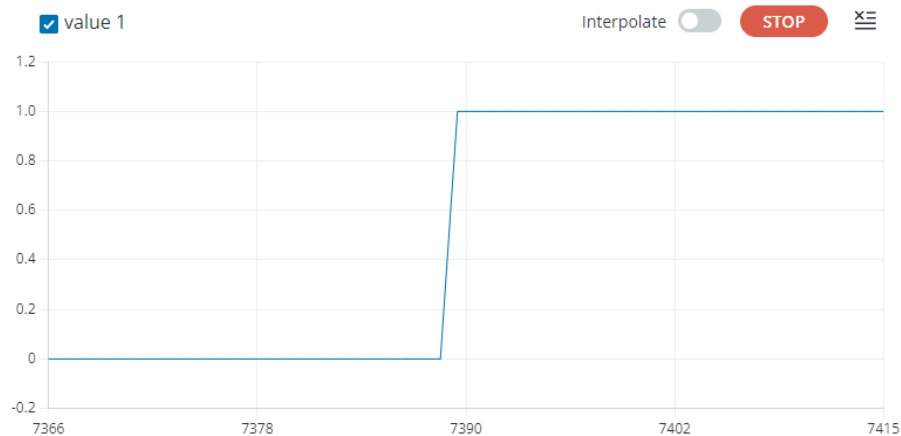
Figura 21 – Gráfico da Aproximação do Animal



Fonte: elaborada pela autora.

A Figura 21 apresenta um gráfico que foi gerado na IDE do Arduino e mostra a saída do sensor infravermelho do momento que não tem nenhum animal por perto (saída 1) para o momento em que um animal se aproxima (saída 0).

Figura 22 – Gráfico do Afastamento do Animal



Fonte: elaborada pela autora.

Já a Figura 22 apresenta um gráfico, também gerado na IDE do Arduino, que mostra a saída do sensor infravermelho que está acionado com a presença de um animal (saída 0) para o momento em que o animal se afasta (saída 1).

Dessa forma, o teste permitiu confirmar que o sensor responde adequadamente às variações de proximidade. Os resultados observados validam a eficiência do sistema embarcado na detecção da presença do animal, assegurando que a liberação da ração ocorra somente quando necessário.

5.2 Tipos de Ração

A seleção das rações utilizadas nos testes foi feita com base em três critérios principais: formato físico dos grãos, popularidade das marcas no mercado pet e adequação ao sistema de dispensação do protótipo. A intenção foi avaliar o desempenho do alimentador automático diante de diferentes características geométricas e físicas dos alimentos.

As três variações apresentadas a seguir permitiram observar como o formato da ração interfere diretamente na eficiência do sistema, especialmente na quantidade dispensada e na fluidez do movimento interno, fornecendo dados relevantes para futuras melhorias no design do alimentador.

5.2.1 *Ração Tipo 1*

Denominou-se esse nome para a ração de cachorro da marca *Anidog* apresentada na Figura 23. Essa ração foi escolhida por apresentar formato quadrado, o que permitiu verificar o comportamento do espiral em relação a superfícies com arestas e possíveis pontos de travamento. A marca também representa uma opção de ração mais acessível e amplamente disponível, o que condiz com o objetivo do projeto de ser viável para a maioria dos tutores.

Figura 23 – Ração *Anidog*



Fonte: elaborada pela autora.

5.2.2 *Ração Tipo 2*

Esse é o nome escolhido para a ração de cachorro da marca *Dog Chow* ilustrada na Figura 24. A escolha dessa ração deveu-se ao seu formato que, por ser arredondado, facilita o deslizamento e o giro dentro do mecanismo espiral. Esse formato foi incluído por ser comum em diversas marcas comerciais e por, teoricamente, representar o cenário mais favorável ao funcionamento contínuo do protótipo.

Figura 24 – Ração *Dog Chow*



Fonte: elaborada pela autora.

