

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

JUDITE BEZERRA AREQUE CHAVES

SISTEMA ANTIFURTO PARA MOTOCICLETAS DE BAIXA CILINDRADA

MANAUS – AM

2023

JUDITE BEZERRA AREQUE CHAVES

SISTEMA ANTIFURTO PARA MOTOCICLETAS DE BAIXA CILINDRADA

Projeto de Pesquisa desenvolvido durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Jozias Parente de Oliveira

MANAUS – AM

2023

Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Escola Superior de Tecnologia – EST

Reitor:

André Luiz Nunes Zogahib

Vice-Reitor:

Kátia do Nascimento Couceiro

Diretor da Escola Superior de Tecnologia:

Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

Israel Gondres Torné

Banca Avaliadora:

Data da defesa: 28/03/2023.

Prof. Jozias Parente de Oliveira, Dr. (Orientador)

Prof. Antonio Luiz Alencar Pantoja, Dr.

Prof. Fábio de Sousa Cardoso, Dr.

CIP – Catalogação na Publicação

Chaves, Judite Bezerra Areque Chaves

Sistema antifurto para motocicletas de baixa cilindrada /
Judite Bezerra Areque Chaves/; [orientado por] Jozias Parente de
Oliveira. – Manaus, 2023.

p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em
Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2023

1.Motocicleta. 2.Sistema Antifurto 3.Leitura Biométrica.
De Oliveira, Jozias Parente.

JUDITE BEZERRA AREQUE CHAVES

SISTEMA ANTIFURTO PARA MOTOCICLETAS DE BAIXA CILINDRADA

Projeto de Pesquisa desenvolvido durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

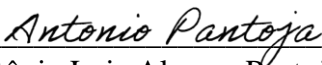
Nota obtida: 10,0 (Dez vírgula zero)

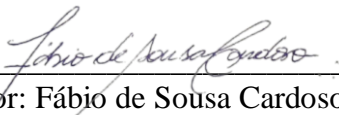
Aprovada em: 28 / 03 / 2023

Área de Concentração: Processamento de Sinais

BANCA EXAMINADORA


Orientador: Jozi's Parente de Oliveira, Dr.


Avaliador: Antônio Luiz Alencar Pantoja, Dr.


Avaliador: Fábio de Sousa Cardoso, Dr.

Manaus 2023

Dedicatória

Primeiramente a Deus, que me deu capacidade e forças para iniciar e finalizar o curso, a minha família, por terem dedicado suas vidas para me dar todo apoio do qual precisei, e ao meu esposo, por ter me dado suporte nos momentos mais difíceis. Agradeço a todos por todo amor recebido e dedico-lhes essa conquista como forma de gratidão.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, por ter me ajudado a realizar este projeto com empenho.

Agradeço a minha mãe e irmão, por todo apoio e incentivo.

Agradeço ao Prof. Jozias, por ter aceitado me orientar no desenvolvimento do meu trabalho.

RESUMO

Desde o ano de 2019 a população brasileira vem passando por uma série de mudanças: a pandemia causada pela Covid – 19, desemprego, falta de insumos nas fábricas e empresas, atrasos logísticos internacionais, e mais recentemente o aumento do preço da gasolina. No Amazonas, os impactos dessa nova realidade não foram diferentes das outras regiões, e muitas pessoas tiveram que se adaptar a essas novas mudanças. Devido ao aumento do desemprego, muitas pessoas passaram a depender de aplicativos de restaurantes para terem uma fonte de renda, o chamado “delivery”. Este trabalho consiste na entrega de pedidos de comida feitos por aplicativo aos restaurantes da cidade e o principal meio de transporte utilizado pelos trabalhadores para a entrega é a motocicleta. Por ser um veículo mais rápido, com menor custo de manutenção e com menor consumo de gasolina se comparado aos automóveis, a motocicleta se mostra um veículo de grande importância para a população amazonense. Desde o ano de 2021 houve um aumento de mais de 45 mil motocicletas na frota amazonense, de acordo com os dados do Ministério de Infraestrutura, representando assim 31,42% de toda a frota do estado, perdendo apenas para os automóveis com 42,01% de participação. Tendo em vista essa nova realidade pela qual a população passa e o aumento crescente de pessoas aderindo à motocicletas, o objetivo do projeto foi desenvolver um sistema antifurto para motos, aproveitando o próprio sistema eletrônico do veículo, baseado na autenticação biométrica, para inibir ladrões e proteger o proprietário de possíveis prejuízos do seu veículo. Para isso foram feitos estudos nos sistemas já existente de uma moto da marca Honda NXR Bros 160 cc, onde foram aplicados testes com os componentes necessários para a construção do sistema antifurto e instalação, análise de custos em relação a outros dispositivos antifurtos e pesquisa de mercado. Na análise de custo o projeto ficou como o segundo sistema antifurto de maior custo em relação aos já existentes no mercado e na pesquisa, entre as 31 pessoas que responderam o questionário, houve uma aceitação de 87% do projeto, onde também 90% dessas pessoas afirmam que o projeto traz uma maior segurança ao veículo.

Palavras-chave: Motocicleta, Sistema Antifurto, Leitura Biométrica.

ABSTRACT

Since 2019, the Brazilian population has been going through a series of changes: the pandemic caused by Covid-19, unemployment, lack of inputs in factories and companies, international logistical delays, and more recently the increase in the price of gasoline. In Amazonas, the impacts of this new reality were not different from other regions, and many people had to adapt to these new changes. Due to the increase in unemployment, many people have come to depend on restaurant apps to have a source of income, the so-called "delivery". This work consists of delivering food orders made by apps to restaurants in the city and the main transport used by workers for delivery is the motorcycle. Because it is a faster vehicle, with lower maintenance costs and with less gasoline consumption compared to cars, the motorcycle is a vehicle of great importance for the Amazonian population. Since 2021, there has been an increase of more than 45.000 motorcycles in the Amazon fleet, according to data from the Ministry of Infrastructure, thus representing 31,42% of the entire state fleet, second only to cars with a 42,01% share. Because of this new reality that the population goes through and the increasing number of people adhering to motorcycles, the idea of the project is to develop an anti-theft system for motorcycles, taking advantage of the vehicle's own electronic system, based on biometric authentication, to keep away thieves and protect the owner of possible damage to your vehicle. For this, studies were made on the existing systems of a Honda NXR Bros 160 cc motorcycle, where test were made with the necessary components for the construction of the anti-theft system and installation, cost analysis in relation to other anti-theft devices and market research. In the cost analysis, the project ranked as the second highest cost anti-theft system in relation to those already existing on the market and in the survey, among the 31 people who answered the questionnaire, there was an acceptance of 87% of the project, where also 90% of these people claim that project brings greater safety to the vehicle.

Keywords: Motorcycle, Anti-Theft System, Biometric Reading.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema interno de um motor a combustão.....	20
Figura 2 - Quatro tempos motor à combustão	21
Figura 3 – Diagrama de blocos sistema elétrico de uma motocicleta.....	23
Figura 4 - Ilustração da localização dos sensores na moto	25
Figura 5 - Exemplo de alarme de motocicleta.....	29
Figura 6 - Exemplo de aparelho rastreador	30
Figura 7 - Trava Guidão	31
Figura 8 - Trava de disco de freio.....	32
Figura 9 - Trava de manete.....	32
Figura 10 - Diagrama de blocos de uma CPU	34
Figura 11 - Arduino Atmega 2560.....	37
Figura 12 - IDE Arduino	38
Figura 13 - Funcionamento do sensor biométrico óptico.....	40
Figura 14 - Leitura do sensor biométrico óptico	41
Figura 15 - Funcionamento do sensor biométrico capacitivo	41
Figura 16 - Funcionamento do sensor biométrico ultrassônico.....	42
Figura 17 - Sensor biométrico R307	44
Figura 18 - Diagrama de blocos da metodologia de desenvolvimento	46
Figura 19 - Esquema de partida elétrica básico de uma motocicleta.....	47
Figura 20 - Diagrama elétrico de alimentação Arduino.....	48
Figura 21 - Sistema de ignição da motocicleta.....	49
Figura 22 - Diagrama elétrico da condicional de segurança	50
Figura 23 - Diagrama de blocos sistema antifurto.....	52
Figura 24 – Esquema do circuito teste Arduino	53
Figura 25 - Código teste Arduino	54
Figura 26 - Circuito teste Arduino	55
Figura 27 - Esquema do circuito teste módulo relé	56
Figura 28 - Código teste módulo relé	57
Figura 29 - Circuito teste módulo relé	58
Figura 30 - Esquema circuito teste sensor biométrico	59
Figura 31 - Cadastramento de digital no Monitor Serial	60

Figura 32 - Parte lógica teste sensor biométrico.....	61
Figura 33 - Circuito teste sensor.....	62
Figura 34 - Esquema do circuito teste do sistema antifurto completo.....	63
Figura 35 - Teste circuito completo.....	63
Figura 36 - Medição saída do regulador de tensão.....	64
Figura 37 - Conexão do relé ao sistema de ignição.....	65
Figura 38 - Local de instalação dos componentes.....	66
Figura 39 - Fios de alimentação do sistema relé.....	67
Figura 40 - Disposição dos fios do sistema na motocicleta.....	67
Figura 41 - Sensor biométrico fixo no guidão.....	68
Figura 42 - Sistema antifurto instalado.....	68
Figura 43 - Motocicleta ligada após reconhecimento biométrico.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do Arduino Atmega 2560.....	37
Tabela 2 - Características do sensor de impressão digital R307	43
Tabela 3 - Características dos pinos do sensor biométrico	44
Tabela 4 - Custos do Projeto	70
Tabela 5 - Sistemas Antifurtos mais utilizados em motocicletas	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Você possui habilitação para dirigir uma motocicleta?.....	71
Gráfico 2 - Você possui uma motocicleta?	72
Gráfico 3 - Quais antifurtos você utiliza em sua motocicleta?.....	72
Gráfico 4 - Se a sua moto só pudesse ser ligada com a sua biometria, você instalaria esse novo sistema?	73
Gráfico 5 - Você acha que o reconhecimento biométrico proporciona mais segurança ao seu veículo contra furtos?.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ECU – *Engine Control Unit*

EOT – *Engine Oil Temperature*

CKP – *CrankShaft Position Sensor*

TPS – *Throttle Position Sensor*

MAP – *Manifold Absolute Pressure Sensor*

IAT – *Intake-Air Temperature Sensor*

IACV – *Intake Air Control Valve*

IDE – *Integrated Development Environment*

NO – *Normaly Open*

NC – *Normaly Close*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1 REFERENCIAL TEÓRICO	19
1.1 FUNCIONAMENTO BÁSICO DE UMA MOTOCICLETA	19
1.1.1 Sistema mecânico	19
1.1.2 Sistema elétrico	22
1.2 SISTEMAS ANTIFURTOS PARA MOTOCICLETAS EXISTENTES	27
1.2.1 Alarmes	28
1.2.2 Rastreadores	29
1.2.3 Travas.....	30
1.3 MICROCONTROLADORES	33
1.3.1 Partes principais de um microcontrolador	33
1.3.2 Microcontrolador Arduino Atmega	36
1.4 SENSOR BIOMÉTRICO.....	39
1.4.1 Tipos de sensores biométricos	40
2.1.1 Módulo Sensor de Impressão Digital R307	42
3 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO	45
3.1 MATERIAIS.....	45
3.1.1 Ambiente de desenvolvimento	45
3.1.2 Lista de Componentes.....	45
3.2 MÉTODOS.....	46
3.2.1 Análise dos diagramas elétricos da Motocicleta	46
3.2.2 Elaboração do diagrama em blocos do sistema antifurto.....	51
4 IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	53
4.1 ETAPA DE TESTES DE COMPONENTES	53
4.1.1 Teste e Validação do Microcontrolador	53
4.1.2 Teste Módulo relé.....	55
4.1.3 Teste e validação do sensor biométrico	58
4.2 INSTALAÇÃO DO CIRCUITO ANTIFURTO NA MOTOCICLETA	62
4.2.1 Construção da parte lógica do sistema.....	62
4.2.2 Instalação na motocicleta.....	64

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	69
5.1 SISTEMA INTEGRADO A MOTOCICLETA	69
5.2 ANÁLISE DE CUSTOS	70
5.3 PESQUISA DE MERCADO.....	71
CONCLUSÃO.....	75
REFERÊNCIAS.....	77
ANEXO A – CÓDIGO DE CADASTRAMENTO DE DIGITAIS.....	81
ANEXO B – CÓDIGO SISTEMA ANTIFURTO.....	85

INTRODUÇÃO

A população brasileira tem passado por uma série de mudanças que afetaram de forma significativa o cotidiano de muitas famílias. A pandemia causada pela COVID-19 pode ser considerada o principal motivo dessas grandes mudanças: isolamento social, quarentena, mortes de entes queridos, paralização de fábricas e empresas, e principalmente o crescimento do desemprego. Segundo dados da PNAD Contínua, no site do IBGE, desde o último trimestre do ano de 2019 até o primeiro trimestre de 2021 a taxa média anual de desemprego subiu de 11,1% para 14,9%, o que significa um acréscimo de aproximadamente 3,5 milhões de pessoas desempregadas. No entanto, no último trimestre de 2021 houve uma queda na taxa de desemprego, indicando uma tendência a recuperação frente ao ano de 2020, o ano em que o mercado de trabalho sentiu os maiores impactos do coronavírus. Um dos trabalhos que contribuíram para que muitos brasileiros pudessem superar essa crise econômica foi o de entregador por aplicativo, ou “*delivery*”.

