



Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Engenharia Elétrica e Informática  
Departamento de Engenharia Elétrica

FELIPE DE SOUSA BRASILEIRO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

**DATALOGGER DE MASSA, IMAGEM E DISTÂNCIA**

**LACRA – LABORATÓRIO DE CONSTRUÇÕES  
RURAS E AMBIÊNCIA**

Campina Grande, maio de 2024

FELIPE DE SOUSA BRASILEIRO

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**  
**LACRA – LABORATÓRIO DE CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIÊNCIA**

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande – campus de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Eletrônica

Trabalho Aprovado em: 20 / 05 / 2024

---

Orientadora: Luciana Ribeiro Veloso, D.ra Sc.

---

Convidado: Edmar Candeia Gurjão, D.r Sc.

Campina Grande, maio de 2024

FELIPE DE SOUSA BRASILEIRO

# **PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS CLÍNICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido à Coordenação de  
Graduação em Engenharia Elétrica  
da Universidade Federal de Campina  
Grande, campus Campina Grande,  
como parte dos requisitos  
necessários para obtenção do título  
de Graduado em Engenharia Elétrica.

Campina Grande, Paraíba.  
Fevereiro de 2023

*Dedico este trabalho à minha amada mãe, que sempre me incentivou a estudar e nunca deixou de acreditar em mim. Se não fosse por seu amor incondicional e sua força de vontade, eu não estaria aqui hoje, celebrando esta conquista. Também gostaria de agradecer aos meus amigos e familiares, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e me encorajando a perseguir meus sonhos. Deixo também um agradecimento especial à minha orientadora pelo imprescindível trabalho. Vocês são minha fonte de inspiração e gratidão. Este trabalho é dedicado a vocês, com todo o meu amor e admiração.*

## Resumo

Nesse relatório são descritas as atividades realizadas pelo estagiário Felipe de Sousa Brasileiro, graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), durante o estágio no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LaCRA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da UFCG, no período de 19/02/2024 a 26/04/2024, totalizando 291 horas. As atividades desenvolvidas tiveram como base demandas de pesquisas desenvolvidas naquele laboratório, no desenvolvimento de um sistema de pesagem com obtenção de imagem.

**Palavras-chave:** Balança; Pesagem; Câmera; Fotografia; Microcontrolador.

# Sumário

1	Introdução .....	8
1.1	Objetivos.....	8
1.2	Estrutura do trabalho .....	9
2	Local de Estágio.....	9
3	Fundamentação Teórica .....	10
3.1	Sistemas de Aquisição de Dados.....	10
3.2	Conversor Analógico-Digital.....	11
3.3	ultrassom.....	12
3.4	<i>Strain Gauge</i> .....	13
4	Material Utilizado.....	14
4.1	Célula de Carga .....	14
4.2	Conversor Amplificador HX711 .....	15
4.3	Ultrassom HC-SR04 .....	17
4.4	Microcontrolador ESP32 .....	18
4.4.1	ESP WROOM 32 .....	18
4.4.2	ESP AI THINKER CAM.....	18
4.5	Câmera OV2640.....	19
5	Atividades Desenvolvidas .....	20
5.1	Desenvolvimento e Execução do Projeto.....	20
5.2	Problemas enfrentados no desenvolvimento .....	29
5.3	Resultados .....	31
6	Considerações Finais.....	33
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>34</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Este relatório descreve as atividades desenvolvidas durante o Estágio Supervisionado do aluno Felipe de Sousa Brasileiro, do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LaCRA), sob orientação da professora Luciana Ribeiro Veloso e supervisão do professor José Wallace Barbosa do Nascimento.

A disciplina de Estágio Supervisionado faz parte da grade curricular do curso de Engenharia Elétrica da UFCG. O estágio teve início no dia 19 de fevereiro de 2024 e foi finalizado no dia 26 de abril de 2024, totalizando 291 horas.

O programa de estágio torna-se fundamental para dar oportunidade ao aluno de mostrar os aprendizados adquiridos ao longo da graduação, por meio de atividades práticas, colocando conceitos e teorias em um ambiente de demandas do mundo real.

## 1.1 OBJETIVOS

O principal objetivo do estágio realizado foi aplicar os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos durante o curso de Engenharia Elétrica, dando maior ênfase aos conteúdos de sistemas embarcados e instrumentação eletrônica, que serviram como alicerce para o desenvolvimento de uma balança com um dispositivo fotográfico.

Além da célula de carga para realizar a pesagem, e da câmera fotográfica, também foi necessária a inclusão de um ultrassom, para realizar a medição da distância real até o alvo que será registrado em foto. A informação de distância torna-se importante para calcular o tamanho real da imagem registrada. Este sistema poderá então ser utilizado para a criação de um *dataset* para treinamento de redes neurais convolucionais (*CNNs*), as quais relacionariam a área real do animal na imagem à sua massa.

Para alcançar o propósito desse projeto, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Estudo de sensores de ultrassom, células de carga e do funcionamento da câmera OV2640;
- Implementação do código para que os dispositivos registrassem os dados de pesagem, distância e foto em cartão de memória;
- Projeto e montagem da estrutura física básica.

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em seis capítulos. No primeiro capítulo é feita uma introdução e apresentação dos objetivos do trabalho. Em seguida, são detalhados os princípios de funcionamentos dos sensores adotados. O capítulo 3 descreve um pouco da revisão bibliográfica dos principais conceitos utilizados. O capítulo 4 descreve os dispositivos e materiais utilizados, como a câmera e microcontrolador. No capítulo 5, estão descritas as atividades desenvolvidas. Finalizando, tem-se no capítulo 6 as considerações finais sobre o trabalho, seguidas pelas referências bibliográficas.

## 2 LOCAL DE ESTÁGIO

O estágio foi desempenhado no Laboratório de Construções Rurais e Ambiente (LaCRA), integrante da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) da UFCG. O laboratório está situado na Rua Aprígio Veloso, número 882, no Bairro Universitário, em Campina Grande – PB.

Figura 1: Fachada LaCRA



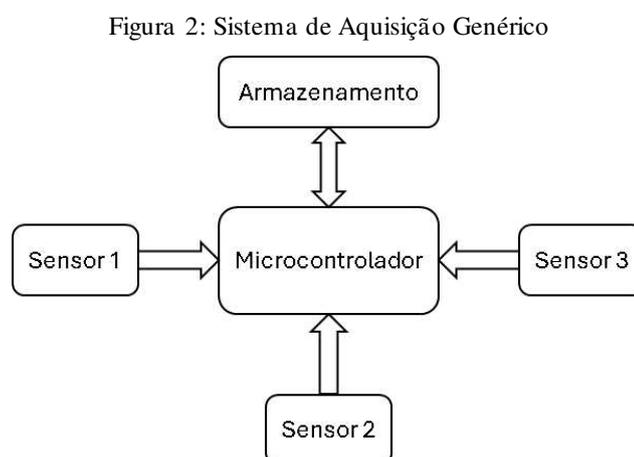
Fonte: Autoria Própria

As atividades desempenhadas consistiram na concepção e desenvolvimento de uma balança de pesagem, com registro de imagem e distância ao alvo. O objetivo desta balança seria coletar dados de pesagem de animais, como codornas. Agregado à massa do animal, uma foto seria registrada, com a distância do animal à câmera. Mais detalhes sobre o projeto serão dados no capítulo 5, de atividades desenvolvidas.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 SISTEMAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Sistemas de aquisição de dados são dispositivos complexos que tem como objetivo obter, tratar e armazenar dados coletados por sensores (SMITH, GRANT MALOY). Estes sistemas podem ser autônomos, e trabalharem independentemente de algum operador humano, como também podem responder a comandos externos. Na Figura 2 encontra-se um sistema clássico de aquisição dados.



Fonte: Autoria Própria

Para obter as grandezas a serem trabalhadas, transdutores convertem as grandezas físicas do mundo analógico em um sinal elétrico correspondente, o qual pode necessitar algum tipo de condicionamento antes de ser enviado para os sistemas de aquisição de dados. É comum a utilização de circuitos amplificadores para aplicar um ganho ao sinal, ou filtros para redução de ruídos que possam comprometer a qualidade do sinal.