5.2.3 Ração Tipo 3

Nome dado para a ração de gatos da marca *Open Sea* apresentada na Figura 25. A ração em questão apresenta formato triangular, sendo utilizada para avaliar possíveis limitações do sistema frente a formas assimétricas e pontiagudas. Essa escolha buscou testar o protótipo em uma condição mais desafiadora, simulando o uso com alimentos que possuem maior chance de travamento entre o espiral e a parede interna do compartimento.

Figura 25 – Ração *Open Sea*



Fonte: elaborada pela autora.

5.3 Casos de Testes

Para validar o desempenho do protótipo em condições próximas ao cotidiano de um tutor, foram elaborados seis testes distribuídos em três etapas, cada uma utilizando um tipo diferente de ração. Os testes foram conduzidos no período da noite, em uma sala com iluminação fluorescente e circulação de ar, ambiente escolhido por representar um cenário doméstico comum. Foi feita a simulação da aproximação e do afastamento do animal a fim de obter informações relevantes para este projeto, como a quantidade de ração despejada em cada acionamento, por exemplo. A metodologia adotada visou verificar a precisão na liberação da ração, a sensibilidade do sensor infravermelho e a influência de fatores como iluminação e formato do alimento. Por meio desses testes foi possível obter algumas conclusões com base na resposta do protótipo em cada condição.

5.3.1 Primeira etapa – Ração Tipo 1 (formato quadrado):

Nos testes 1 e 2, com e sem luz respectivamente, a ração *Anidog* foi utilizada. O sistema funcionou adequadamente em ambas as situações, liberando 34g e 35g de ração. A

diferença de 1g é considerada mínima e pode ser atribuída à variação natural no posicionamento dos grãos no interior do espiral. Esses testes demonstraram que a iluminação do ambiente não interfere no desempenho do sensor infravermelho, o que valida sua eficácia em ambientes com diferentes níveis de luz. O formato quadrado da ração não causou bloqueios, revelando uma boa compatibilidade com o mecanismo.

5.3.2 Segunda etapa – Ração Tipo 2 (formato arredondado):

Os testes 3 e 4 utilizaram a ração *Dog Chow*, apresentando os melhores resultados em termos de quantidade liberada: 46g com luz e 45g sem luz. A forma arredondada facilitou o deslizamento da ração pelo espiral, permitindo uma liberação mais fluida e volumosa. O desempenho consistente indica que rações com essa geometria tendem a minimizar atritos e travamentos, otimizando a eficiência do sistema. Além disso, o aumento na quantidade liberada pode estar relacionado à facilidade de acomodação dos grãos dentro da cavidade do espiral durante a rotação.

5.3.3 Terceira etapa – Ração Tipo 3 (formato triangular):

Nos testes 5 e 6, a ração *Open Sea* foi utilizada. Apesar do funcionamento básico do sistema, a quantidade liberada foi menor: 31g com luz e 30g sem luz. Além disso, foram observados episódios de travamento entre os testes, especialmente devido ao acúmulo de grãos em posições que dificultavam o movimento do espiral. O formato triangular se mostrou o menos eficiente para o mecanismo utilizado, indicando que esse tipo de ração pode exigir adaptações no projeto, como aumento do diâmetro do espiral ou adoção de um sistema de vibração para evitar obstruções.

No Quadro 2 é detalhado o resultado de cada teste com informações e valores:

Quadro 2 – Análise comparativa entre os testes realizados.