Muitos aplicativos de entrega como Uber Eats, iFood, Loggi e entre outros vem crescendo no mundo todo. Não só esses aplicativos, mas muitos restaurantes e lanchonetes, bem como o comércio em geral vem adotando este tipo de serviço: o de entrega da mercadoria ao cliente aonde ele estiver. Do ponto de vista de quem compra há muitas vantagens: não a necessidade de se deslocar, a mercadoria é entregue no lugar que quiser e o tempo que se gastaria esperando pela mercadoria pode ser muito bem aproveitado da maneira que desejar. Já do ponto de vista de quem vende, há o ganho do seu comércio em si, e o mais importante: a geração de emprego. Muitas pessoas, para adquirirem uma forma de sustento aderiram ao *delivery* e cresceu entre os desempregados o número de entregadores de mercadorias. Todo este cenário gerou um efeito em cascata fazendo aumentar o número de motocicletas no país, que é o objeto de estudo para o desenvolvimento deste trabalho. De acordo com os dados do Ministério de Infraestrutura, houve um aumento de quase 1 milhão de motocicletas na frota brasileira, sendo o segundo veículo mais utilizado pela população. Além disso, com o aumento do preço da gasolina, pessoas estão aderindo mais e mais a motocicletas como meio de transporte. Por ser um veículo prático, baixo custo de manutenção e também baixo consumo de combustível, a motocicleta comprovou ao longo dos últimos 2 anos ser um meio de transporte de grande importância para a população brasileira.

Diante deste cenário, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema antifurto alternativo aproveitando o próprio sistema da motocicleta, baseado na autenticação biométrica, visando proteger o proprietário de possíveis prejuízos do seu veículo. De acordo com a pesquisa realizada com 31 pessoas que dirigem motocicletas, 90% delas acreditam que o leitor biométrico instalado em sua motocicleta poderia proporcionar mais segurança quando comparado a outros sistemas antifurtos já utilizados por eles em seus veículos.

Do ponto de vista social, este trabalho apresenta mais uma alternativa de preservação de um bem do proprietário, a motocicleta. Este veículo possui vantagens como maior mobilidade, menor custo com relação ao consumo de gasolina, custos de manutenção mais baixos quando comparados aos automóveis, entre outros, o que explica os dados do Ministério da Infraestrutura que mostram a motocicleta como o segundo veículo mais utilizado pela população brasileira. Além disso, devido a alta incidência de furto e roubos de motocicletas no Brasil, muitos proprietários de motocicletas investem em sistemas para tentar impedir os mais variados métodos de furtos que podem vir a acontecer. Assim, partindo desta ideia foi criado e desenvolvido o projeto de desenvolvimento de um sistema antifurto para motocicletas.

Do ponto de vista acadêmico este trabalho apresenta como principal contribuição o funcionamento detalhado do sistema eletrônico de uma motocicleta, onde é apresentado como a parte elétrica é essencial para o desempenho eficiente do motor, os principais sensores e atuadores utilizados no veículo e também quais os sistemas eletrônicos principais existentes e suas funcionalidades.

Buscando uma apresentação de forma clara e objetiva o trabalho está organizado em 4 capítulos, além da conclusão e referências.

No Capítulo 1 – Referencial Teórico: será exposto os principais sistemas da motocicleta, como atuam entre si para o seu funcionamento e será explicado com mais detalhes os principais sistemas onde será atrelado o sistema antifurto. Será exposto também conceitos sobre microcontroladores, seus componentes principais e funcionamento, bem como sensores biométricos, tipos de sensores e suas aplicabilidades, onde serão utilizados para aplicação do desenvolvimento deste trabalho.

No Capítulo 2 – Metodologia: será apresentado todos os procedimentos e estudos realizados para a construção do sistema antifurto.

No Capítulo 3 – Implementação: será apresentado como os procedimentos expostos na metodologia foram aplicados, bem como os testes realizados e a descrição da construção do projeto.

No Capítulo 4 – Resultados: será apresentado os resultados obtidos provenientes da aplicação do projeto, que mostrarão a eficiência do trabalho e a relevância do trabalho para a sociedade.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Tendo sido apresentados o problema e a solução proposta faz-se necessário explicar sobre o funcionamento das motocicletas em geral e as ferramentas e métodos que serão utilizados para o desenvolvimento deste trabalho. Deve-se entender primeiro o equipamento base onde será aplicado um novo sistema, já que constitui de um conjunto de sistemas fechado, já projetados e montados para um fim: o transporte. Em seguida, serão apresentados os principais sistemas antifurtos já utilizados, suas vantagens e desvantagens, e qual será a relevância e importância do projeto em comparação a eles. Logo após, serão abordados os principais dispositivos que serão usados na construção do sistema antifurto, sendo eles: sensor biométrico, microcontrolador Arduino e o dispositivo de comunicação chamado módulo GSM SIM800l. Serão feitas abordagens teóricas, principais características e funcionamento de cada dispositivo para entendimento. E por fim será apresentado o planejamento de como será feita a montagem do sistema antifurto em um único sistema, atrelado aos outros sistemas já existentes da motocicleta.

1.1 FUNCIONAMENTO BÁSICO DE UMA MOTOCICLETA

Toda motocicleta funciona como um equipamento de circuito fechado, cujo principal objetivo é transformar calor (combustão interna) em trabalho (movimento nas rodas). Como todo equipamento, a motocicleta é dividida em duas partes: o sistema mecânico e o sistema elétrico. Para entender e compreender o funcionamento básico do veículo será feita uma breve explicação sobre os sistemas respectivamente, discorrendo sobre suas principais parte e funcionalidades.

1.1.1 Sistema mecânico

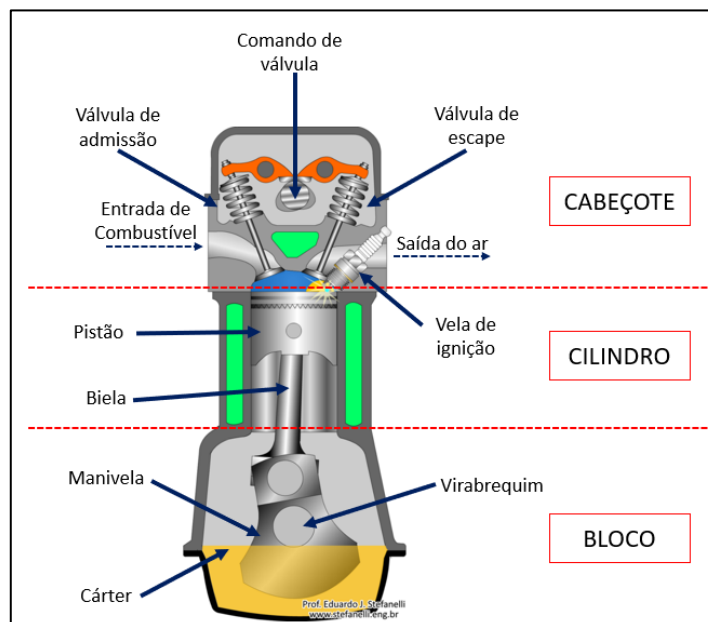
O sistema mecânico está relacionado a todo o conjunto de peças que funcionam em harmonia e garantem o desempenho adequado do veículo. Alguns dos principais sistemas mecânicos da moto:

- a) Chassi: parte da motocicleta que dá toda a estrutura da moto e garante a sustentação e união de todas as outras partes do veículo. O chassi pode ser constituído de uma estrutura tubular ou aço estampado ou prensado.

- b) Sistema de Transmissão: sistema responsável por levar a potência do motor a roda traseira da maneira mais eficiente possível.
- c) Sistema de Frenagem: sistema responsável em impor uma força que tende a imobilizar as rodas. Assim, pelo atrito que as rodas têm com o solo, o veículo diminui sua velocidade ou então para por completo.
- d) Sistema de Amortecimento: tem como finalidade garantir a estabilidade do veículo, diminuindo os impactos causados pelas irregularidades do solo.
- e) Sistema Direcional: constituído principalmente pela caixa de direção e o guidão, que serve de guia à motocicleta para a direção desejada do condutor.

O motor a combustão interna, como parte integrante de destaque do sistema mecânico, é o principal componente da motocicleta, pois é ele que gera o movimento e é em função dele que todos os outros sistemas operam, para que o veículo tenha um bom desempenho. Baseado nas leis da Termodinâmica, o motor a combustão de toda motocicleta é um motor de quatro tempos e funciona como um sistema aberto. A Figura 1 apresenta o esquema interno de um motor a combustão e seus principais componentes:

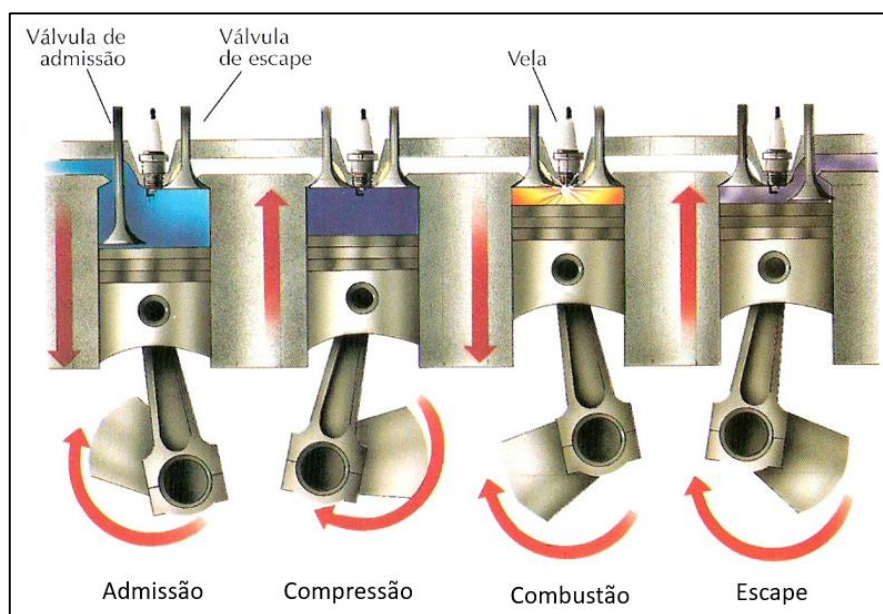
Figura 1 – Esquema interno de um motor a combustão



Fonte: Adaptado de Eduardo J. Stefanelli, 2022.

O motor a combustão também é conhecido como motor de quatro tempos e funciona como um sistema aberto, pois ao longo das etapas existe troca de massa com o meio externo. Tendo como base as leis da Termodinâmica, os quatro tempos são divididos em Admissão, Compressão, Combustão e Escape, como mostra a Figura 2 a seguir:

Figura 2 - Quatro tempos motor à combustão



Fonte: Info Enem, 2019.

As etapas de funcionamento do motor à combustão acontecem sempre na ordem que são mostradas na Figura 2 e nesse sistema que a energia é fornecida em forma de calor, pela queima do combustível. Em cada uma dessas fases todos os componentes do motor precisam funcionar em sincronia, para garantir o bom desempenho final do processo. Assim, é necessário entender o que ocorre em cada uma das etapas:

- a) Admissão: nesta etapa a válvula de escape é fechada enquanto que a válvula de admissão é aberta, permitindo a entrada de ar e combustível. Neste momento, o pistão está descendo pelo cilindro.
- b) Compressão: a mistura ar e combustível é então comprimida pelo pistão, que sobe no interior do cilindro. Este movimento é obtido através da energia cinética fornecida pelo motor já em movimento. Essa energia é então convertida em trabalho realizado pelo pistão, que diminui o volume do interior do cilindro para comprimir a mistura de gases.