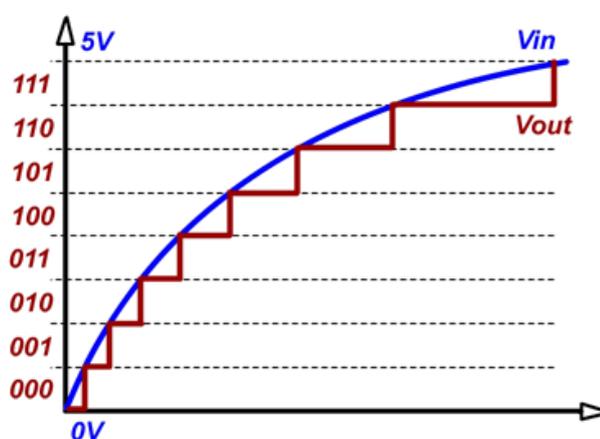
Sistemas de aquisição de dados embarcados em microcontroladores possuem como principal vantagem a fácil modificação e possibilidade de constante aperfeiçoamento e atualizações.

## 3.2 CONVERSOR ANALÓGICO-DIGITAL

Os Conversores Analógico-Digitais (ADC) desempenham um papel fundamental como interface entre o mundo físico e o digital. Eles possibilitam a conversão de grandezas provenientes de transdutores, que são contínuas tanto em amplitude quanto no tempo, em sinais discretos tanto em amplitude quanto no tempo (LIMA, MANOEL E.). Essa transformação torna os sinais compatíveis com sistemas digitais, viabilizando sua utilização em uma ampla gama de aplicações, desde aquisição de dados até controle de sistemas.

Para garantir que o sinal convertido mantenha uma qualidade adequada, é crucial que ADC possua uma resolução adequada em relação ao sinal a ser amostrado, juntamente com uma frequência de amostragem que siga o critério de Nyquist. Quanto maior sua resolução, mais níveis discretos de tensão poderão ser diferenciados, tornando o sinal mais próximo do original. Na Figura 3, o sinal analógico de amplitude 5V está representado em azul, sendo convertido por um ADC de 3 bits. O resultado da conversão é mostrado em vermelho.

Figura 3: Sistema de Aquisição Básico



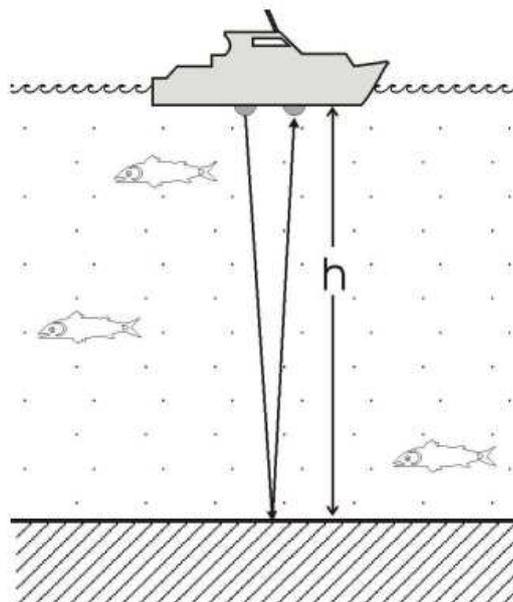
Fonte: MICROCONTROLLER BOARD, 2008

### 3.3 ULTRASSOM

Desde os tempos da Segunda Guerra Mundial, o ultrassom tem sido empregado como uma ferramenta fundamental na medição de distâncias (LOBO, FRANCISCO S. N), aplicado principalmente no sonar em submarinos. Como exposto na Figura 4, apesar do uso militar, foram encontrados uma ampla variedade de aplicações em diversos campos, incluindo medicina, indústria e pesquisa científica.

Este método baseia-se na emissão de pulsos ultrassônicos em um meio cuja velocidade média de propagação sonora é conhecida. Quando esses pulsos encontram um obstáculo, eles são refletidos de volta à fonte. Medindo o tempo decorrido entre a emissão e a recepção do pulso, juntamente com a velocidade de propagação do som, é possível calcular com precisão a distância até o obstáculo.

Figura 4: Ultrassom no sensoriamento do leito oceânico



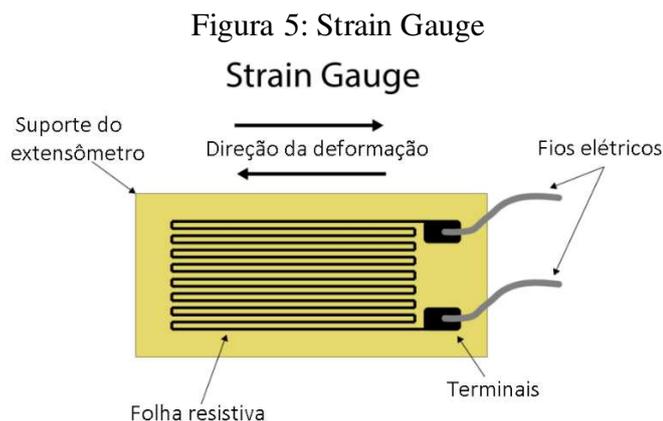
Fonte: LOBO, FRANCISCO S. N., 2020

A Equação (3.3) sintetiza o que foi descrito, em que  $\bar{V}$  é a velocidade média de propagação do som no meio em metros por segundo,  $\Delta t$  é a variação de tempo em segundos e  $\Delta X$  o deslocamento a ser calculado.

$$\Delta X = \frac{1}{2} \bar{V} \cdot \Delta t \quad (3.3)$$

### 3.4 STRAIN GAUGE

Um transdutor *Strain Gauge*, ou extensômetro de deformação é um dispositivo puramente resistivo, no qual a resistência varia em função da deflexão ou deformação (IQSDIRECTORY, 2020). O formato construtivo característico está ilustrado na Figura 5.

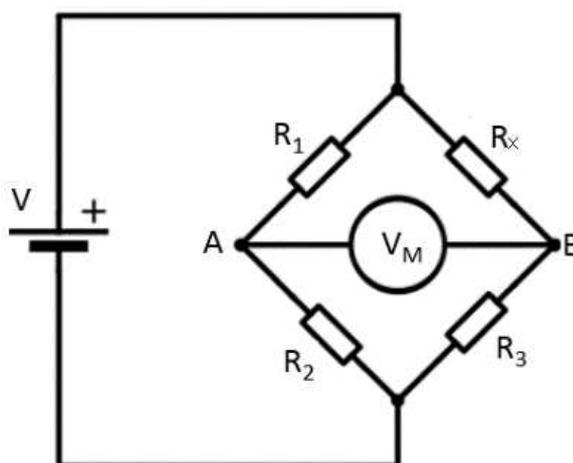


Fonte: Adaptado de IQSDIRECTORY, 2020

O Strain Gauge está sujeito à Segunda Lei de Ohm, na qual diz que a resistência  $R$  de um material com resistividade  $\rho$  é diretamente proporcional ao comprimento  $L$  entre os terminais, e inversamente proporcional à área  $A$  da secção transversal, como sintetizado na Equação 3.4.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (3.4)$$

Figura 6: Ponte de Wheatstone



Fonte: Autoria Própria

A depender de como a deflexão é realizada, o caminho resistivo poderá esticar ou diminuir, fazendo com que  $L$  varie, modificando então a resistência do componente. Para realizar a medição de sua resistência, o transdutor é inserido em uma ponte de Wheatstone (Figura 6), na qual será medida a tensão diferencial entre os terminais (A, B) de saída da ponte.