Teste	Iluminação	Tipo de Ração	Formato	Ração Liberada	Travamento
1	Com Luz	Tipo 1	Quadrado	34 gramas	Não
2	Sem Luz	Tipo 1	Quadrado	35 gramas	Não
3	Com Luz	Tipo 2	Arredondado	46 gramas	Não
4	Sem Luz	Tipo 2	Arredondado	45 gramas	Não
5	Com Luz	Tipo 3	Triangular	31 gramas	Sim
6	Sem Luz	Tipo 3	Triangular	30 gramas	Sim

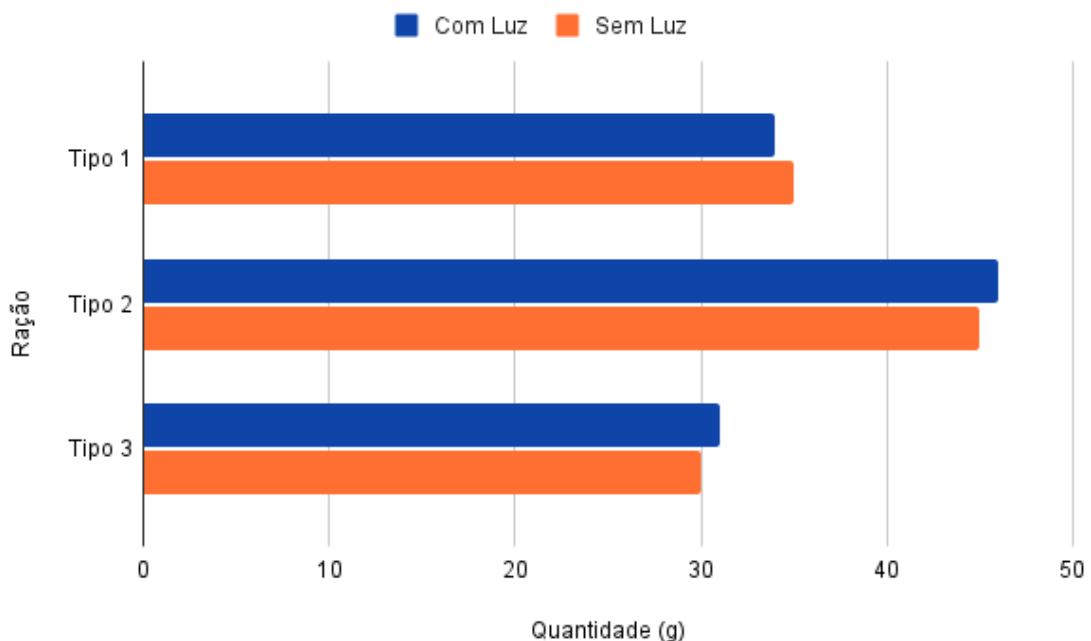
Fonte: elaborada pela autora.

Fazendo um estudo do quadro acima é possível perceber que a luz não foi um fator de interferência já que a quantidade de ração pesada com e sem luz foi praticamente a mesma, e que o formato da ração influencia na quantidade de ração despejada. A ração tipo 2, de formato arredondado, foi a que obteve maior sucesso no teste pela quantidade liberada e pelo funcionamento que não travou nenhuma vez. A ração tipo 1, formato quadrado, também teve um bom resultado, já a ração tipo 3 foi a que pesou menos na quantidade liberada nos testes e também foi a única que travou entre um teste e outro.

A análise dos resultados evidencia que o formato da ração tem maior impacto no desempenho do sistema do que a iluminação do ambiente. Todos os testes com luz e sem luz apresentaram valores muito próximos entre si, comprovando que o sensor infravermelho funciona com estabilidade independentemente da iluminação. Por outro lado, a geometria dos grãos influencia diretamente na quantidade dispensada e na fluidez do processo.

A Figura 26 apresenta um gráfico de barras que ilustra melhor essa observação da não interferência da luz do ambiente no desempenho do sistema e sim do tipo de ração. Esse recurso gráfico facilita a análise comparativa entre os testes e reforça os padrões identificados nos resultados.

Figura 26 – Gráfico de Barras



Fonte: elaborada pela autora.

Os testes demonstraram que o sistema é funcional e eficaz para rações de formatos

simples e com boa fluidez, mas pode apresentar limitações operacionais com grãos de formatos irregulares. Isso reforça a necessidade de, em projetos futuros, considerar ajustes no projeto mecânico para ampliar sua compatibilidade com diferentes tipos de alimentos.