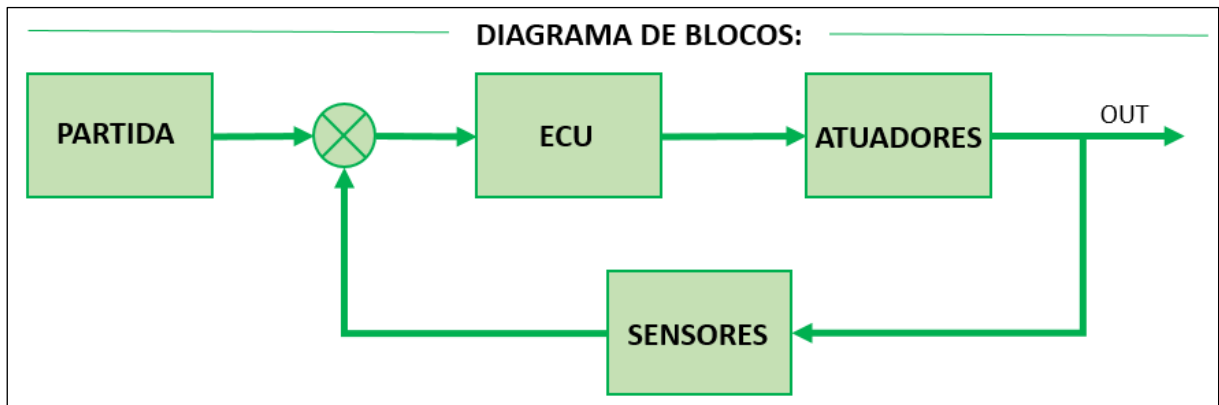
- c) Combustão: nesta fase ocorre a queima da mistura ar e combustível, que é iniciada através de uma faísca proveniente a vela de ignição. Estas velas são acionadas no momento certo através dos comandos recebidos da ECU que, pelas informações recebidas dos sensores que monitora as condições do motor, calcula o momento certo para o acionamento da vela. Com a força da explosão, o pistão é então empurrado para baixo.
- d) Exaustão: novamente, aproveitando a energia cinética proveniente da explosão, o pistão sobe e expulsa todos os gases resultantes da explosão, que saem através da válvula de escape. Neste momento, a válvula de admissão permanece fechada, até que se inicie o novo ciclo de combustão.

Todas essas etapas se repetem em ciclos muito rápidos e é através deste processo que o motor cria a potência necessária para gerar movimento no veículo. Em cada uma das etapas, é muito importante que todos os sensores e atuadores da motocicleta estejam cumprindo a sua devida função, para garantir que todas as etapas sejam realizadas sem falhas.

1.1.2 Sistema elétrico

Já o sistema elétrico da motocicleta é um circuito fechado: ela é constituída de uma série de sensores, que fazem a leitura das condições de todos os sistemas apresentados anteriormente e levam essas informações para o cérebro da moto: a ECU (Unidade de Controle do Motor). A ECU recebe essas informações, processa essas variáveis e então manda sinais a todos os atuadores do veículo, que por fim executam os comandos recebidos. O sistema elétrico da moto pode ser resumido em um diagrama de blocos simples, como ilustrado na Figura 3:

Figura 3 – Diagrama de blocos sistema elétrico de uma motocicleta



Fonte: Autoria própria.

Todos os sensores e atuadores atuam em vários sistemas na motocicleta para garantir o bom desempenho do veículo. A seguir serão abordados os principais sensores e atuadores da motocicleta e quais os principais sistemas dos quais eles fazem parte.

1.1.2.1 Sensores da motocicleta

Os sensores são dispositivos que possuem a tarefa de transformar estímulos físicos ou químicos em sinais elétricos. Na motocicleta existem variáveis importantes que precisam ser monitoradas e controladas para manter o bom desempenho da moto, como por exemplo: quantidade de oxigênio na saída do escapamento, nível de gasolina, velocidade do veículo, temperatura do motor, e entre outros. Os principais sensores utilizados em uma motocicleta são:

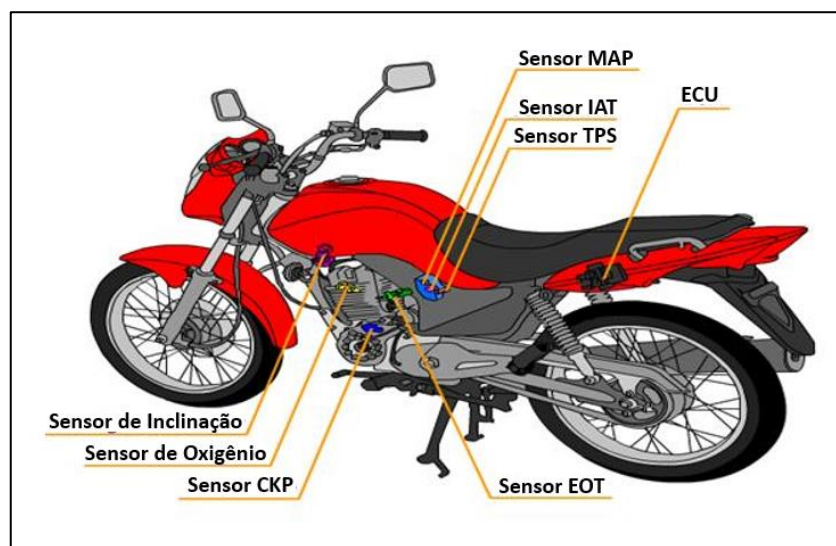
- a) Sensor EOT ou sensor de temperatura do motor: monitora constantemente as condições do motor da motocicleta e exibe a informação no painel de instrumentos. É a partir desse monitoramento que, caso ocorra um superaquecimento, geralmente causado pelo vazamento de óleo, as advertências no painel são imediatamente acionadas. Isso ajuda a evitar potenciais danos ao motor como avarias ou até mesmo se fundir internamente, o que exigiria uma retífica para recuperação, serviço de alto custo.

- b) Sensor de oxigênio ou sensor lambda: analisa a quantidade de oxigênio existente no gás de escape após a combustão, o que influencia diretamente na performance da injeção eletrônica.
- c) Sensor de Combustível: é responsável por monitorar o nível de gasolina no taque e exibe seu nível no painel de instrumentos.
- d) Sensor de Inclinação: seu principal objetivo é proteger o motociclista e seu veículo, evitando até mesmo um possível incêndio. Este sensor mede o ângulo de inclinação do chassi da moto, média 60 a 65 graus. Se esta inclinação for superior ao limite de segurança, um sinal é enviado a ECU, que efetua o corte no funcionamento do motor. No entanto, esta ação só ocorre em caso de queda.
- e) Sensor CKP ou sensor de rotação indutivo: sensor responsável em informar a ECU a rotação e posição do virabrequim, ou árvore de manivelas. Estas informações são de extrema importância e influenciam diretamente no desempenho do motor, pois através delas a ECU calcula o momento exato e o tempo necessário de injeção de combustível para queima.
- f) Sensor de velocidade: sensor responsável em enviar a informação de velocidade em forma de frequência para a ECU. Esta por sua vez envia a informação ao painel de instrumentos, onde o condutor pode visualizar a velocidade em que se encontra. Essa informação de velocidade também influencia diretamente no controle de injeção de combustível, nos casos de desaceleração ou declives, ajudando na economia de combustível e diminuição de poluentes ao meio ambiente.
- g) Sensor TPS ou sensor de posição da válvula de aceleração: mede o ângulo de abertura da borboleta aceleradora, fazendo com que a ECU interprete o quanto a manopla aceleradora foi rotacionada. Isso faz com que a ECU mande um comando para o eletro injetor para que este possa permanecer aberto ou não, de acordo com a quantidade de combustível necessária a ser enviada.
- h) Sensor MAP ou sensor de pressão absoluta do coletor de admissão: funciona como um manômetro, onde mede a pressão do ar no coletor de admissão e envia a informação para a ECU em forma de sinais elétricos. Esta informação ajuda no cálculo exato da quantidade de oxigênio que entra nos cilindros e, conseqüentemente, ajuda no cálculo da quantidade ideal de combustível a ser injetada.

- i) Sensor IAT ou sensor de temperatura do ar de admissão: transforma a temperatura do ar de admissão em sinais elétricos e os envia a ECU. Este sinal também é usado para o cálculo da quantidade ideal de combustível para injeção.

Na Figura 4 é ilustrado a localização de cada um dos sensores supracitados na motocicleta.

Figura 4 - Ilustração da localização dos sensores na moto



Fonte: Adaptado de ArirogerFM, 2012.

1.1.2.2 Atuadores da Motocicleta

Os atuadores são dispositivos responsáveis em transformar energia elétrica, mecânica ou hidráulica em energia mecânica, ou seja, são dispositivos que produzem movimento. Na motocicleta, esses atuadores executam os comandos enviados pela ECU e são eles responsáveis em executar ações importantes como: levar o combustível até os bicos injetores, injeção de combustível para queima no cilindro no momento certo, gerenciar e controlar a entrada de oxigênio no sistema, entre outras atividades. Os principais atuadores da motocicleta são:

- a) Bicos Injetores: válvula eletromagnética responsável por fazer a dosagem de combustível de acordo com a necessidade do motor;
- b) Bomba de combustível: desloca combustível do tanque para os bicos injetores de acordo com as informações da ECU.

- c) IACV ou válvula de controle de marcha lenta: é responsável em controlar a entrada de oxigênio no sistema da motocicleta, permitindo que o motor se estabilize e permaneça em funcionamento quando não está sendo acelerado.
- d) Bobina de Ignição: componente responsável em gerar a faísca para a combustão interna do motor, combustível mais oxigênio.
- e) Lâmpadas direcionais: responsáveis por sinalizar aos outros condutores a direção que o motorista da moto irá tomar, são conhecidos como “piscas”. Pelo Contran (Conselho Nacional de Trânsito) são componentes de segurança obrigatórios para todas as motocicletas.

1.1.2.3 Sistemas Elétricos da Motocicleta

Todo o sistema elétrico da motocicleta está concentrado em toda uma fiação conhecida popularmente como “chicote”, um conjunto de condutores e conectores, que interliga sensores e atuados a ECU. Nesse conjunto de fios estão agrupados os sete principais sistemas da moto, onde as informações importantes do motor e da motocicleta são obtidas dos sensores, enviadas e processadas pela central, e onde são enviados os comandos para todos os atuadores. Quando todos os componentes estão em bom estado de funcionamento, a harmonia das informações recebidas e enviadas permite o bom desempenho do veículo para o condutor. Assim, é importante saber quais são os sistemas existentes e qual a função de cada um deles no veículo. Os principais sistemas da motocicleta são:

- a) Sistema direcional: sistema responsável pelo funcionamento das luzes indicadoras de direção, mais conhecidas como “piscas”. Essas luzes direcionais indicam ao restante dos usuários da via as intenções do condutor de realizar um movimento para esquerda ou para direita. A comunicação na via é basicamente feita por essas lâmpadas no veículo e é de extrema importância, pois auxilia na segurança tanto do próprio condutor quanto dos outros condutores ao redor, ajudando até mesmo a evitar possíveis acidentes.
- b) Sistema de Partida: sistema responsável pelo acionamento do motor de partida. O motor de partida, também conhecido como motor de arranque, transforma a energia elétrica que recebe da bateria em energia mecânica, para proporcionar os primeiros giros do motor a combustão até que seja vencido a resistência de movimento, e então o motor do veículo funcione normalmente sozinho.

- c) Sistema de Ignição: sistema responsável por acionar a faísca na câmara de combustão no momento certo, fazendo o motor girar. Os principais componentes que envolvem esse sistema são a bateria, bobina de ignição, cabos e velas de ignição. É no final do segundo tempo do motor (fase da compressão), em que o pistão se encontra em PMS, que a faísca é gerada, fazendo com que a mistura ar e combustível inflame, levando o motor a combustão. É nesse momento que o mesmo gera a força necessária para girar.
- d) Sistema de Carga: Consiste de três componentes principais: a bateria, rotor gerador e o retificador. O principal objetivo deste sistema é manter a bateria carregada, que funciona como um “*buffer*” de energia para a moto. Ela é responsável por alimentar todo o sistema de elétrico e armazenar energia. O rotor gerador, através da força gerada da manivela quando atua nos ciclos de combustão, gera correntes alternadas, que são convertidas em corrente contínua pelo retificador e então armazenada na bateria.
- e) Sistema de Força: sistema responsável em realizar o gerenciamento da centelha nas etapas de combustão. Seu principal componente é o CDI, alimentado pela bobina de força, que gerencia as faíscas geradas pela vela para que haja a queima ideal.
- f) Sistema de Injeção Eletrônica: sistema responsável em garantir o envio controlado de combustível para o motor. Os sensores, localizados em pontos estratégicos do motor, enviam as informações necessárias para a ECU e esta calcula o tempo e a quantidade necessária de combustível que deve ser fornecida durante os ciclos de combustão.
- g) Sistema de Iluminação: é composto pelas lanternas traseiras e dianteiras, farol e também o painel de instrumentos, sendo todos alimentados pela energia fornecida pela bateria e controlados pelo condutor do veículo.