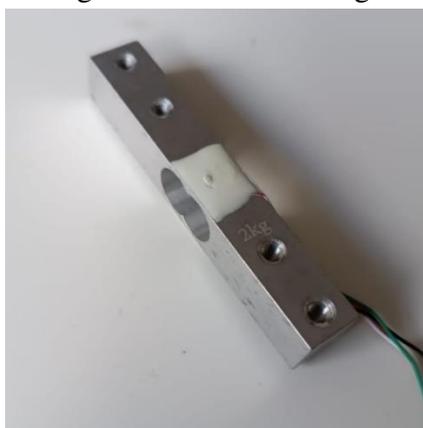
## 4 MATERIAL UTILIZADO

Nessa sessão, serão expostos e discutidos os principais materiais utilizados para a construção e implementação do sistema de balança proposto.

### 4.1 CÉLULA DE CARGA

Para o processo de pesagem, foi escolhida uma célula de carga em formato de barra retangular com capacidade de até 2 kg, conforme ilustrada na Figura 7. Esta célula é adequada para pesar animais de pequeno porte, como codornas e galinhas.

Figura 7: Célula de Carga



Fonte: Autoria Própria

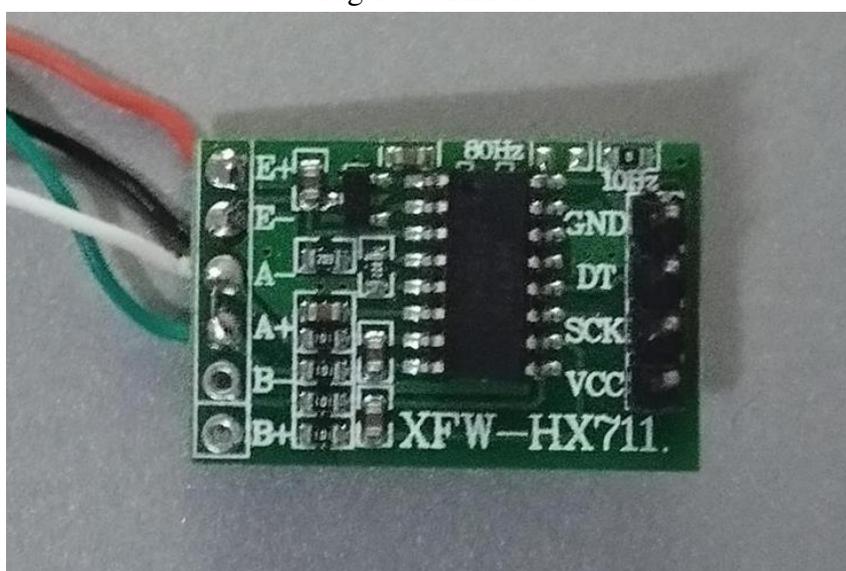
No caso de animais maiores, seria necessário substituir a célula por uma de maior capacidade, bem como aumentar o número de sensores para distribuir a carga de forma mais eficiente na plataforma de pesagem.

A célula de carga possui 4 terminais, possuindo uma ponte de Wheatstone integrada a ela. Os terminais vermelho e preto são respectivamente o Vcc e GND. Já os terminais branco e verde são os de saída da ponte de Wheatstone.

## 4.2 CONVERSOR AMPLIFICADOR HX711

Após uma revisão bibliográfica de sistemas de pesagem, foi escolhido o conversor e amplificador HX711 (Figura 8) para fazer o condicionamento do sinal obtido pela célula de carga.

Figura 8: HX711



Fonte: Autoria Própria

O HX711 possui as seguintes características:

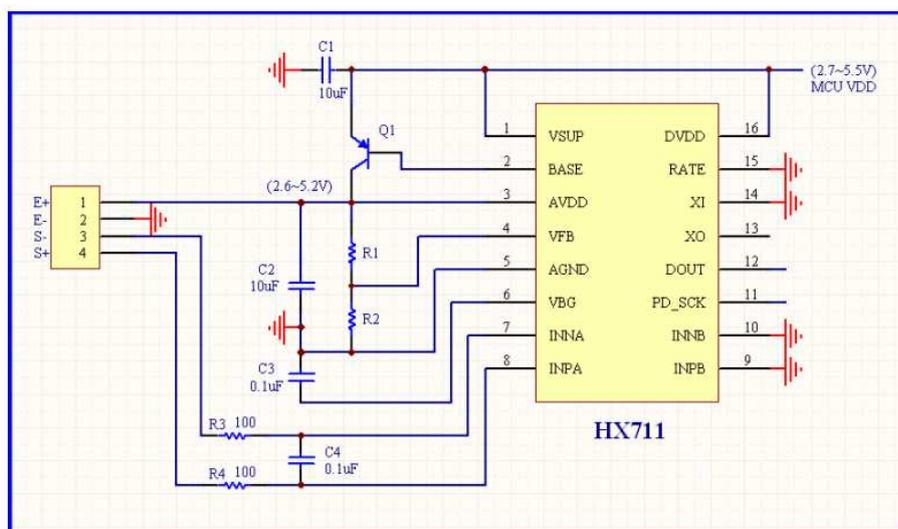
- tensão: 2,6V ~ 5,5V;
- corrente: 1,5mA;
- resolução: 24 Bits;
- frequência de amostragem: 10 ou 80 Hz (Programável);
- ganho de Baixo Ruído: 32, 64, 128 (Programável para o Canal A);
- filtragem de linha: 50 e 60Hz.

O dispositivo possui uma interface simples de utilização, sendo composta por 4 terminais. Sendo dois reservados para alimentação, enquanto os demais são para

comunicação serial (DT e Serial Clock). Na Figura 9, encontra-se o diagrama elétrico do HX711.

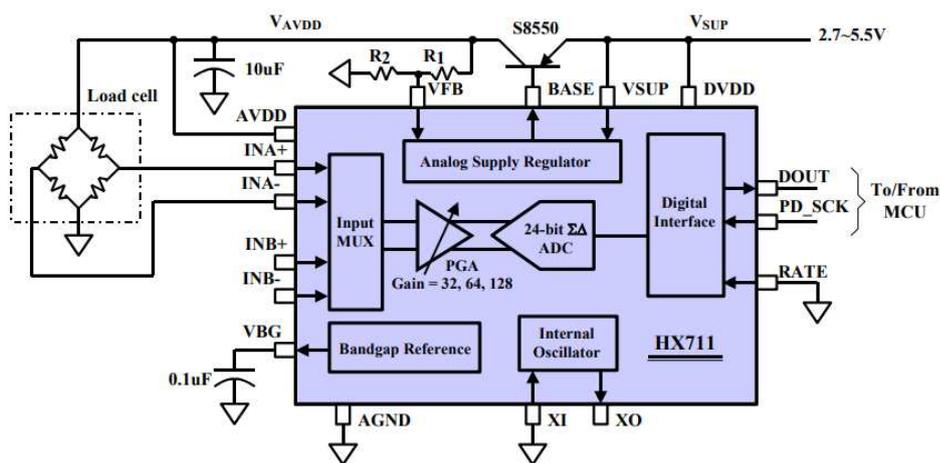
Na Figura 10, está ilustrado um diagrama de blocos com mais detalhes da parte interna do CI. É possível verificar que possui um amplificador interno, com ganhos pré-definidos. Os quais podem ser configurados por meio de comunicação serial na inicialização do dispositivo.

Figura 9: HX711 – Diagrama Elétrico



Fonte: *Datasheet* HX711

Figura 10: HX711 – Diagrama de Blocos



Fonte: *Datasheet* HX711

O *datasheet* é rico em informações extras que auxiliam na criação de uma biblioteca de controle específica para a aplicação desejada tendo, inclusive, códigos exemplos em Assembly e C bem como tabelas e gráficos com os pulsos de comunicação. Entretanto, é importante salientar que já existem várias bibliotecas de uso geral que

permitem total controle das funcionalidades do HX711, sendo desnecessária a reimplementação.

### 4.3 ULTRASSOM HC-SR04

Para realizar a medição de distância por ultrassom, foi escolhido o sensor HC-SR04 (Figura 11). Ao contrário da célula de carga, o HC-SR04 vem com seu próprio circuito condicionador, não necessitando quaisquer ajustes para o uso.