5.4 Limitações e Ameaças à Validade

Apesar dos resultados positivos obtidos com o desenvolvimento e testes do protótipo, este trabalho apresenta algumas limitações que merecem ser consideradas, bem como ameaças à validade que podem impactar a generalização dos resultados obtidos.

Em relação ao *hardware*, verificou-se que o servo motor MG996R de rotação contínua apresentou desempenho satisfatório apenas com determinados formatos de ração. No caso específico de grãos com formato triangular, foram observados travamentos no mecanismo de espiral, o que compromete a consistência da liberação do alimento. Essa limitação indica que o protótipo atual é mais adequado para rações com formatos simples e de boa fluidez.

Outro fator limitante está relacionado à sensibilidade do sensor infravermelho. Embora os testes tenham demonstrado que a iluminação do ambiente (com ou sem luz) não interferiu significativamente na detecção da presença do animal, ambientes com alta incidência de luz solar direta, reflexos intensos ou obstáculos próximos ao sensor podem interferir na leitura, comprometendo o funcionamento esperado do sistema.

Além disso, por se tratar de um sistema local e autônomo, o alimentador desenvolvido não possui conectividade com a *internet* ou integração com aplicativos móveis, o que limita seu monitoramento e controle remoto. Essa característica, embora tenha sido proposital para manter o baixo custo e a simplicidade do sistema, representa uma restrição para tutores que desejam acompanhar a alimentação dos seus animais à distância ou configurar parâmetros personalizados.

Cabe destacar também que os testes realizados foram conduzidos em ambiente controlado, sem a presença de múltiplos animais e em condições favoráveis ao funcionamento do sistema. Fatores externos como variações de tensão elétrica, acúmulo de sujeira no sensor, presença de mais de um pet no mesmo ambiente ou perturbações sonoras e físicas não foram explorados nesta fase do projeto, o que representa uma ameaça à validade externa dos resultados.

Por fim, ressalta-se que o protótipo ainda não foi testado com usuários finais em ambientes domésticos reais. A ausência de validação prática com tutores e seus respectivos animais limita a avaliação de aspectos como usabilidade, adaptação à rotina, manutenção do sistema e aceitação por parte dos pets.

Essas limitações não invalidam os resultados obtidos, mas indicam que o protótipo, apesar de promissor, ainda necessita de ajustes e validações adicionais para garantir desempenho confiável e aplicabilidade em diferentes contextos de uso.

6 CONCLUSÃO

A crescente rotina atribulada dos tutores de animais domésticos tem gerado uma necessidade urgente por soluções tecnológicas que garantam alimentação adequada e em horários regulares aos pets, mesmo na ausência de seus responsáveis. A problemática central está justamente na dificuldade de assegurar esse cuidado de forma automática, confiável e acessível, especialmente considerando que a alimentação irregular pode gerar consequências como estresse, subalimentação e até problemas metabólicos nos animais. É nesse contexto que se insere o desenvolvimento de alimentadores automáticos como ferramentas de auxílio à qualidade de vida dos pets e de seus tutores.

Diversos estudos e trabalhos acadêmicos já abordaram a temática dos alimentadores automáticos para animais de estimação, como os projetos de Adriansyah *et al.* (2016), Kank (2018), Dutra *et al.* (2019) e Pires *et al.* (2022). Essas iniciativas exploram diferentes abordagens, como o uso de servidores *web*, sensores diversos, motores de passo e a plataforma Arduino, revelando o interesse crescente da comunidade técnica e científica em automatizar a alimentação de pets. Cada um desses projetos contribuiu com soluções específicas, evidenciando que esse tipo de sistema já é objeto de estudo consolidado e que várias pessoas vêm se dedicando a essa área, com ênfase em diferentes aspectos como controle remoto, precisão na dosagem e estrutura mecânica.