Para todos os sistemas citados, apenas dois deles serão utilizados para integrar o sistema antifurto desenvolvido neste trabalho: sistema de partida e sistema de ignição.

1.2 SISTEMAS ANTIFURTOS PARA MOTOCICLETAS EXISTENTES

Com o crescente aumento de motocicletas na frota de veículos no país, há também um aumento no índice de furtos e roubos desses veículos. Por ser prático e de simples manipulação, as motos tornam-se alvos fáceis para furtadores. Assim, foram desenvolvidos vários tipos de sistemas de antifurto para motos, dentre os quais serão citados os principais e mais utilizados pela população.

1.2.1 Alarmes

Os alarmes são um dos sistemas antifurto mais utilizados entre os condutores de motocicleta e os mais comuns. Sua função é basicamente o que seu nome dá a entender: trata-se de um dispositivo sonoro que dispara quando a motocicleta sai de sua posição inicial. Sua principal vantagem é atrair a atenção de quem está por perto e inibir a ação de malfeitores. Esses dispositivos são geralmente instalados embaixo dos assentos, onde se encontra o chicote. Levando em consideração os altos custos cobrados pelos seguros, os alarmes apresentam um melhor custo benefício, no entanto eles não garantem que a moto não seja furtada. Os alarmes só possuem ação eficiente em lugares onde há uma considerável circulação de pessoas, em lugares isolados o sistema se mostra inútil, já que ninguém será capaz de ouvir o sinalizador e impedir algum furto (PANTANEIRO, 2021). A Figura 5 apresenta um exemplo de aparelho utilizado como alarme que é instalado em motocicletas:

Figura 5 - Exemplo de alarme de motocicleta



Fonte: Mercado Livre, 2023.

1.2.2 Rastreadores

Os rastreadores, apesar de terem um custo mais elevado que os alarmes, oferecem uma segurança a mais para o condutor. Os rastreadores possuem a função de acompanhar a localização do veículo em tempo real, utilizando as mesmas funcionalidades do GPS. A principal vantagem desse sistema é justamente a de fornecer ao proprietário a localização exata do veículo em tempo real e de auxiliar com informações precisas em momentos de roubos e furtos. No entanto, sua principal desvantagem, como já foi mencionado, é o seu alto custo: muitos condutores procuram este antifurtos em empresas que prestam serviços de segurança veicular e precisam arcar com custos de instalações e pagamentos mensais pelos serviços de localização, ou seja, o condutor precisará pagar todos os meses enquanto necessitar do serviço. Ainda assim, este sistema não deixa de ser um dos mais procurados pelos proprietários de motocicletas (DECLA, 2020). A Figura 6 apresenta um exemplo de rastreador que é instalado em motocicletas no mercado:

Figura 6 - Exemplo de aparelho rastreador



Fonte: AliExpress, 2023.

1.2.3 Travas

Diferente dos sistemas antifurtos já mencionados, que precisam ser integrados ao sistema elétrico das motos, as travas funcionam como dispositivos que impedem ou dificultam a movimentação da motocicleta. As principais travas utilizadas pelos condutores são:

- a) Trava do guidão: esta trava já vem de fábrica nas motocicletas, onde o motorista, ao estacionar seu veículo, pressiona a ignição com a chave e a gira no sentido anti-horário até seu fim, e então retira chave. Esta trava funciona da mesma maneira que as fechaduras das portas das casas: após inserir a chave correta na fechadura e girá-la, mecanismos fazem deslizar uma alavanca da porta que entra em uma abertura feita na parede e impede dessa maneira que a porta seja aberta. Da mesma maneira funciona o travamento do guidão, onde o mesmo permanece preso, o que impossibilita ou dificulta qualquer pessoa de movimentar o veículo em qualquer direção. A Figura 7 apresenta uma trava de guidão:

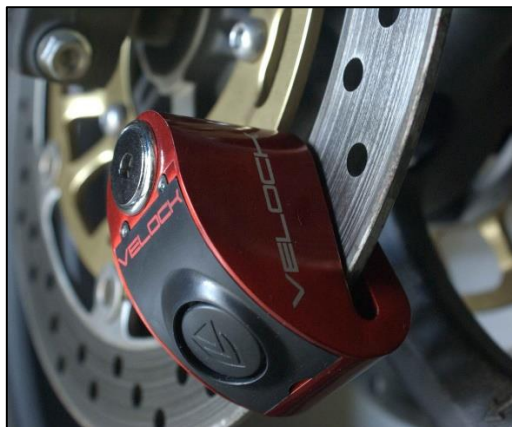
Figura 7 - Trava Guidão



Fonte: Mercado Livre, 2023.

- b) Trava disco: estas travas funcionam apenas para motos que possuem freio de disco na roda dianteira. A maior parte dos discos de freios que vem nas motos produzidas atualmente, são perfurados ou estriados. Essa característica da peça ajuda na dissipação de calor e no descarte de partículas gerados no processo de frenagem, dando assim uma maior eficiência do que os discos de freio sólido, que é apenas formado por uma peça de aço maciça. São nessas perfurações ou estrias do disco de freio que são usadas as travas de disco que, ao serem colocadas, impedem a movimentação da moto para qualquer lugar. Ao movimentar o veículo, a trava impede que a roda dianteira faça uma volta por completo, pois esta impede que o disco passe livremente pelas pastilhas de freio, o que impossibilita ou dificulta que a moto seja deslocada para lugares distantes. A Figura 8 apresenta como são usadas as travas de disco:

Figura 8 - Trava de disco de freio



Fonte: Mercado Livre, 2023.

- c) Trava de Manete: estas travas permitem o bloqueio dos principais recursos de movimentação da motocicleta: o freio e o acelerador. Esta trava possui a vantagem de ser facilmente notada, inibindo intenções de furtos e evitando esquecimento por parte do proprietário retornar a manusear seu veículo, diferentemente da trava de disco mencionado anteriormente. A Figura 9 apresenta como são usadas as travas de manete:

Figura 9 - Trava de manete



Fonte: Christian Castanho, 2016.

Na sua totalidade, as travas aumentam a segurança do veículo por dificultar sua movimentação e por serem difíceis de se romper caso haja uma tentativa. Por serem de baixo

custo e de simples manuseio, possuem uma grande preferência entre os condutores de motocicletas.

1.3 MICROCONTROLADORES

Para o desenvolvimento deste projeto será necessário o uso de um microcontrolador, que são dispositivos capazes de unificar a parte de *software* com a parte de *hardware* de um projeto. O microcontrolador é definido basicamente como um computador completo construído em um único circuito integrado. Ele é constituído basicamente de quatro partes principais: CPU, memória, periféricos de entrada e saída e dispositivos auxiliares.

1.3.1 Partes principais de um microcontrolador

A seguir serão descritas com mais detalhes as principais partes de um microcontrolador que será usado na construção deste projeto.

1.3.1.1 CPU

A CPU é a parte do microcontrolador responsável por interpretar as instruções do programa, ou seja, responsável por todo o processamento de dados que são recebidos. Este é constituído de três partes principais: Unidade Lógica e Aritmética (ULA), Unidade de Controle (UC) e Registradores.

A ULA é responsável pelas operações aritméticas lógicas como adição, subtração e todos os cálculos que envolvem registros e cálculos para a tomada de decisões. Todas as informações em um microcontrolador são armazenadas e manipuladas na forma de números binários, ou seja, 0 ou 1. Através de portas lógicas, construídas em sua totalidade a partir de transistores e outros componentes, esses números binários são utilizados para realizar os cálculos aritméticos necessários de um programa. Dessa forma, a ULA é basicamente o bloco dentro da CPU que processa as informações recebidas e envia novas informações como resultado de seus cálculos realizados. Uma CPU pode trabalhar com uma ou mais ALU's, podendo assim realizar operações mais complexas e manipular uma maior quantidade de dados.

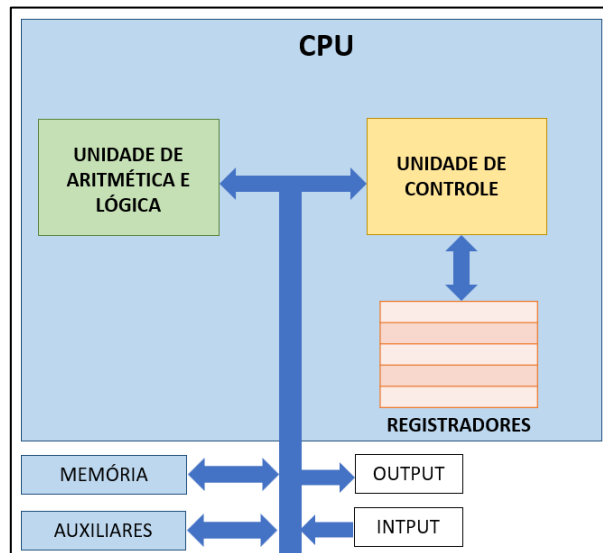
A UC é basicamente o bloco coordenador de informações dentro da CPU, onde controla o fluxo de dados que entram e saem do processador e garante a correta execução dos dados manipulados. Dentre suas funções estão a de interpretar e decodificar instruções, coordenar a

ordem do fluxo de dados dentro da CPU, escrever os resultados de processamento nos registradores, controlar as diferentes ALU's dentro do sistema, e entre outras funções.

Os registradores são circuitos lógicos que possuem a finalidade de reter a curto prazo um conjunto de bits. Esses dispositivos são utilizados como um armazenamento temporário de dados na execução de programas, onde os dados que foram buscados na memória são armazenados, sendo assim chamados de acumuladores.

A Figura 10 apresenta um diagrama de blocos de uma CPU e como cada uma de suas partes está integrada.

Figura 10 - Diagrama de blocos de uma CPU



Fonte: Autoria própria.

1.3.1.2 Memória

A memória, como o próprio nome diz, é a parte do microcontrolador responsável por armazenar os dados que o processador recebe e usa para responder às instruções com o qual foi programado para executar, tudo na forma binária. Sem a memória não seria possível escrever programas ou mesmo executá-los.

Um microcontrolador possui dois tipos de memória: a memória de programa e a memória de dados. A memória de programa é responsável por armazenar informações a longo

prazo sobre as instruções que a CPU executa e, como é uma memória não volátil, essas instruções permanecem armazenadas sem precisar de uma fonte de alimentação. A memória de dados é a memória responsável pelo armazenamento temporário de dados enquanto as instruções estão sendo executadas e, como é uma memória volátil, esses dados permanecem somente enquanto o dispositivo estiver conectado a uma fonte de alimentação.

Alguns tipos de memória utilizadas são as seguintes (LIBRARY, 2023):

- a) ROM: é uma memória somente de leitura, cujos dados gravados não podem ser eliminados ou modificados. Essa gravação geralmente é feita durante o processo de fabricação onde são colocadas as informações desejadas dentro das células disponíveis.
- b) PROM: são memórias de leitura programável, onde os dados podem ser inseridos por meio de gravadores específicos apenas uma vez. Essa memória é constituída de vários fusíveis, que representam as células. Se o bit armazenado é 1, o fusível permanece intacto, se for 0, o fusível se rompe.
- d) EPROM: são memórias de leitura que podem ser reprogramáveis através de luz ultravioleta. Ao realizar a regravagem, a luz ultravioleta consegue apagar todos os dados para que novas informações possam ser inseridas.
- e) EEPROM: é uma memória de leitura que pode ser apagada e reprogramada várias vezes eletronicamente, apesar de ter um limite no número de ciclos de leitura.
- f) FLASH: esta memória é uma variação da memória EEPROM, possuindo as mesmas funcionalidades desta, no entanto elas diferem no modo de como os dados são apagados: na EEPROM os dados são apagados de forma individual enquanto que na FLASH os dados são apagados em blocos maiores.
- g) RAM: é uma memória volátil usada para auxiliar o processador a armazenar informações temporárias, resultados de operações aritméticas.
- h) SRAM: também chamada de memória RAM estática, são memórias utilizadas para armazenar informações de forma temporária. São memórias mais caras e de baixa capacidade.
- i) DRAM: também chamada de memória RAM dinâmica, são memórias mais baratas e atingem altas capacidades, porém mesmo sem o desligamento de energia perdem o seu conteúdo e, portanto precisam periodicamente de uma atualização de dados chamado de “*Refresh Memory*”.