Figura 11: HC-SR04



Fonte: Autoria própria

Como exposto na Figura 11, existem quatro terminais para o uso, sendo VCC e GND pinos de alimentação. O *TRIGGER* é o pino de entrada, o qual recebe um pulso de  $10\mu\text{s}$  para realizar a emissão de ultrassons. Já o *ECHO* é responsável pela saída do circuito.

Ao atingir o alvo, a onda sonora é refletida e o receptor que está à direita na foto realiza a captação. Com isso, um sinal é enviado como saída pelo terminal *ECHO*. Por meio da Equação 3.3, aplicando a velocidade de propagação do som de  $340\text{ m/s}$  e um alvo

à 4m de distância, o tempo de esperado será de cerca de 24ms. Caso não seja detectado retorno de onda, ele irá emitir um pulso de 36ms pelo *ECHO*.

As principais características elétricas deste sensor ultrassônico são:

- tensão: 3,3V ~ 5V;
- corrente: 15mA;
- frequência sonora: 40 KHz;
- escala de precisão na detecção: 2cm a 400cm  $\pm 3mm$ ;
- sensibilidade do receptor: -65dB;
- ângulo efetivo: 15°.

## 4.4 MICROCONTROLADOR ESP32

O ESP32 da Espressif foi o microcontrolador escolhido para realizar a operação de coleta e tratamento dos dados. Ao todo foram utilizados 2 microcontroladores com características diferentes.

### 4.4.1 ESP WROOM 32

O ESP WROOM 32 ficou responsável pela coleta de dados de distância e massa. As características essenciais desse microcontrolador são:

- tensão: 2,7 a 3,6V;
- consumo: entre 80mA até 500mA;
- chip Base: ESP32-D0WDQ6;
- CPU: DualCore 32 bits;
- frequência: 80MHz a 240MHz;
- memória SRAM: 520Kb;
- EEPROM: 4Mb;
- interfaces: UART, SPI, SDIO, I2C, I2S, IR, PWM.

### 4.4.2 ESP AI THINKER CAM

O ESP AI THINKER foi utilizado para o registro das imagens, e o salvamento de todos dados em cartão de memória. As principais características que diferem esse microcontrolador do anterior são:

- chip Base: ESP32-S;
- consumo: entre de até 300mA;
- memória SRAM: 4Mb;
- EEPROM: 32Mb.

## 4.5 CÂMERA OV2640

O modelo de câmera utilizado foi o OV2640, no formato exposto na Figura 12. Ela conta com as seguintes características:

- resoluções suportadas: QVGA, CIF, VGA, SVGA, XGA, SXGA, UXGA;
- alimentação: 2,5 - 3V;
- relação sinal ruído: 40dB;
- Amplitude Dinâmica: 50dB.

Figura 12: Câmera OV2640



## 5 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Todas as atividades desenvolvidas foram direcionadas para conceber e desenvolver uma balança capaz de capturar imagens do objeto a ser pesado, juntamente com sua distância em relação à câmera. O principal propósito desse sistema era criar um banco de dados de imagens, visando alimentar uma rede neural convolucional (CNN) para correlacionar a área do objeto com sua distância à câmera.

### 5.1 DESENVOLVIMENTO E EXECUÇÃO DO PROJETO

Inicialmente, foram estabelecidas as especificações do sistema, incluindo a resolução da câmera, compatível com os padrões observados em conjuntos de dados utilizados por CNNs. Em seguida, foi escolhida a metodologia para a criação do banco de dados. Embora o ESP32 possua capacidades de conectividade sem fio, optou-se pelo uso de um cartão de memória SD devido à incerteza da disponibilidade de rede de internet nos potenciais locais de coleta. Na Figura 13, encontra-se um ESP32-S com câmera e SD integrados.

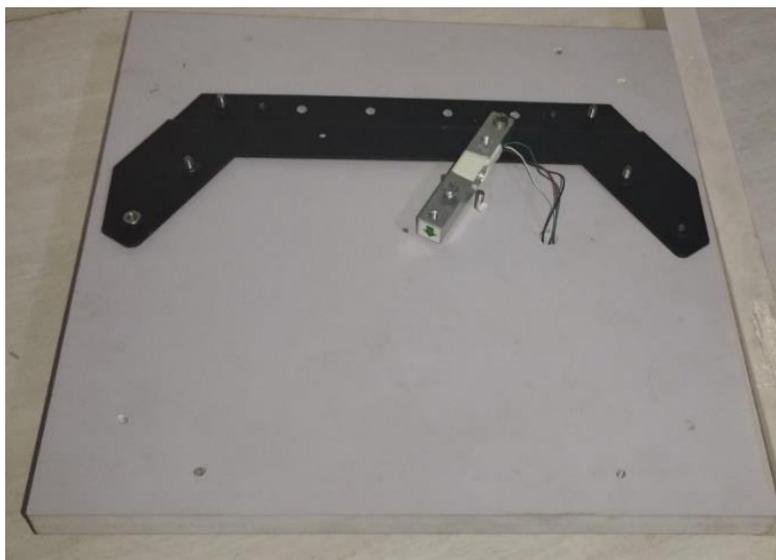
Figura 13: ESP32 AI THINKER CAM



Fonte: Autoria própria

Após definido o *hardware*, foi feita a escolha do material da estrutura da balança. Optou-se por uma estrutura em PVC expandido, por ser resistente à umidade, bem como à acidez das fezes das aves. Na Figura 14, está exposta a base estrutural de PVC expandido (em branco).

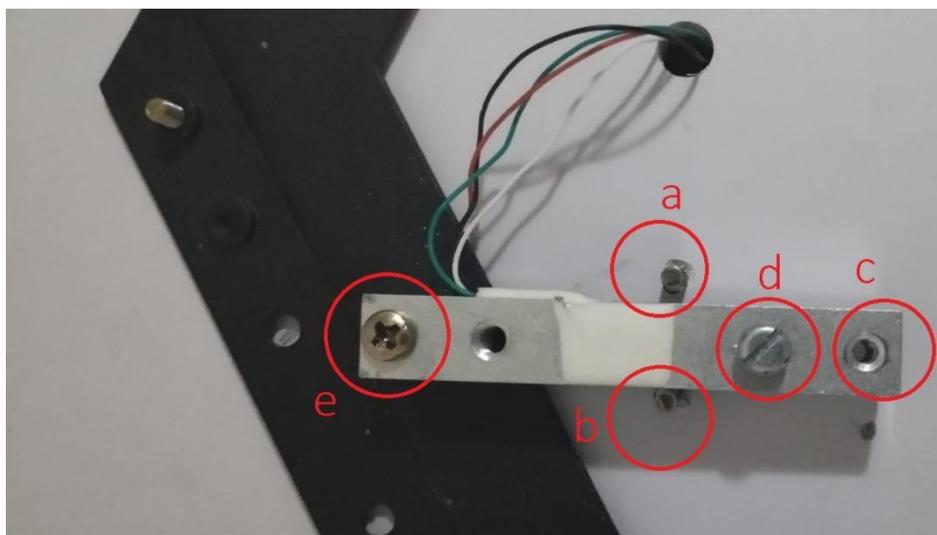
Figura 14: Estrutura da Base



Fonte: Autoria própria

Para fixar a célula de carga, utilizou-se uma base metálica normalmente utilizada em televisores LCD. Após posicionada no lugar desejado, a célula de carga ainda possuía um grau angular de liberdade. Então, para evitar danos ao transdutor Strain Gauge, foram fixados dois parafusos nos pontos (a, b) que estão circulos na Figura 15.

Figura 15: Célula de Carga Posicionada na plataforma



Fonte: Autoria própria

A bandeja da balança é então parafusada no ponto **c**. Entretanto, por conta do funcionamento do Strain Gauge, é necessário que a massa a ser pesada esteja apoiada apenas nos pontos (c, d). Sendo assim, para se fixar a bandeja sem que ela entrasse em contato com o parafuso de fixação **e** (Figura 15), utilizou-se um parafuso de apoio em d.

O parafuso de fixação da bandeja que será inserido em c (Figura 15) pode ser visualizado na Figura 16.