Ao analisar os trabalhos relacionados mencionados neste projeto, observa-se que muitos protótipos anteriores focam apenas na liberação da ração com base em temporizadores simples ou em aplicações de alto custo com conectividade avançada. Outros trabalhos trazem projetos com sensores pouco adaptados à realidade doméstica brasileira ou com estruturas físicas complexas e de difícil replicação.

A partir dessa base de conhecimento e experiência, este trabalho propõe uma solução alternativa mais simples, de baixo custo e voltada para a realidade do tutor brasileiro, utilizando a placa ESP32, um sensor infravermelho e um servo motor, com foco na detecção da presença do animal e liberação automatizada de ração sem depender de conectividade com a *internet*.

O protótipo desenvolvido nesse trabalho se destaca por sua abordagem simples, funcional e de baixo custo, utilizando componentes como a placa ESP32, um sensor infravermelho e um servo motor MG996R 360°. O sistema foi projetado para detectar a presença do animal e liberar a quantidade de ração de forma controlada, de modo a evitar desperdícios e excessos. Diferentemente de outros projetos, esse propõe uma liberação baseada em interação do animal e

não apenas em horários programados, tornando-se mais adequado às necessidades reais do pet.

Durante o desenvolvimento e a execução dos testes, algumas lições importantes foram aprendidas. Verificou-se, por exemplo, que a densidade da ração afeta diretamente no esforço exigido do motor, assim como o formato da ração também interfere na sua liberação. Entre as principais limitações do estudo, destaca-se o motor utilizado, que embora seja eficiente para algumas rações, apresentou dificuldade com grãos de formatos mais elaborados.

Como proposta para trabalhos futuros, sugere-se a substituição do sensor infravermelho por módulos de RFID, que permitiriam identificar individualmente cada animal, possibilitando um controle mais preciso da alimentação em ambientes com múltiplos pets. Também é recomendada a implementação de um sistema de calibração automática do tempo de liberação de ração conforme o tipo e o formato do alimento, promovendo maior eficiência na dosagem. Além disso, destaca-se o desenvolvimento de um aplicativo móvel que permita ao tutor monitorar e controlar remotamente o alimentador, ampliando a funcionalidade do sistema.

Outra importante sugestão é a adoção de um mecanismo de vibração acoplado ao reservatório de ração, com o objetivo de evitar obstruções internas e possíveis travamentos do sistema de liberação. Da mesma forma, a inclusão de uma fonte de alimentação de emergência, como uma bateria reserva, é recomendada para garantir o funcionamento contínuo do dispositivo em situações de queda de energia.

Adicionalmente, propõe-se a realização de experimentos em ambientes mais complexos e sujeitos a interferências externas, como variações de luz, objetos reflexivos e presença simultânea de diversos animais. Também é relevante considerar como as características físicas dos animais — como a cor do pelo e o porte corporal — influenciam na eficácia da detecção por sensores infravermelhos reflexivos. Pelagens escuras, por exemplo, podem dificultar a reflexão da luz, assim como diferenças entre espécies e tamanhos (cães, gatos, raças pequenas ou grandes) podem impactar o desempenho do sensor.

Por fim, sugere-se ampliar a amostra de testes com diferentes animais e tipos de ração, a fim de gerar dados estatísticos mais robustos e confiáveis, auxiliando na validação do sistema e na identificação de melhorias técnicas futuras.