1.3.1.3 Periféricos de Entrada e Saída

Os periféricos de entrada e saída são basicamente a *interface* do processador para o exterior, onde informações podem ser inseridas para o microcontrolador e podem ser enviadas para o exterior após serem processadas. Esses periféricos representam os pinos da placa onde são conectados os sensores e atuadores do projeto, podendo um mesmo pino trabalhar como entrada e saída ao mesmo tempo.

Um exemplo de periférico é a porta USART, que está presente nos microcontroladores, onde sua função é converter os dados de entrada e de saída no fluxo binário em série. Em forma assíncrona, dois fios são utilizados para transmitir dados, um em cada direção, em regime *full-duplex*, ou seja, em regime bidirecional. Em forma síncrona, um fio é utilizado para o fluxo de dados, em regime *half-duplex*, ou seja, nos dois sentidos um de cada vez, e o outro fio é usado para pulsos de *clock* emitidos pelo dispositivo mestre. Nos microcontroladores geralmente existem quatro portas USART, sendo elas nomeadas de COM1 a COM4 (EMBARCADOS, 2014).

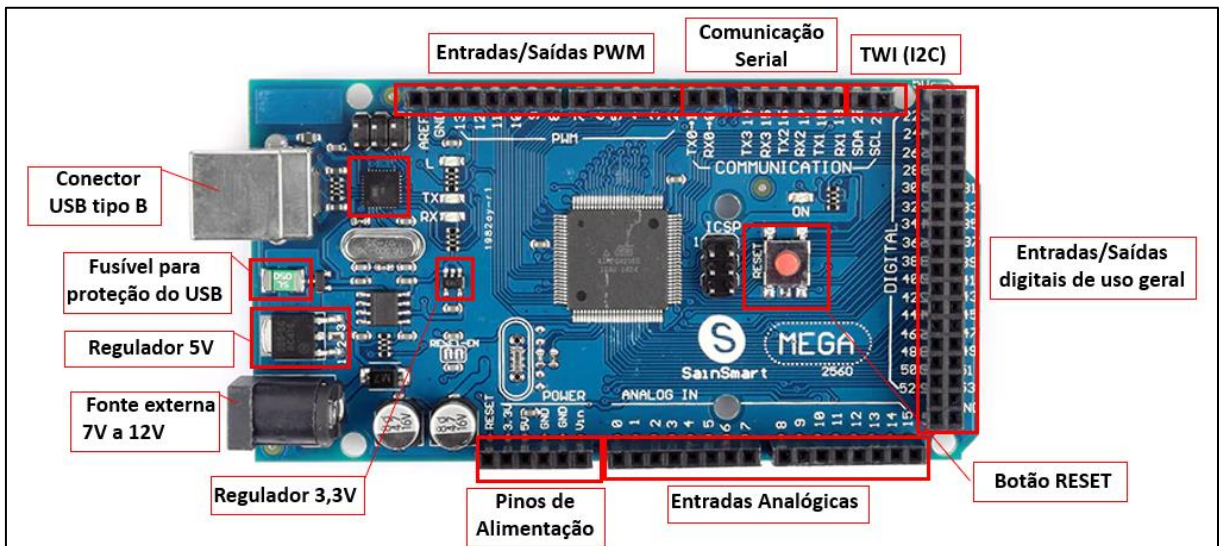
1.3.1.4 Dispositivos auxiliares

Os dispositivos auxiliares são elementos que não fazem parte da estrutura da CPU, Memória ou periféricos de entrada e saída, mas que compõem todo o sistema do microcontrolador garantindo certas funcionalidades e auxiliando em seu desempenho, dando assim ao dispositivo capacidade para atender as necessidades de um projeto. Estes dispositivos auxiliares podem ser: Conversores AD, que convertem sinais analógicos que vem dos periféricos de entrada e os transformam em sinais digitais para processamento, circuito de *clock*, que gera um sinal de relógio responsável pela sincronização das operações, contadores, que é responsável de efetuar contagens binárias necessárias para as operações, e entre outros dispositivos (KERSCHBAUMER, 2018).

1.3.2 Microcontrolador Arduino Atmega

O Arduino Mega 2560, mostrado na Figura 11, é uma placa constituída de um microcontrolador Atmega 2560, oscilador a cristal de 16MHz, uma conexão USB, entradas para alimentação externa, botão *reset*, 16 pinos analógicos e 54 pinos digitais. A placa pode operar entre 6V a 20V de alimentação externa, entretanto a faixa de trabalho recomendada é entre 7V e 12V, pois valores abaixo dessa faixa tornam a placa instável e valores acima podem superaquecer seus reguladores de tensão. Além disso, a placa fornece quatro pinos de comunicação serial no padrão UART TTL em 5V. O chip FTDI FT232RL direciona uma das portas para a conexão USB e os *drivers* FTDI fornecem uma porta COM virtual para o *software* no computador. Há ainda as comunicações SPI (ICSP) e I2C (TWI), sendo a última usada através da biblioteca *Wire* do *software* Arduino.

Figura 11 - Arduino Atmega 2560



Fonte: Adaptado de Sain Smart, 2023.

Na Tabela 1 são descritas algumas características da placa Arduino Atmega 2560:

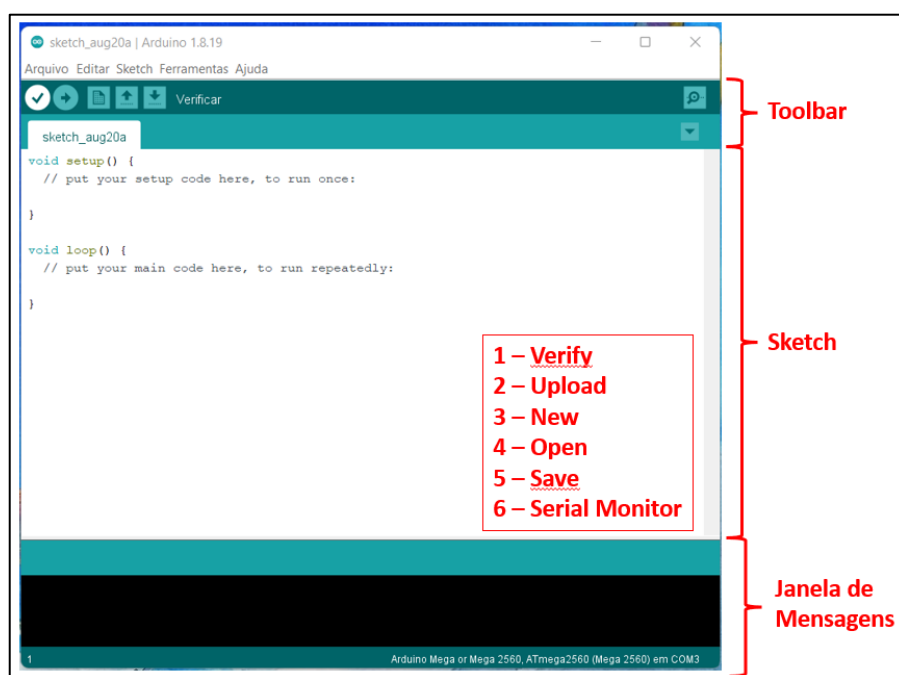
Tabela 1 - Características do Arduino Atmega 2560

ARDUINO ATMEGA 2560	
Microcontrolador	Atmega 2560
Tensão de Funcionamento	5V
Tensão de entrada (recomendada)	7V a 12V
Tensão de entrada (máxima)	6V a 20V
Pinos de entrada e saída digital	54 (14 deles são do tipo PWM)
Pinos de entradas analógicas	16
Corrente máxima de cada pino	40 mA
Corrente para pino de 3,3V	50 mA

Memória Flash	256 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidade de Clock	16 MHz

O IDE do Arduino, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado, é dividido em três partes: *Toolbar* (barra de ferramentas), *Sketches* e Janela de Mensagens. A Figura 12 apresenta como o ambiente de desenvolvimento e trabalho da plataforma Arduino:

Figura 12 - IDE Arduino



Fonte: Autoria própria.

No topo da IDE há uma barra de menus com os itens Arquivo, Editar, Sketch, Ferramentas e Ajuda. Na *Toolbar* encontram-se o nome do *Sketch* e os ícones que permitem acesso rápido as funções mais utilizadas na barra de menus que são:

- a) *Verify*: verifica se existe erro no código;
- b) *Upload*: compila o código e grava na placa Arduino quando conectado;
- c) *New*: cria um novo *Sketch*;
- d) *Open*: abre um novo *Sketch*, presente no *Sketchboard*;
- e) *Save*: Salva o *Sketch* como um arquivo no computador;
- f) *Serial Monitor*: exibe dados seriais enviados do Arduino.

Os programas desenvolvidos no ambiente de programação do Arduino são chamados *Sketchs* e são basicamente formados da seguinte maneira:

- a) Declaração de Variáveis;
- b) Função *void setup ()*;
- c) Função *void loop()*.

As variáveis são utilizadas para guardar valores para serem usadas na programação, e estas precisam ser declaradas. Podem ser do tipo *int* (valores do tipo inteiro), *long* (valores muito altos do tipo inteiro), *float* (valores fracionários), dentre outras. São também utilizados comentários para informar o funcionamento do programa, podendo ser uma linha de comentário (“//...”) ou um bloco de comentários (*/*...*/*). Nesta parte da IDE também podem ser criadas funções para uso no programa principal.

As funções *void setup()* e *void loop()* são as duas principais funções do Arduino e nenhum programa pode ser executado sem o uso delas. Na função *void setup()*, a comunicação serial é inicializada e são definidos em qual modo os pinos que serão trabalhados no projeto irão trabalhar, se entrada ou saída de dados. A função é chamada no início do programa e é executada apenas uma vez, quando o Arduino é iniciado ou quando é resetado. Já a função *void loop()*, esta executa o que a própria tradução do seu nome para o português indica: esta repete sequencialmente os comandos escritos no programa em um ciclo infinito, onde permite que o projeto seja executado.

A janela de mensagens é responsável em apontar os erros de compilação, mostrando e destacando onde se encontra os possíveis erros de código, informa se o programa compilado foi gravado na placa e exibe os endereços dos arquivos dos programas realizados.

1.4 SENSOR BIOMÉTRICO

O sensor biométrico, ou leitores biométricos, são capazes de detectar características físicas de uma pessoa (a digital) e transformar essas características em sinais eletrônicos. Todas as pessoas possuem marcas nos dedos que são únicas e podem ser usadas para identificação, são elas as impressões digitais. A leitura dessas impressões é uma forma de biometria fisiológica que faz a leitura de características física de uma pessoa e autentica a sua identidade. Esses sensores usam diferentes técnicas para a leitura de impressões digitais, mas todos

apresentam o mesmo princípio de funcionamento. O dedo de uma pessoa apresenta uma superfície rugosa, que é a impressão digital, e o sensor faz a leitura de toda a área lendo os picos e as partes mais profundas. O sensor então compara a impressão lida com uma impressão já registrada e valida então a sua autenticidade. De modo simples, o sensor biométrico é como um pequeno scanner que compara dois sinais (CRUZ, 2019).

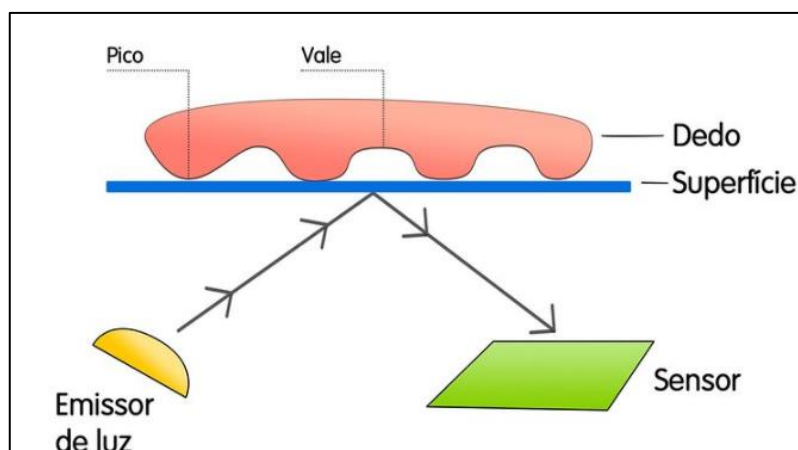
1.4.1 Tipos de sensores biométricos

A seguir serão descritos os tipos de sensores biométricos e como é seu princípio de funcionamento.