Figura 16: Parte inferior da bandeja de pesagem



Fonte: Autoria própria

A plataforma de pesagem montada está ilustrada na Figura 17.

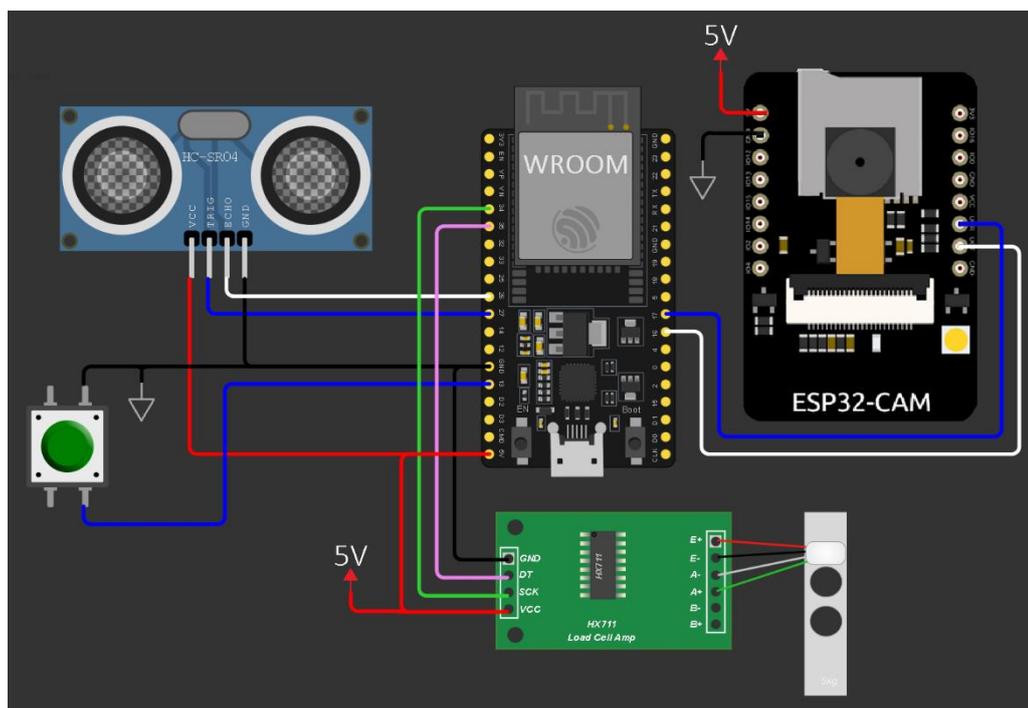
Figura 17: Plataforma de Pesagem



Fonte: Autoria própria

Com a estrutura básica pronta, foi possível iniciar a montagem elétrica para os testes com a célula de carga. Na Figura 18 está ilustrado o diagrama de montagem proposto. Na tabela 1 estão apresentados os pinos utilizados entre cada sensor externo e cada microcontrolador.

Figura 18: Diagrama Elétrico de Montagem



Fonte: Autoria própria

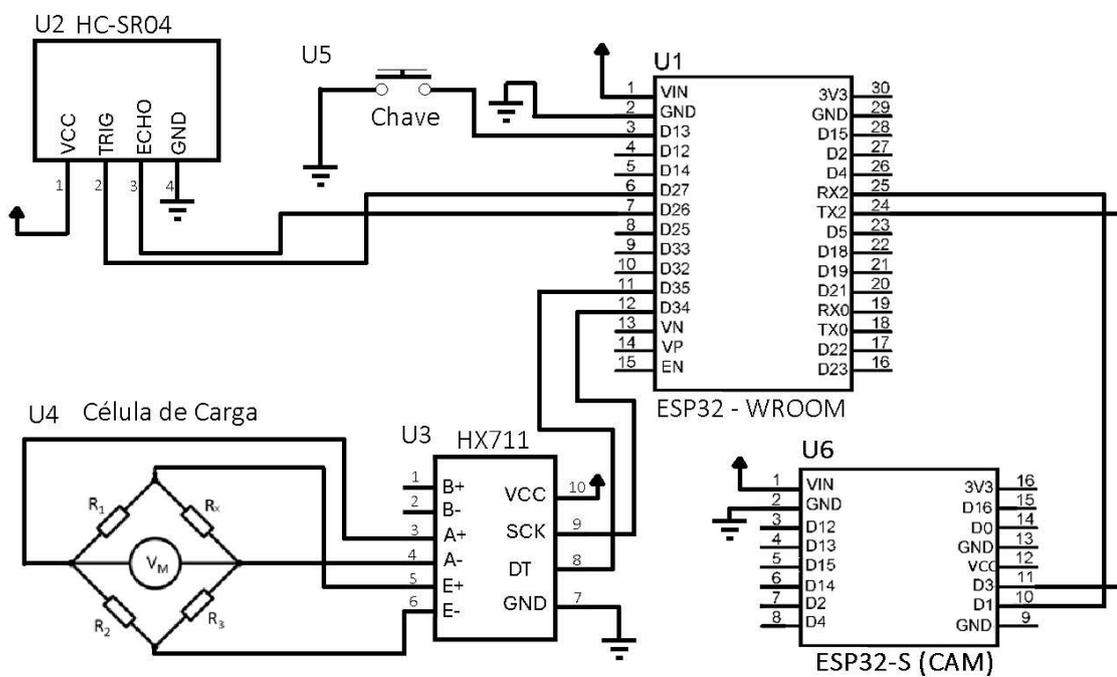
Tabela 1: Ligações Elétricas

	WROOM	ESP32 CAM
Ultrassom – <i>Trigger</i>	GPIO 27	Nenhuma Conexão
Ultrassom – <i>Echo</i>	GPIO 26	Nenhuma Conexão
HX711 – <i>Data</i>	GPIO 35	Nenhuma Conexão
HX711 – <i>Serial Clock</i>	GPIO 34	Nenhuma Conexão
Botão de Controle	GPIO 13	Nenhuma Conexão
WROOM	GPIO 16 (RX2)	GPIO 1 (TX0)
WROOM	GPIO 17 (TX2)	GPIO 3 (RX0)

Fonte: Autoria própria

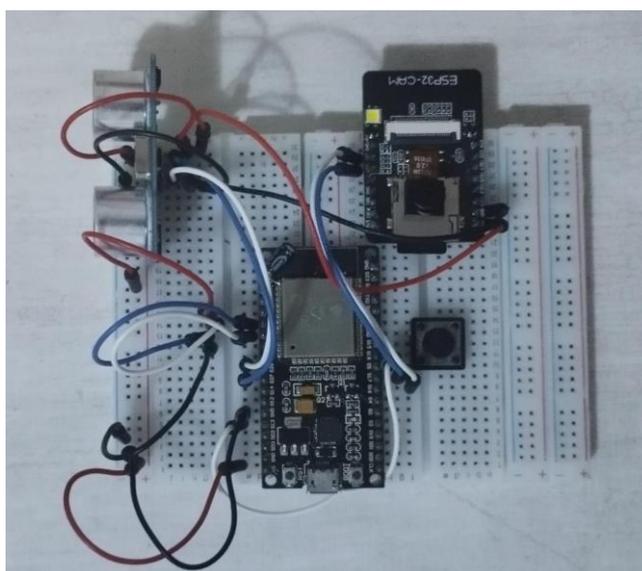
Na Figura 19 está ilustrado o diagrama elétrico tanto dos dois microcontroladores, quanto da célula de carga, botão de controle e sensor ultrassônico.

Figura 19: Diagrama Elétrico Essencial



Na Figura 19, está a montagem do protótipo seguindo as ligações já descritas na Tabela 1.

Figura 19: Montagem do Protótipo



Fonte: Autoria própria

Na Tabela 2 estão listados os pinos de configuração interna da câmera OV2640. Essas conexões já estão feitas na placa de desenvolvimento utilizada.