REFERÊNCIAS

- ADRIANSYAH, A.; WIBOWO, M. A.; IHSANTO, E. **Design of pet feeder using web server as internet of things application**. In: International conference on electrical engineering and informatics. [S. l.: s. n.], 2016. p. 151–156.
- ALKHATIB, A. **O desenvolvimento do mercado pet no Brasil**: Artigo acadêmico — antonio meneghetti faculdade. 2022. Disponível em: <https://jornaltribuna.com.br/wp-content/uploads/2022/04/ARTIGO-MERCADO-PET-AYCHA.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- ALMEIDA, E. A. S. d. **Desenvolvimento e análise de protocolos de comunicação serial para integração com dispositivos ESP32**: Trabalho de conclusão de curso — engenharia da computação, ufam. 2024. Disponível em: <http://riu.ufam.edu.br/handle/prefix/8230>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO (ABINPET). **Apresentação Dados de Mercado 2024**: Versão completa - draft 5. 2024. Disponível em: https://abinpet.org.br/wp-content/uploads/2024/10/abinpet_apresentacao_dados_mercado_2024_completo_draft5.pdf. Acesso em: 31 mar. 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO (ABINPET). **Folder Dados de Mercado 2024**: Versão web - draft 2. 2024. Disponível em: https://abinpet.org.br/wp-content/uploads/2024/03/abinpet_folder_dados_mercado_2024_draft2_web.pdf. Acesso em: 31 mar. 2025.
- BALL, S. R. **Embedded Microprocessor Systems: Real World Design**. 3. ed. Oxford: Elsevier / Newnes, 2002. 432 p. (Embedded Technology). ISBN 978-0750675345.
- BHAGAT, R.; BAMNOTE, A.; SATPUTE, N.; KHANDAIT, P. D. Review on automatic pet feeding system. **International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)**, v. 12, n. 3, p. 322–325, 2024.
- BORBA, I. F. d. **O perfil e o comportamento dos consumidores no mercado pet**: uma análise direcionada aos petiscos no segmento de pet food: Trabalho de conclusão de curso — medicina veterinária, ufrgs. 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/271794>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- BROWN, R. N.; BROWN, D. H. Robotic laser scarecrows: a tool for controlling bird damage in sweet corn. **Crop Protection**, v. 146, p. 105652, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105652>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- CARCIOFI, A. C.; JEREMIAS, J. T. Progresso científico sobre nutrição de animais de companhia na primeira década do século xxi. **Revista Brasileira de Zootecnia**, SciELO Brasil, v. 39, p. 35–41, 2010.
- CASTILLO-ARCEO, O. E.; RENTERIA-FLORES, R. U.; SANTANA-MANCILLA, P. C. Design and development of a smart pet feeder with iot and deep learning. **Engineering Proceedings**, MDPI, v. 82, n. 1, p. 63, 2024.
- CEBALLOS, M. C.; SANT'ANNA, A. C. Evolução da ciência do bem-estar animal: Uma breve revisão sobre aspectos conceituais e metodológicos. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 16, p. 1–24, 2018.