1.4.1.1 Sensor biométrico óptico

Os sensores biométricos ópticos são os tipos de sensores biométricos mais comuns. Este sensor é constituído de uma série de diodos sensíveis a luz chamados “*photosites*” e um conversor de imagem analógico-digital. Os *photosites* reagem ao estímulo dos fótons luminosos ao fazerem a leitura dos picos e partes mais profundas da pele, enviam um sinal elétrico e registram a seção da imagem captada em um pixel (DAUER, 2018). A Figura 13 ilustra como funciona o sensor óptico:

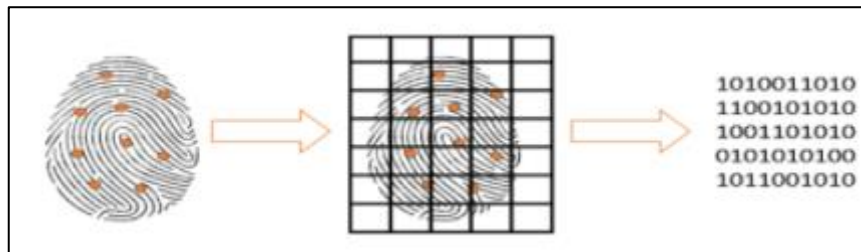
Figura 13 - Funcionamento do sensor biométrico óptico



Fonte: Stella Dauer, 2018.

Ao lerem toda a área, a combinação de pixels forma a imagem da impressão digital. A Figura 14 ilustra como funciona a leitura:

Figura 14 - Leitura do sensor biométrico óptico

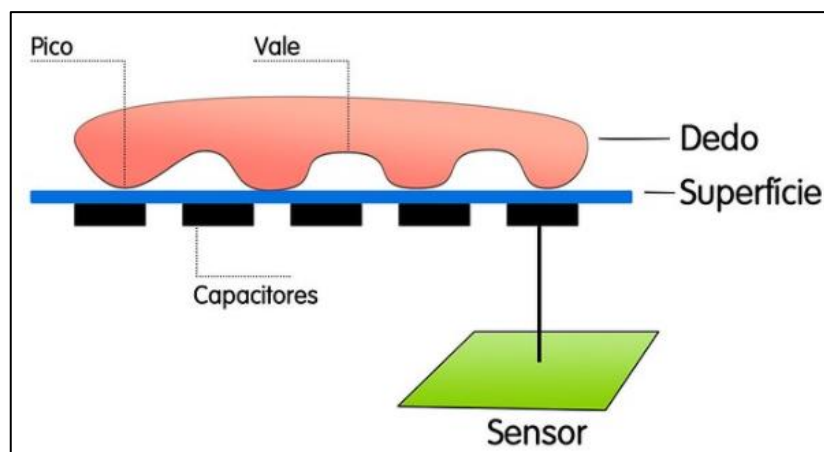


Fonte: Thalles, 2021.

1.4.1.2 Sensor biométrico capacitivo

Os sensores biométricos capacitivos são os tipos de sensores mais comuns em *smartphones* e seu funcionamento de leitura é bastante similar ao óptico. Neste, a leitura capacitiva faz uso da corrente elétrica ao invés da luz para captar a imagem da impressão digital. Nele, existem circuitos semicondutores que interagem com a superfície do dedo, promovendo tensões distintas entre os picos e áreas mais profundas (DAUER, 2018). Esses valores de tensões são mapeados e através de um processador a imagem digital é formada conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 - Funcionamento do sensor biométrico capacitivo

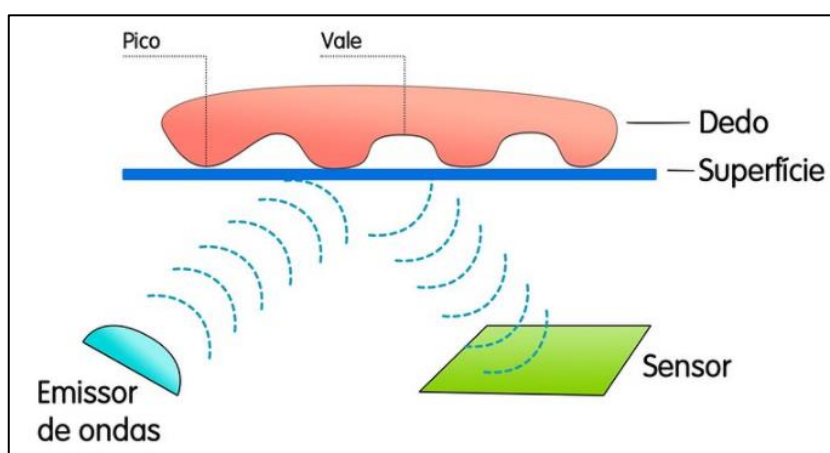


Fonte: Stella Dauer, 2018.

1.4.1.3 Sensor biométrico ultrassônico

Os sensores biométricos ultrassônicos são os sensores de leitura biométrica mais modernos e com uma tecnologia de maior custo em relação aos outros sensores já vistos. Neste, ao invés de usar a luz ou nível de tensão para a leitura, o sensor utiliza ondas ultrassônicas que podem “enxergar” através da pele. Neste caso, além de ler a superfície do dedo, o sensor pode identificar se trata de um dedo vivo ou não. Da mesma forma que os outros sensores, um emissor envia pulsos de ondas ultrassônicas que são lidas por um receptor. Parte das ondas é absorvida e parte é devolvida dependendo dos picos e partes profundas da pele, e assim a leitura da impressão digital é feita conforme ilustrado na Figura 16 (DAUER, 2018).

Figura 16 - Funcionamento do sensor biométrico ultrassônico



Fonte: Stella Dauer, 2018.

2.1.1 Módulo Sensor de Impressão Digital R307

O sensor utilizado no trabalho é o módulo de impressão digital R307, cujo processo de impressão digital conta com duas partes: o cadastramento da impressão e correspondência entre impressões, sendo a correspondência feita de um pra um ou um para vários. No processo de cadastramento, o usuário precisará colocar seu dedo no sensor óptico duas vezes, onde o sistema irá processar as duas imagens das impressões, gerar um modelo baseado nos resultados processados e então guardar esse modelo na memória do sensor. No processo de correspondência, o usuário precisará colocar o dedo no sensor óptico apenas uma vez, onde o sistema irá gerar um modelo da impressão digital e irá comparar com os modelos de impressões digitais guardados na biblioteca do sensor. Na correspondência de um pra um o sistema irá comparar a impressão do dedo com um modelo específico designado no módulo. Na correspondência de um para vários, o sistema irá procurar em toda a biblioteca de impressões

um modelo que combine com a impressão que está sendo lida pelo sensor. Nas duas situações o sistema irá retornar a impressão par resultante, tendo sucesso ou falha na busca.

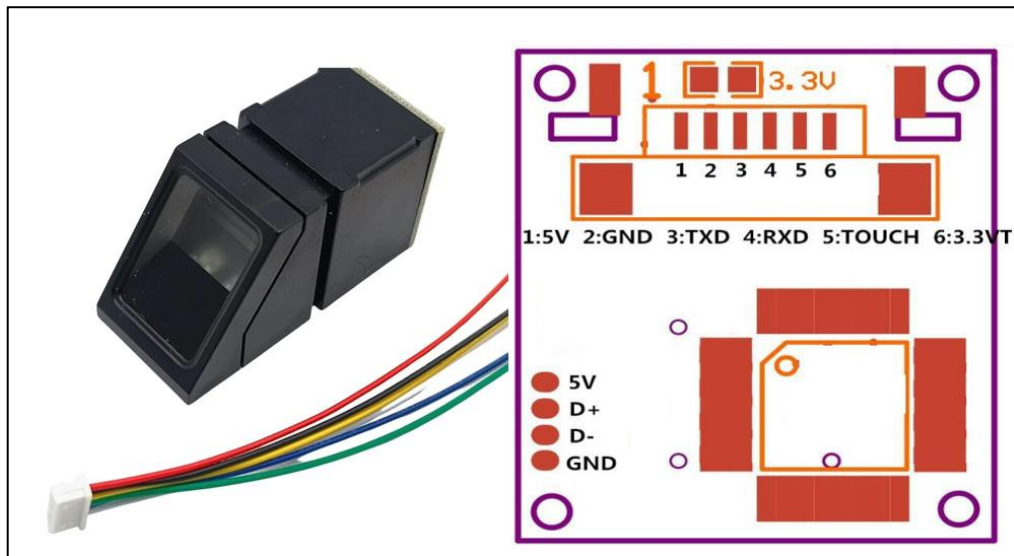
A Tabela 2 apresenta algumas características de trabalho do sensor de impressão digital R307:

Tabela 2 - Características do sensor de impressão digital R307

Característica	Dados
Alimentação	DC 4.2V – 6V
Corrente de trabalho	50mA
Taxa de Transmissão	(9600*N) bps, N = 1~12
Tempo de aquisição de Imagem	<0,5s
Capacidade de armazenamento	1000
FAR	<0.001%
Tempo médio de procura	<1s (1:1000)
Ambiente de Trabalho	Temp: -10°C ~ +40°C, RH: 20% - 85%
Tipo Físico	Tipo fatiado
Comunicação	UART (Nível lógico TTL)/ USB 2.0
Modo de correspondência	1:1 ou 1:N
Tamanho da imagem	256 bytes
Tamanho do modelo armazenado	512 bytes
Nível de segurança	5 (1, 2, 3, 4, 5 (maior nível)
FRR	<0.1%
Dimensão da janela de impressão	19mm*21mm
Ambiente de armazenamento	Temp: -40°C ~ +85°C, RH: <85%
Módulo: 44.1*20*23.5 mm	

Na Figura 17 são apresentados o sensor e uma representação da parte exterior onde são conectados os fios aos seus pinos.

Figura 17 - Sensor biométrico R307



Fonte: Mercado Livre e AliExpress, 2023.

Na Tabela 3 são descritas as características de cada pino utilizado pelo sensor:

Tabela 3 - Características dos pinos do sensor biométrico

Nº do pino	Nome	Tipo	Descrição da função
1	5V	Entrada	Alimentação de entrada (DC 4.2V – 6V)
2	GND	-	0V
3	TXD	Saída	Saída de dados, nível lógico TTL
4	RXD	Entrada	Entrada de dados, nível lógico TTL
5	<i>Touch</i>	Saída	Sinal de detecção do dedo (corrente máxima de saída: 50mA)
6	3.3V	Entrada	Alimentação para detecção do dedo (DC 3.3V – 5V, 50µA)

O modo de comunicação serial é *semiduplex* assíncrono e a taxa padrão de transmissão é de 57.600 bps, mas o usuário pode definir uma taxa de transmissão entre 9.600bps e 115.200 bps. Ao ligar o sensor na fonte de alimentação, leva-se um tempo de 200ms para inicialização e durante esse período o sensor não aceita comandos que são enviados.

3 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Neste trabalho foi realizada uma pesquisa aplicada, cujo objetivo foi a construção de um modelo compacto da solução do problema apresentado neste trabalho. Foi utilizado o procedimento técnico de pesquisa bibliográfica e testes laboratoriais. O método de abordagem adotado foi o hipotético-dedutivo e o método de procedimento monográfico em sua elaboração. Para coleta de dados foi utilizada documentação indireta sendo esses dados qualitativos e interpretados de forma global.

3.1 MATERIAIS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram primeiro adquiridos os componentes necessários para a montagem de todo o sistema de segurança: sensores, relés, cabos, conectores, entre outros. Os testes foram realizados em uma Moto Honda NXR 160 Bros ESDD, entre os conectores do circuito elétrico da motocicleta, onde as características da motocicleta serão descritas a seguir.

3.1.1 Ambiente de desenvolvimento

A moto utilizada para testes, Moto Honda NXR 160 Bros ESDD foi fabricada em 2022 e conta com injeção eletrônica PGM-FI, freio a disco tanto na roda dianteira como traseira, sistema de partida elétrica, motor de 162,7 cc e sistema de injeção eletrônica. Foi utilizado como base o diagrama elétrico da Moto Honda Bros 125 ES, ano de 2015, para estudos do sistema elétrico, fornecidos pelo setor de publicações técnicas do departamento de serviços pós venda da Moto Honda da Amazônia. Ainda que o diagrama em estudo seja de uma moto mais antiga, a construção do sistema elétrico da moto segue um mesmo padrão para o seu completo funcionamento. Além disso, o circuito da moto funciona a uma tensão de 12V, e por isso foi utilizado um regulador de tensão para a alimentação do circuito do sistema de segurança desenvolvido neste trabalho, que trabalha com uma tensão de operação de no máximo 5V.