Tabela 2: Configuração Elétrica da Câmera

OV2640 (Câmera)	ESP32 CAM
XCLK	GPIO 0
PCLK	GPIO 22
VSYNC	GPIO 25
<i>HREF</i>	GPIO 23
SDA	GPIO 26
SLC	GPIO 27
POWER	GPIO 32
Data 0	GPIO 5
Data 1	GPIO 18
Data 2	GPIO 19
Data 3	GPIO 21
Data 5	GPIO 36
Data 5	GPIO 39
Data 6	GPIO 34
Data 7	GPIO 35

Fonte: Adaptado de Ai-thinker

De maneira semelhante, na Tabela 3 estão dispostos os pinos internos de configuração interna do módulo de cartão de memória.

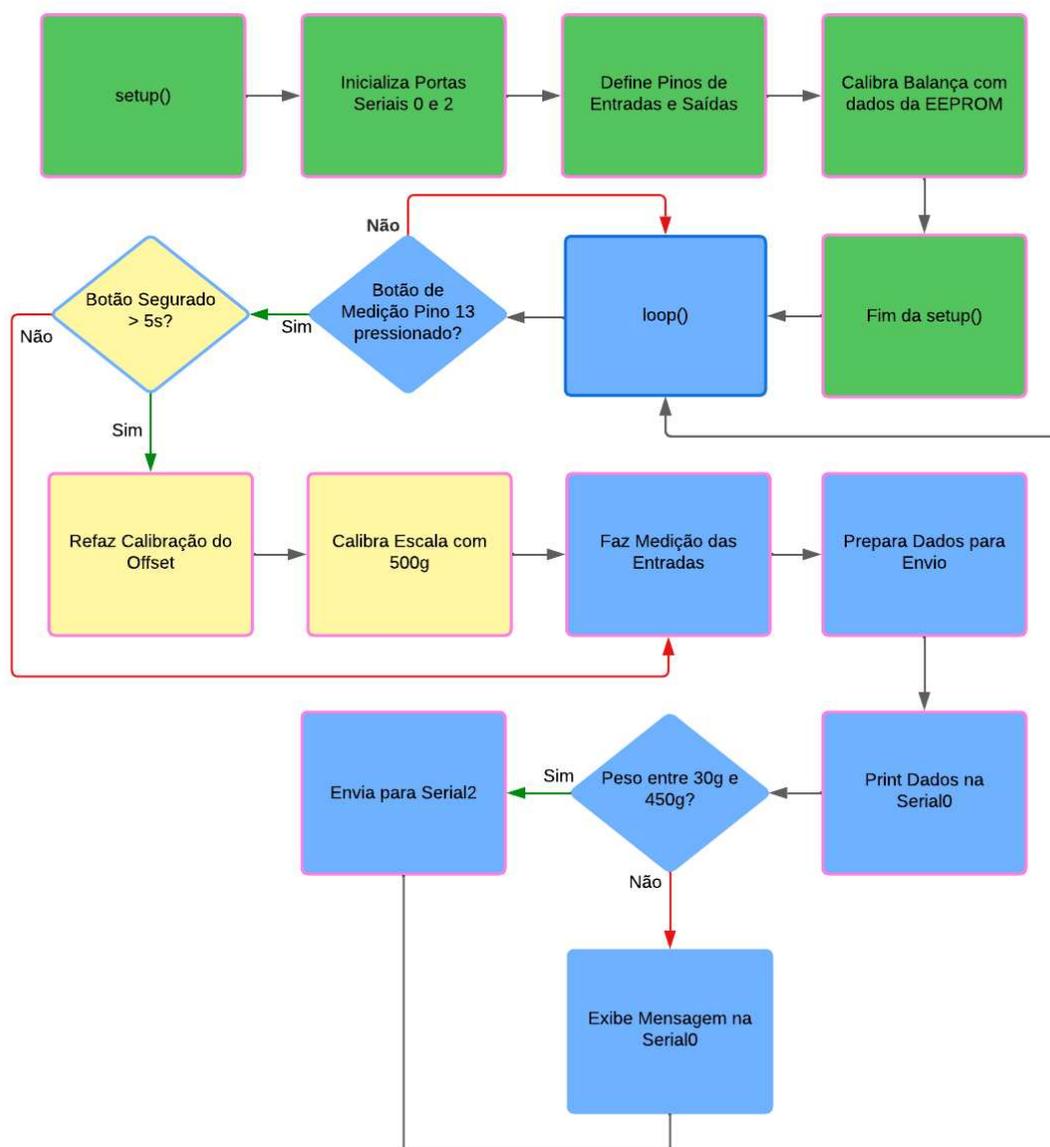
Tabela 3: Configuração Elétrica do Módulo de Cartão de Memória

OV2640 (Câmera)	ESP32 CAM
CLK	GPIO 14
CMD	GPIO 15
DATA0	GPIO 2
DATA1/FlashLight	GPIO 4
DATA2	GPIO 12
DATA3	GPIO 13

Fonte: Adaptado de Ai-thinker

O código fonte de cada microcontrolador é executado em vários blocos de operações simples. As cores dos blocos indicam em qual função aquela etapa está inserida no corpo do código. Por exemplo, na Figura 20, encontra-se o diagrama de blocos do código fonte do ESP WROOM 32, o qual realiza a coleta dos dados de massa e de distância. Na cor verde estão os blocos executados dentro da função **Setup()**. A cor azul foi definida para blocos executados na função **Loop()**.

Figura 20: Diagrama de Blocos - Código Fonte WROOM 32



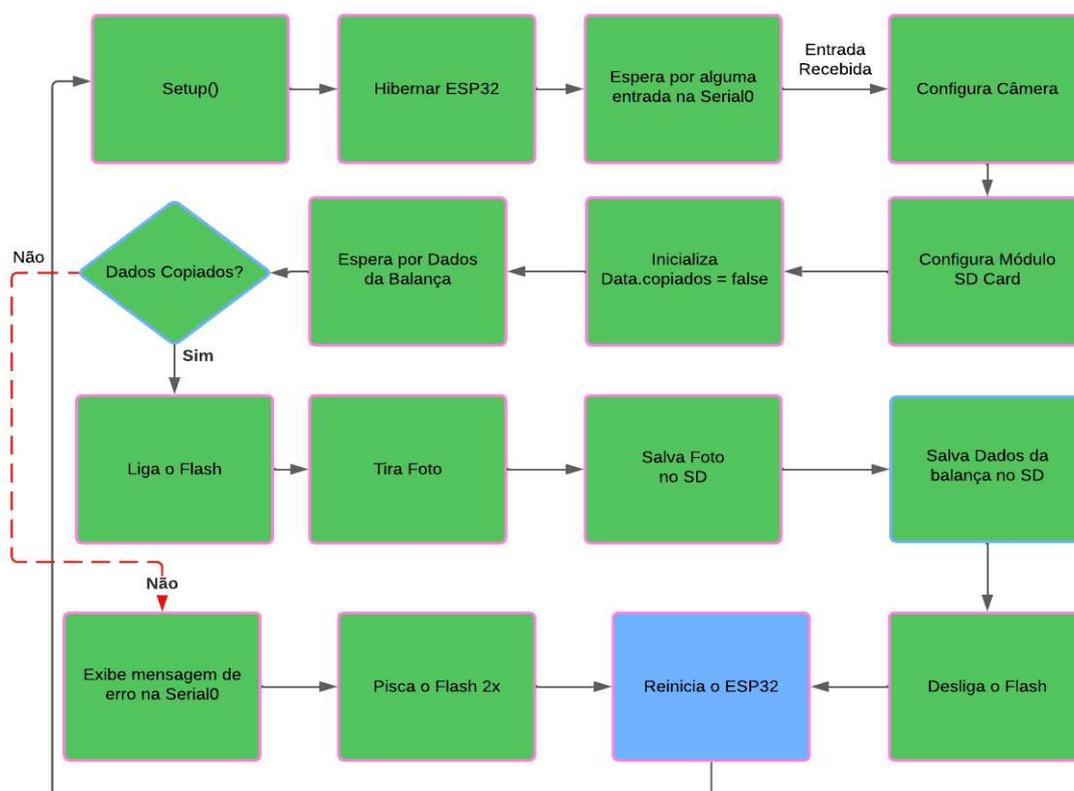
Fonte: Autoria própria

Em amarelo claro, são blocos internos a funções personalizadas. Dentro as várias etapas descritas, na Figura 20 é importante destacar que a calibração só é realizada mediante o pressionar do botão de operação por mais do que 5 segundos. Foi definida

uma massa de 500 gramas para ser utilizada como referência de escala. Além disso, foram delimitados critérios de pesagem, para garantir que só valores considerados válidos possam ser registrados no banco de dados. Apenas massas entre 30 gramas e 450 gramas podem ser registradas. Com isso, evita-se o problema de registrar imagens da balança sem animais, ou durante as etapas de calibração com a massa de calibração. Os dados transmitidos estão em números de ponto flutuante, sem conversões para *strings* ou quaisquer arredondamentos.