- CUNICO, J. M.; ALVES, L. A. G.; ANDRADE, E. R.; SURUI, P. O.-H.; SILVA, F. do C.; SOUZA, B. M. de; SOUZA, D. S. de; LEÃO, G. C. H.; OLIVEIRA, B. V. de; ZADRA, V. F. *et al.* Mental disorders in dogs and cats—a literature review. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 7, p. e16656–e16656, 2025. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/16656>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- DALLASTELA, E. G.; SCHMIDT, E. K. **Feedmypet**: alimentador automático de animais de estimação. Dissertação (B.S. thesis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.
- DIAS, A. J. C. **Sistema embarcado para controle de microplásticos**: Trabalho de conclusão de curso — engenharia (unesp). 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/019dc5b9-59e9-43f0-86bb-300e89929e2a>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- DUTRA, A. L. P.; ALMEIDA, G. K. F. C.; MAGALHÃES, Y. C.; ALMEIDA, W. R. M. Feeder4pets: Alimentador automático para animais utilizando a plataforma arduino. **Revista Ceuma Perspectivas**, v. 34, n. 2, p. 19–27, 2019.
- ELIZEIRE, M. B. **Expansão do mercado pet e a importância do marketing na medicina veterinária**: Trabalho de conclusão de curso — graduação em ciências econômicas, ufrgs. 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/80759>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- FELIPETTO, L.; FERNANDES, F.; VOGEL, F.; FLORES, E.; BOTTON, S.; SANGIONI, L. Demographics and health care profiles of dogs and cats associated with the socioeconomic profile of their tutors in areas assisted by family health strategies in Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, SciELO Brasil, v. 74, n. 06, p. 1007–1016, 2022.
- FERREIRA, M. A.; ALMEIDA, M. S. d. **Sistema de alimentação automática para animais domésticos**: Trabalho de conclusão de curso (tecnologia em mecânica industrial) – faculdade de tecnologia de garça “deputado júlio julinho marcondes de moura”. 2021. Disponível em: <http://ric-cps.eastus2.cloudapp.azure.com/handle/123456789/8180>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- Flawless Cuties. **7 Game-Changing Benefits of Automatic Pet Feeders for Busy Pet Owners**: Insights for busy pet owners. 2025. Disponível em: <https://flawlesscuties.com/7-game-changing-benefits-of-automatic-pet-feeders/>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- FREEMAN, L.; BECVAROVA, I.; CAVE, N.; MACKAY, C.; NGUYEN, P.; RAMA, B.; TAKASHIMA, G.; TIFFIN, R.; BEUKELLEN, P. van; YATHIRAJ, S. Wsava nutritional assessment guidelines. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, SAGE Publications Sage UK: London, England, v. 13, n. 7, p. 516–525, 2011.
- FURLAN, A. C. S.; GOBETTI, S. A evolução da alimentação comercial para cães e gatos no Brasil. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 37, n. 73, p. 46–57, 2021.
- GONÇALVES, J. L. **O reconhecimento da família plural**: os animais de estimação enquanto membros da entidade familiar na contemporaneidade. 2021. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/95578/o-reconhecimento-da-familia-plural-os-animais-de-estimacao-enquanto-membros-da-entidade-familiar-na-contemporaneidade>. Acesso em: 31 mar. 2025.
- GOUVÊA, D. D. **Fonte de alimentação ininterrupta para microcomputador**. Trabalho de Conclusão de Graduação – Universidade Federal do Rio de Janeiro (Escola Politécnica), Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/7478>. Acesso em: 17 jul. 2025.

HEIDEN, J.; SANTOS, W. Benefícios psicológicos da convivência com animais de estimação para os idosos. **ÁGORA: revista de divulgação científica**, v. 16, n. 2esp., p. 487–496, 2009.

IANNI, D. S. ao. **Integrando visão computacional e sistemas embarcados: rastreo de objetos com CSRT e controle automático de câmera pan-tilt usando ESP32**. Trabalho de Conclusão de Graduação – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Faculdade de Engenharia e Ciências, UNESP – Guaratinguetá), Guaratinguetá, SP, 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/239747>. Acesso em: 17 jul. 2025.

JOSEPH, T. M.; KALLINGAL, A.; SURESH, A. M.; MAHAPATRA, D. K.; HASANIN, M. S.; HAPONIUK, J.; THOMAS, S. 3d printing of polylactic acid: recent advances and opportunities. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Springer, v. 125, n. 3, p. 1015–1035, 2023.

KANK, V. G. A. **Automatic Pet Feeder**. 2018. SSRN (Social Science Research Network). Working paper. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3274472>. Acesso em: 17 jul. 2025.

LUMBIS, R.; SCALLY, M. D. Knowledge, attitudes and application of nutrition assessments by the veterinary health care team in small animal practice. **Journal of Small Animal Practice**, Wiley Online Library, v. 61, n. 8, p. 494–503, 2020.

MACEDO, H. T.; PEDRINELLI, V.; RENTAS, M. F.; RISOLIA, L.; ZAFALON, R.; PERINI, M.; RODRIGUES, R.; BRUNETTO, M. A. **Alimentos não convencionais para cães e gatos**. *Novos Desafios da Pesquisa em Nutrição e Produção Animal*, p. 90, 2018.