3.1.2 Lista de Componentes

Os componentes utilizados para a construção do sistema foram os seguintes:

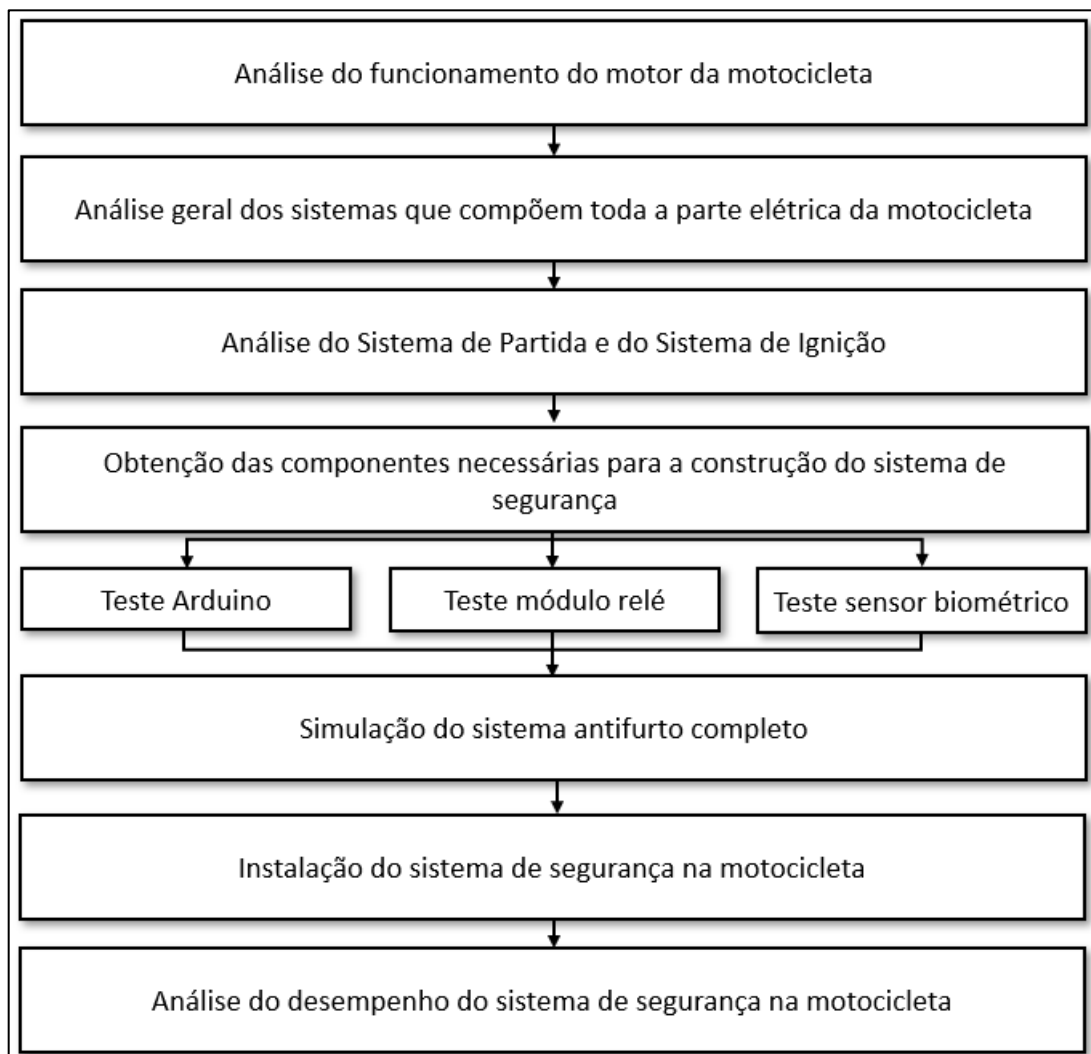
- a) Arduino Atmega 2560;
- b) Sensor de Impressão Digital R307;
- c) Módulo Regulador de Tensão Step Down LM2596;

- d) Cabos de 0,5 mm²;
- e) Cabos 0,75 mm²;
- f) Conectores Macho e Fêmea;
- g) Módulo Relé 5V;

3.2 MÉTODOS

No diagrama de blocos ilustrado na Figura 18 são apresentadas as etapas da metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho:

Figura 18 - Diagrama de blocos da metodologia de desenvolvimento



Fonte: Autoria própria.

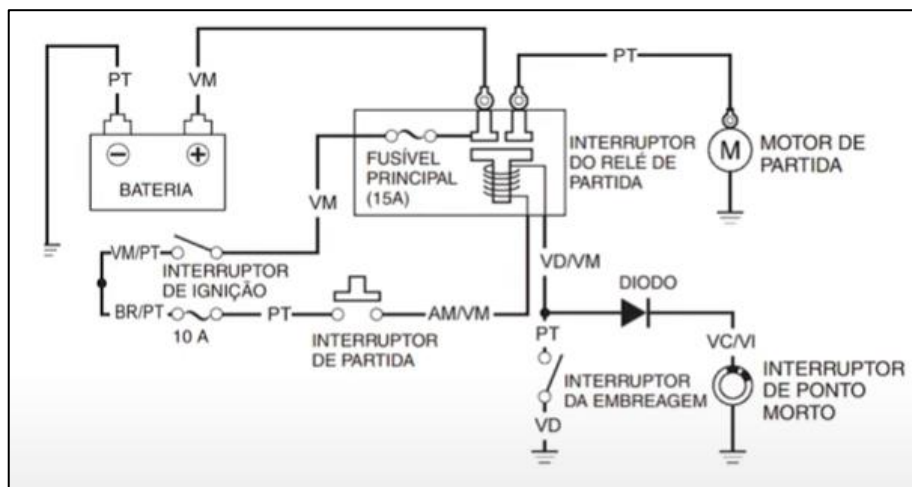
3.2.1 Análise dos diagramas elétricos da motocicleta

Nesta etapa foram feitas análises dos diagramas elétricos dos sistemas de ignição e partida da motocicleta, sistemas que serão utilizados para a implementação do sistema antifurto. A seguir é feita a descrição de cada um deles.

3.2.1.1 Diagrama elétrico do sistema de partida

Assim como toda máquina, o motor a combustão necessita de um impulso inicial para então deixar sua condição de repouso. Por isso existe o sistema de partida na motocicleta, cujo componente principal é o motor de partida. O motor de partida é responsável em transformar a energia elétrica que recebe da bateria em energia mecânica, para então proporcionar os primeiros giros do motor a combustão e vencer a resistência ao movimento – causada pela compressão dos cilindros, atrito (que é ainda maior com o motor frio) e o peso das peças internas, como pistões, bielas e virabrequim. A Figura 19 apresenta o esquema elétrico do sistema de partida da moto:

Figura 19 - Esquema de partida elétrica básico de uma motocicleta



Fonte: Elton Pinheiro, 2021

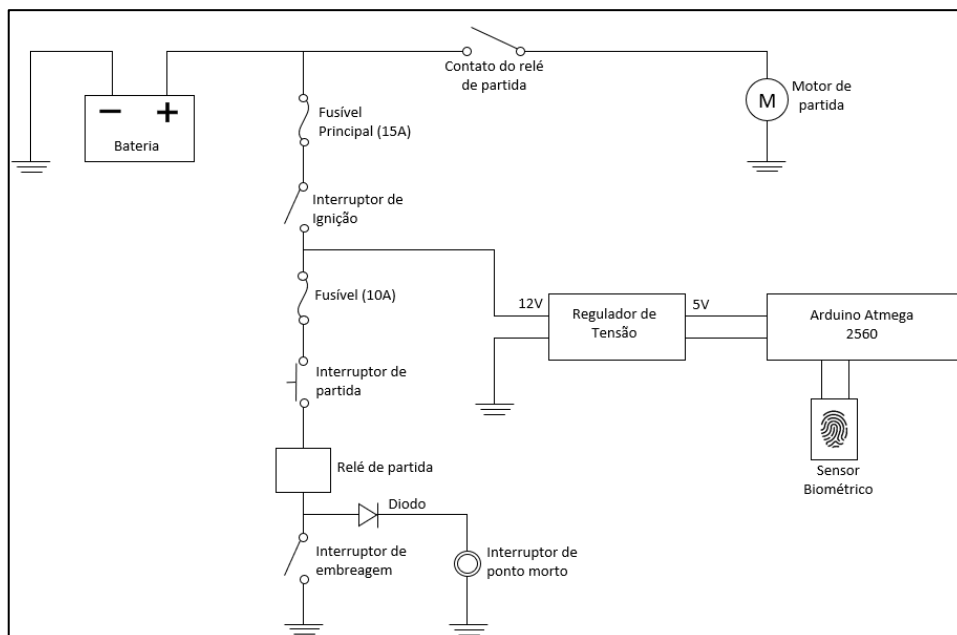
Quando a chave de ignição da moto, representada na Figura 19 como o interruptor de ignição, é girada, ela permite que a bateria alimente todo o sistema elétrico da moto. Nesse momento a ECU é energizada e ela automaticamente manda um sinal para a bomba de gasolina para alimentar o bico injetor do sistema de injeção eletrônica. Em seguida, para que o relé de partida seja acionado é necessário que o interruptor de partida seja fechado. Ao ser acionado o interruptor de partida, o relé é acionado, fechando assim o contato entre a bateria e o motor de partido. Nesse momento o motor de partida é energizado, dando então a partida do motor a combustão e por fim, ligando a motocicleta. Em algumas motos mais modernas, existe ainda

na mesma malha dos interruptores de ignição e partida, o interruptor do motor. Este interruptor, no estado fechado, permite o acionamento normal da motocicleta, mas quando é aberto, não permite o acionamento do motor de partida ou corta o funcionamento do motor de combustão da motocicleta.

Em todo este processo de partida, existem meios de proteção para que a motocicleta seja ligada de forma correta, sem sofrer danos. Uma delas, representada pelo interruptor de ponto morto, impede que a motocicleta seja ligada quando está em marcha. Caso o condutor venha a ligar a motocicleta e não se der conta de que a mesma não está no estado neutro, o veículo não será ligado, o que impedirá que o disco de embreagem e caixa de marcha sofram desgastes desnecessários e que o próprio condutor não leve um susto com o repentino acionamento do veículo. No entanto existe a possibilidade de ligar a motocicleta estando com o veículo em marcha: acionando a embreagem (representado pelo interruptor de embreagem). Se o veículo estiver em marcha e a embreagem estiver acionada, como mostrado no circuito da Figura 16, a motocicleta poder ser ligada. Se por acaso, a motocicleta estando nesse estado, a embreagem for solta, o interruptor de embreagem será aberto e a motocicleta será desligada abruptamente, ou seja, a motocicleta estancará.

Na Figura 20 é apresentado o diagrama elétrico do microcontrolador Arduino ligado em paralelo ao circuito de partida:

Figura 20 - Diagrama elétrico de alimentação Arduino



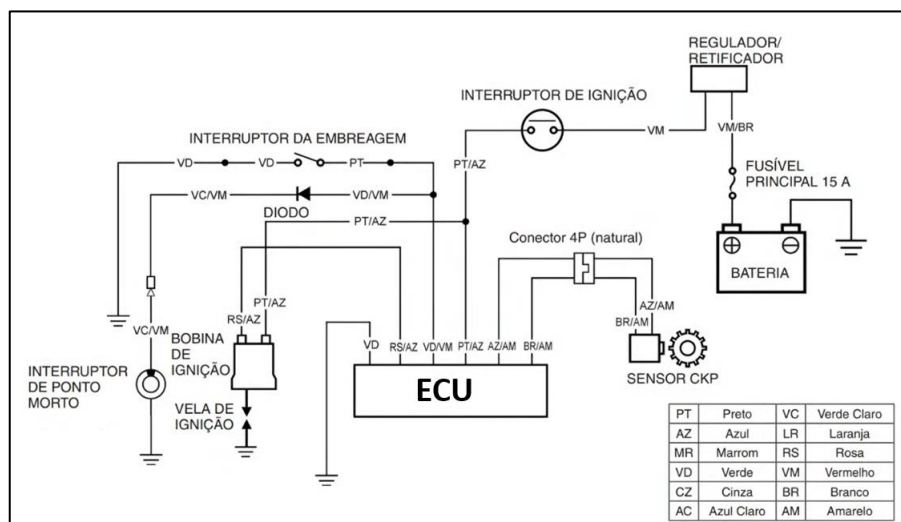
Fonte: Autoria própria.

No circuito ilustrado na Figura 20, percebe-se que o microcontrolador é alimentado pela própria bateria, somente quando a chave de ignição é colocada na posição “ON”. A motocicleta possui um rotor gerador dentro do motor, que fornece energia em forma de corrente alternada para recarregar a bateria. Esta energia é então convertida em corrente contínua por um retificador, que a transfere então para a bateria de 12V. Como a bateria alimenta todos os componentes eletrônicos da motocicleta em 12V, foi necessário o uso de um regulador de tensão para converter a tensão de 12V para 5V, que é a tensão de trabalho do microcontrolador e demais componentes do sistema antifurto.