Para o diagrama de blocos da Figura 21, é importante destacar que a primeira ação de execução do circuito é iniciar a hibernação. A principal finalidade desta operação é manter a câmera OV2640 desligada. O custo de processamento e de consumo elétrico da câmera eleva a temperatura tanto do regulador de tensão quanto o microcontrolador, sendo necessário reduzir o tempo de funcionamento contínuo o quanto for possível.

Figura 21: Diagrama de Blocos - Código Fonte ESP32 CAM



Fonte: Autoria própria

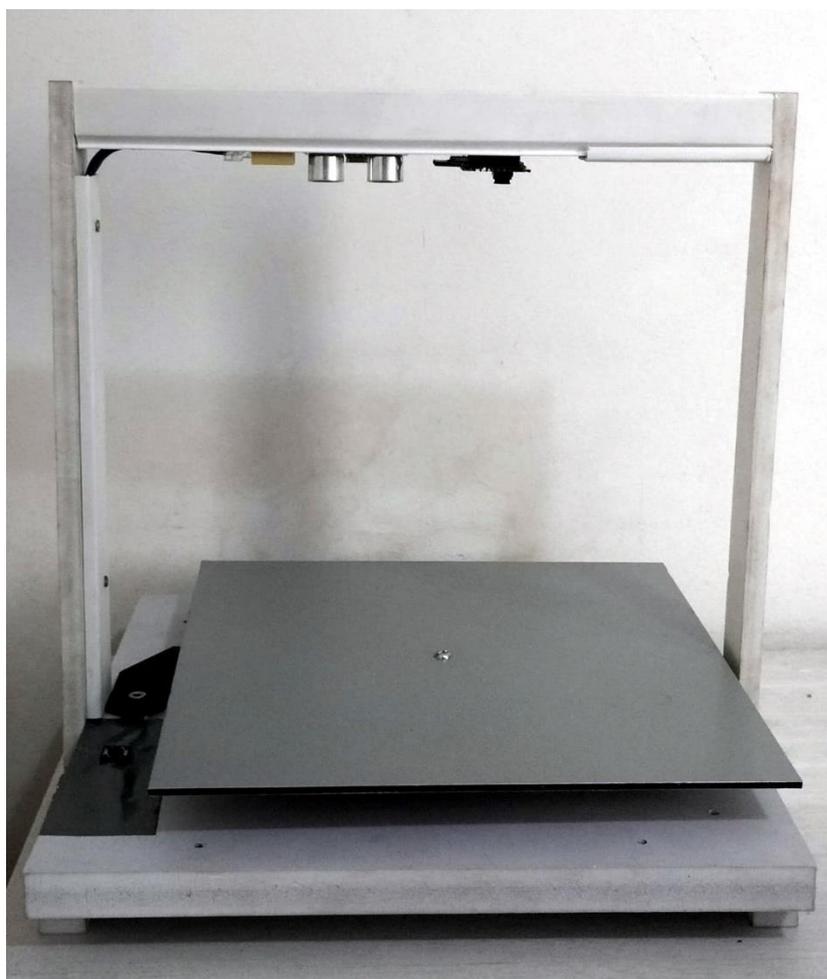
O despertar é realizado por uma mensagem recebida pela porta Serial0. Após a inicialização de todos os periféricos, como câmera, cartão de memória e porta serial o

circuito emite um *shake-hand* para informar que está pronto para receber os dados pela serial. Esse processo é feito no bloco “Espera por Dados da Balança”. Desta maneira, a sincronidade da comunicação pode ser garantida.

Após os dados serem recebidos, eles são verificados novamente para garantir que estão dentro do intervalo esperado. Nesse contexto, fica claro que a transmissão de dados numéricos é preferível, pois pequenas alterações nos bits que compõem um número float tendem a alterar significativamente a magnitude ou o sinal do número. Isso facilita o processo de verificação de erros nos dados.

Como o projeto não possui quaisquer telas, a depuração é feita pelo número de flashes executados ao final do processo. Caso a imagem seja registrada com sucesso, o flash será acionado uma vez, e em caso de falha serão emitidos dois flashes. Caso as medições estejam fora dos padrões estipulados, elas nem serão enviadas pela serial, e, portanto, o flash não será acionado.

Figura 22: Estrutura Vertical Para Câmera

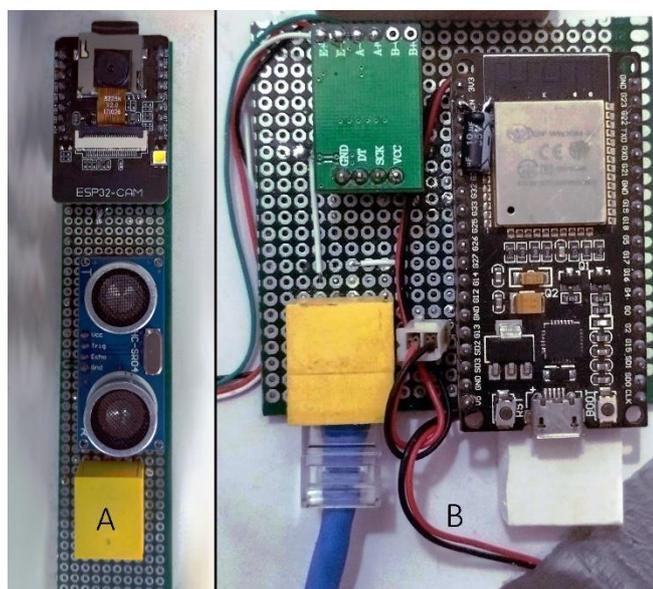


Fonte: Autoria própria

Para criar a estrutura vertical na qual ficaram a câmera e o ultrassom, foi utilizado PVC expandido e calhas de PVC normalmente utilizadas para passagem de cabos de rede. A altura da câmera com relação a plataforma de pesagem ficou de aproximadamente 30cm. Essa estrutura pode ser visualizada na Figura 22.

Por fim, na Figura 23 encontram-se os circuitos após ter sido transferido para placas de fibra de vidro perfurada. A placa perfurada **B**, fica localizada na parte inferior da balança, enquanto a placa perfurada **A** se localiza na estrutura suspensa da balança.

Figura 23: Circuito Montado em Placas Perfuradas



Fonte: Autoria própria

## 5.2 PROBLEMAS ENFRENTADOS NO DESENVOLVIMENTO

A implementação do código foi iniciada cerca de 15 dias antes da chegada do hardware. Dessa maneira, após o hardware chegar, foram constatadas limitações do ESP AI Thinker quanto ao número de GPIO's disponíveis para operar com os sensores ultrassônico e de carga. Por conta dessa limitação, foi necessária a adição de uma nova placa específica para a aquisição dos dados de massa e distância.

Inicialmente, o microcontrolador ESP 8266MOD, que está na Figura 24, foi selecionado para realizar a aquisição dos dados. Entretanto, nenhum código que exigisse quaisquer entradas ou saídas funcionava corretamente nessa placa por algum problema de hardware. Esse problema foi diagnosticado após aproximadamente 3 semanas de depuração de código, sem encontrar erros que justificassem o funcionamento observado.