MARTINS, C. M.; MOHAMED, A.; GUIMARÃES, A. M. S.; BARROS, C. d. C. de; PAMPUCH, R. dos S.; SVOBODA, W.; GARCIA, R. d. C. M.; FERREIRA, F.; BIONDO, A. W. Impact of demographic characteristics in pet ownership: modeling animal count according to owners income and age. **Preventive Veterinary Medicine**, Elsevier, v. 109, n. 3-4, p. 213–218, 2013.

MEKONNEN, K. T.; FANTA, G. M.; TILINTI, B. Z.; REGASA, M. B. Polylactic acid based biocomposite for 3d printing: A review. **Composite Materials**, Science Publishing Group, v. 8, n. 2, p. 57–71, 2024.

MOUREIRA, L. F. d. S. **Desenvolvimento de dispositivo de baixo custo para treinamento funcional baseado em ESP32**. Dissertação (B.S. thesis), 2023.

OLIVEIRA, J. R. d. **Sistema embarcado real aplicado ao controle de processo de uma planta virtual: unity, linux, mqtt e raspberry**. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2024.

OLIVEIRA, P. L. d. **O crescimento do mercado pet: uma análise das razões pelas quais as pessoas vêm, cada vez mais, tendo pets e consumindo produtos relacionados a eles**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração)-Faculdade de Administração e Ciências Contábeis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

PIRES, F. F.; CASTOLDI, M. F.; GOEDTEL, A.; SOUZA, W. A. de. Alimentador automático de animais domésticos utilizando controle de motor de passo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA-CBA. **Anais [...]**. [S. l.], 2022. v. 3, n. 1.

PLAMADIALA, I.; CROITORU, C.; POP, M. A.; ROATA, I. C. Enhancing polylactic acid (pla) performance: A review of additives in fused deposition modelling (fdm) filaments. **Polymers**, MDPI, v. 17, n. 2, p. 191, 2025.

Royal Canin. **Avaliação nutricional:** quinto parâmetro vital de gatos e cães: Portal vet – saúde e nutrição. 2025. Disponível em: <https://portalvet.royalcanin.com.br/saude-e-nutricao/nutricao/avaliacao-nutricional/>. Acesso em: 17 jul. 2025.

SAMPAIO, M. L. **Modelagem, identificação e controle PID de um robô planar.** 61 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará (Centro de Tecnologia), Fortaleza, CE, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/62097>. Acesso em: 17 jul. 2025.

SANDANAMSAMY, L.; HARUN, W.; ISHAK, I.; ROMLAY, F.; KADIRGAMA, K.; RAMASAMY, D.; IDRIS, S.; TSUMORI, F. A comprehensive review on fused deposition modelling of polylactic acid. **Progress in Additive Manufacturing**, Springer, v. 8, n. 5, p. 775–799, 2023.

SOUTO, A. S.; LOBO, D. D.; REIS, M. L. V. **Alimentador Automático Para Animais Usando ESP32.** [S. l.]: Mettzer, 2023.

SOUZA, R. A. de; AMARAL, H. C. C.; AO, A. M. Sistemas embarcados: Comunicação via esp32 com lora. In: IANO, Y.; SAOTOME, O.; VÁSQUEZ, G. L. K.; ROSA, M. T. de M. G.; ARTHUR, R.; OLIVEIRA, G. G. de (Ed.). **Proceedings [...]**. Cham, Switzerland: Springer, Cham, 2023. (Smart Innovation, Systems and Technologies, volume 353). Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-31007-2>. Acesso em: 17 jul. 2025.

TEIXEIRA, M. J. B.; MARIANO, R. N. O.; ROSA, Y. M.; HENRIQUE, E. R.; NASCIMENTO, G. H.; SILVESTRE, L. J. B. Animais de estimação e sua influência na saúde mental do ser humano. **Revista Científica do Tocantins**, v. 3, n. 1, p. 1–8, 2023.