Dessa forma, ao substituir o ESP 8266MOD pelo ESP WROOM 32, esperava-se que o código estivesse operando como desejado. Entretanto, outro problema foi detectado nesta nova placa. Ao executar o código, de maneira aleatória, ele poderia apresentar um destes quatro comportamentos:

- erro durante a gravação;
- gravação concluída, porém, a execução travaria o microcontrolador;
- gravação concluída, porém, dados de entrada variavam sem razão;
- gravação concluída, e dados coerentes com as entradas.

Figura 24: ESP 8266MOD



Fonte: Autoria Própria

Então, iniciou-se novamente um processo de depuração do código que durou cerca de quatro dias. Após nada ter sido encontrado, foi iniciada a depuração no hardware. Em uma das tentativas de execução, quando o microcontrolador estava executando sem travar, mas com erros de leitura, foram removidos os fios de dados no intuito de que as informações lidas pudessem ficar fixas, não surtindo efeito. Após isso, os pinos de dados foram recolocados no circuito, e foram removidos os pinos de alimentação, o que fazia os dados de entrada estabilizarem em nível de tensão 0V.

Figura 25: ESP WROOM32 - Erro de Impressão



Fonte: Autoria Própria

Com isso, concluiu-se que o problema estaria na alimentação. Utilizando um multímetro, constatou-se falta de continuidade elétrica entre o GND e os pontos de aterramento da placa. O erro identificado foi uma falha de impressão na PCB, na qual o terminal estava rotulado como sendo GND. Entretanto, em um dos manuais encontrados no site do fabricante, aquele terminal deveria estar rotulado como CMD. Por conta da flutuação deste terminal, os sensores estavam sem uma tensão referência estável, causando oscilações aleatórias a partir do ruído do ambiente. Tal erro está ilustrado na Figura 25.

### 5.3 RESULTADOS

Foram registradas imagens de objetos aleatórios que correspondessem aos parâmetros de massa para o devido registro das imagens. Na Figura 26 está os *prints* exibidos na porta serial durante a rodada de testes.

Figura 26: Porta Serial ESP32

```
Inicializando...
Balança inicializada...
Balança em operacao
Ultrassom: 20.79cm
Peso: 188.55g

Camera Inicializada...
Ultrassom: 20.25cm
Peso: 235.38g

Camera Inicializada...
Ultrassom: 20.15cm
Peso: 82.95g

Camera Inicializada...
```

Fonte: Autoria Própria

No arquivo dados.csv gerado dentro do cartão de memória, estão registrados os dados exibidos na porta serial. Esses dados podem ser visualizados na Figura 28.

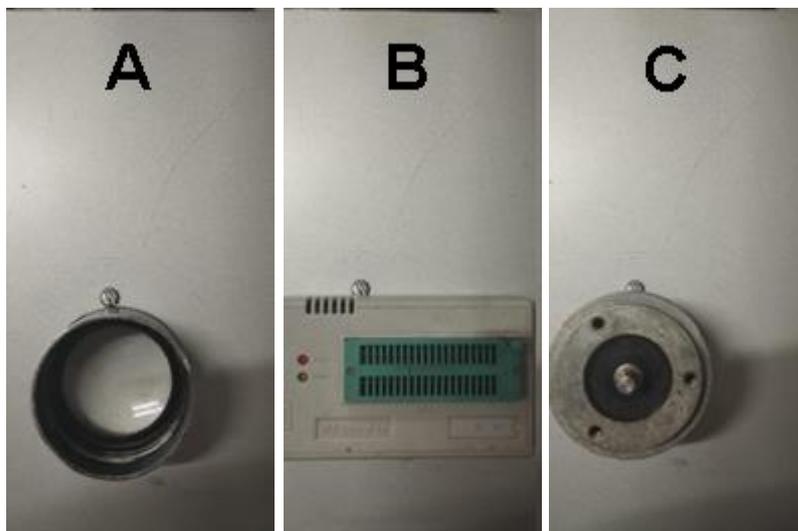
Figura 28: Dados gravados

	A	B	C	
1	Nome	Peso(g)	Distancia(cm)	
2	Imagem15	188.55	20.79	
3	Imagem16	235.38	20.25	
4	Imagem17	82.95	20.15	

Fonte: Autoria Própria

Na Figura 27, estão as imagens obtidas pelo sistema implementado dos objetos a serem pesados, que foram registradas na porta serial da figura anterior.

Figura 27: Imagens Registradas



Fonte: Autoria Própria

Na Figura 29 foram realizados testes com objetos estivessem fora do intervalo de peso estipulado entre 30g e 450g.

Figura 29: Porta Serial

```
Inicializando...
Balança inicializada...
Balança em operacao
Ultrassom: 21.42cm
Peso: -0.24g

Valores não registrados. Massa deveria estar entre 30 e 450g
Ultrassom: 20.48cm
Peso: 197.39g

Camera Inicializada...
Ultrassom: 16.94cm
Peso: 458.38g

Valores não registrados. Massa deveria estar entre 30 e 450g
Ultrassom: 17.58cm
Peso: 210.32g

Camera Inicializada...
```

Fonte: Autoria Própria

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disciplina de Estágio Obrigatório, integrada à grade curricular do curso de Engenharia Elétrica da UFCG, desempenha um papel fundamental ao possibilitar que os graduandos apliquem na prática os conhecimentos adquiridos ao longo do curso. Neste trabalho, foram abrangidos desde os fundamentos teóricos necessários para sua realização até os testes e os resultados obtidos com o sistema desenvolvido.

Durante as atividades realizadas, diversos desafios surgiram, como a sincronização da comunicação serial entre as duas placas e a transmissão de informações pela serial, além dos problemas discutidos nos capítulos anteriores. A experiência de projetar e executar um dispositivo que poderá ser utilizado como ferramenta em outras pesquisas destaca a importância de disciplinas como Instrumentação Eletrônica, Eletrônica Analógica, Arquitetura de Microprocessadores e Aquisição de Dados e Interface, as quais que fornecem aos engenheiros eletricitas uma boa base para a solução de problemas semelhantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SMITH, GRANTMALLOY. **O que é Aquisição de Dados - DAQ ou DAS?**. Disponível em: < <https://dewesoft.com/pt/blog/o-que-e-aquisicao-de-dados>>. Acesso em: 27 abril 2024.

LIMA, MANOEL E.. **Conversão Digital Analógico e Analógico Digital**. Disponível em: < [https://www.cin.ufpe.br/~es238/arquivos/aulas/aula17\\_conversores\\_adda.pdf](https://www.cin.ufpe.br/~es238/arquivos/aulas/aula17_conversores_adda.pdf)>. Acesso em: 27 de abril de 2024.

MICROCONTROLLER BOARD, **PIC Analog to Digital Converter tutorial**, 2008. Disponível em: < <https://www.microcontrollerboard.com/analog-to-digital-converter.html> >. Acesso em: 27 abril 2024.

LOBO, FRANCISCO S. N. – **COMO FUNCIONA O SONAR - MEDIÇÃO DA VELOCIDADE DO SOM NO AR**, 2020. Disponível em: <<https://rana.oal.ul.pt/~flobo/2%20-%20sonar.pdf>>. Acesso em: 27 de abril 2024.

IQSDIRECTORY, **Strain Gauge, 2020**. Disponível em: <<https://www.iqsdirectory.com/articles/load-cell/strain-gauge.html>>. Acesso em: 27 de abril 2024.

DATASHEET HX711, **24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales**. Disponível em: <[https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711\\_english.pdf](https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf)>. Acesso em: 2 de março de 2024.

ARDUCAM. **OV2640 – Specs, Datasheets, Cameras, Features, Alternatives, 2021..** Disponível em: < <https://www.arducam.com/ov2640/>>. Acesso em 2 março de 2024.

AI-THINKER. **ESP32 CAM, 2022..** Disponível em: < <https://docs.ai-thinker.com/en/esp32-cam/>>. Acesso em 10 maio de 2024.