3.2.1.2 Diagrama elétrico do sistema de ignição

O sistema de ignição, como explicado anteriormente, é responsável em fornecer a centelha (faísca gerada entre os polos da vela) no interior da câmara de combustão antes do pistão se aproximar do fim do curso de compressão, a fim de iniciar a queima da mistura ar-combustível. Seus principais componentes são: sensor de rotação CKP, módulo CDI, Bateria, bobina de ignição e vela. A Figura 21 apresenta o esquema elétrico do sistema de ignição da motocicleta:

Figura 21 - Sistema de ignição da motocicleta



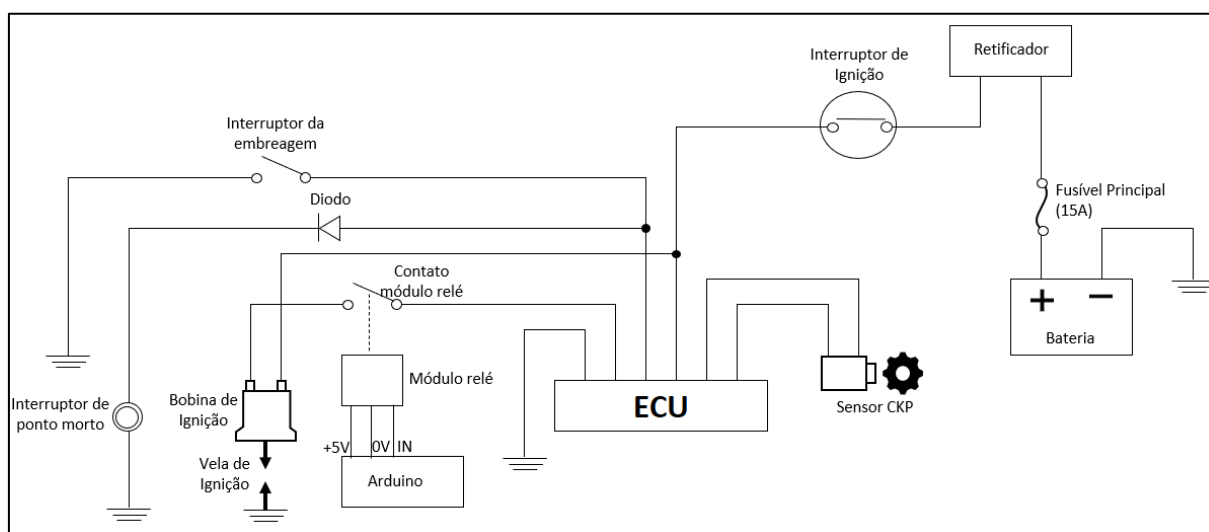
Fonte: Elton Pinheiro, 2021.

Para que o motor a combustão funcione são necessários três elementos essenciais: ar, combustível e a centelha. Se um desses elementos é retirado do sistema, a combustão não irá acontecer, e por consequência, a motocicleta não será ligada. O sistema de ignição controla de

forma sincronizada com os tempos do motor, o momento certo de acionamento da vela de ignição e o tempo necessário de acionamento da faísca, que geralmente ocorre antes do fim a etapa de compressão da mistura ar-combustível. Quanto mais a motocicleta é acelerada, mais rápido o motor irá admitir ar, e por consequência a faísca da vela precisa ser mais rápida. Isso faz com que o momento de acionamento e o tempo de faísca altere constantemente. Nas motos mais modernas, o componente que faz esse controle de acionamento da vela de ignição é a ECU. Com o gerenciamento correto da faísca há o bom aproveitamento da potência do motor, bom gerenciamento de consumo de combustível e diminuição da emissão de poluentes. Assim, para a implantação do projeto, o elemento “centelha” será usado como uma condicional de segurança: ao ligar a motocicleta, o veículo precisa reconhecer a digital do condutor, caso contrário, a centelha não será acionada, e por consequência o motor não dará partida.

A Figura 22 apresenta o diagrama elétrico de como o elemento “centelha” do veículo será usado como condicional de segurança:

Figura 22 - Diagrama elétrico da condicional de segurança



Fonte: Autoria própria.

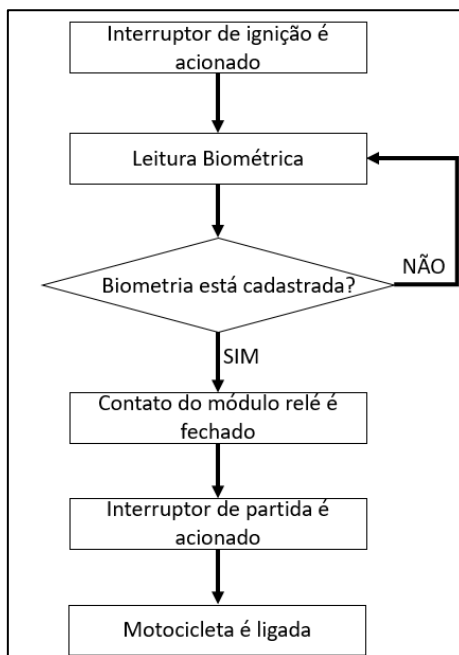
No esquema elétrico, percebe-se novamente a presença da bateria alimentando todo o sistema. Ela é ligada a um retificador que transforma corrente alternada fornecida pelo rotor gerador em corrente contínua, para alimentar o todo o sistema de ignição, assim que o interruptor de ignição é ativado. É nesse momento que o sistema entra em funcionamento: o sensor CKP, que funciona como um sensor indutivo, informa a ECU a rotação e posição instantânea do virabrequim. Esse sensor é instalado próximo ao volante do motor, uma roda

dentada de material ferromagnético, e é acionado com a proximidade dos dentes da engrenagem no sensor. Ao informar a posição exata do virabrequim, a ECU é capaz de saber em qual tempo o motor se encontra. Ao chegar próximo do fim do processo de compressão dentro da câmara de combustão, a ECU alimenta então a bobina de ignição. A bobina então transforma a baixa tensão recebida em alta tensão e manda para a vela de ignição, que produz então a faísca dentro da câmara de combustão. A vela fica ligada pelo tempo necessário para que ocorra a completa combustão dos gases. Ao fim do processo de combustão, os gases resultantes são expulsos da câmara no processo de escape. Para o sistema antifurto, o acionamento da vela que é necessário para se dar partida no motor, terá a condicional de que somente será acionada após o reconhecimento da biometria do proprietário da motocicleta. Após o reconhecimento, o veículo poderá ser ligado normalmente.

3.2.2 Elaboração do diagrama em blocos do sistema antifurto

Como foi dito anteriormente, o sistema antifurto será adicionado junto ao sistema de partida e de ignição. Toda a lógica para o acionamento da motocicleta estará no microcontrolado Arduino Atmega 2560, que irá receber os sinais do sensor biométrico e ativar e desativar o módulo relé. O diagrama de blocos, mostrado na Figura 23 apresenta como se dará todo o fluxo:

Figura 23 - Diagrama de blocos sistema antifurto



Fonte: Autoria própria.

No diagrama de blocos, o sistema implantado na motocicleta segue uma sequência lógica. Primeiro, ao ligar a motocicleta, a bateria alimenta todo o circuito antifurto a ser instalado. Nesta etapa, observa-se a vantagem de que o sistema só será ligado quando houver a necessidade de ligar o veículo e não consumirá a energia da bateria. Ao ligar a motocicleta e acionado o interruptor do motor, o sensor então fará uma série de leituras, até ser identificada a biometria do condutor e, enquanto isso, o módulo relé não permitirá que o sinal enviado pela ECU para acionamento da vela seja enviado a bobina de ignição. Ao realizar a leitura e identificado a biometria correta já cadastrada, o relé então permitirá a passagem do sinal para a bobina de ignição e a motocicleta poderá ser ligada.

Figura 25 - Código teste Arduino

```
teste_Arduino
int botao = 8;
int led = 9;
int estado;

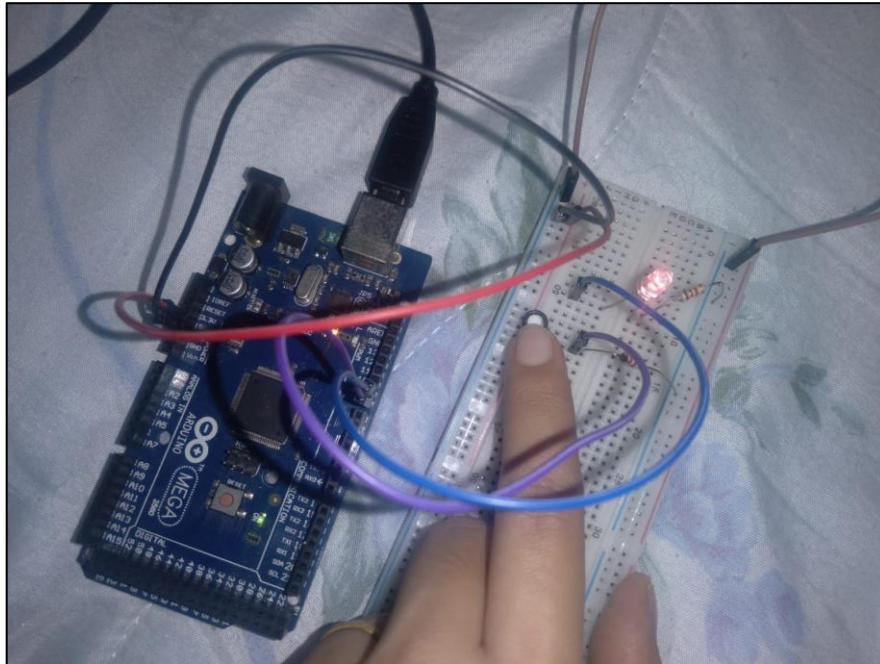
void setup() {
  pinMode(botao, INPUT);
  pinMode(led, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  estado = digitalRead(botao);
  Serial.println(estado);
  if(estado == HIGH){
    digitalWrite(led, HIGH);
    delay(100);
  }
  else{
    digitalWrite(led, LOW);
  }
}
```

Fonte: Autoria própria.

Após montado o circuito e compilado o código, o algoritmo foi carregado na placa Arduino e então verificado seu funcionamento. A Figura 26 apresenta o teste realizado:

Figura 26 - Circuito teste Arduino

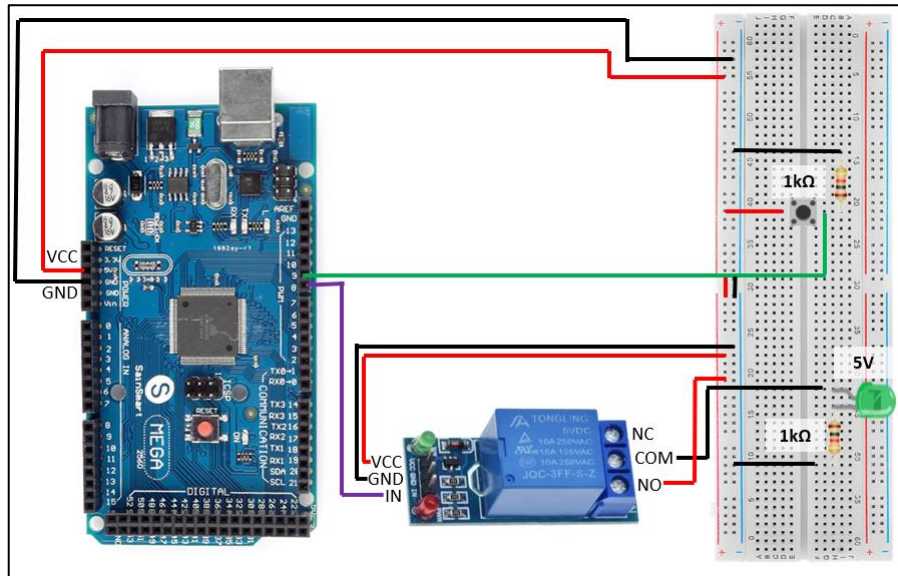


Fonte: Autoria própria

4.1.2 Teste módulo relé

Para o teste do módulo relé foi utilizado o mesmo circuito para verificação do funcionamento do microcontrolador, porém, ao invés de ser enviado um sinal diretamente para o LED, o sinal de acionamento é enviado para o relé e este então liga o LED. A Figura 27 ilustra o circuito montado para teste do módulo:

Figura 27 - Esquema do circuito teste módulo relé



Fonte: Adaptado de Sain Smart, Casa da Robótica e Arduino e Cia, 2023.

O código do teste foi montado de modo que, enquanto o botão não é acionado o LED permanecerá desligado. Ao acionar o botão, o Arduino então enviará um sinal para o relé e este então irá comutar seus contatos e o LED será então ligado. A Figura 28 apresenta o código montado no IDE Arduino:

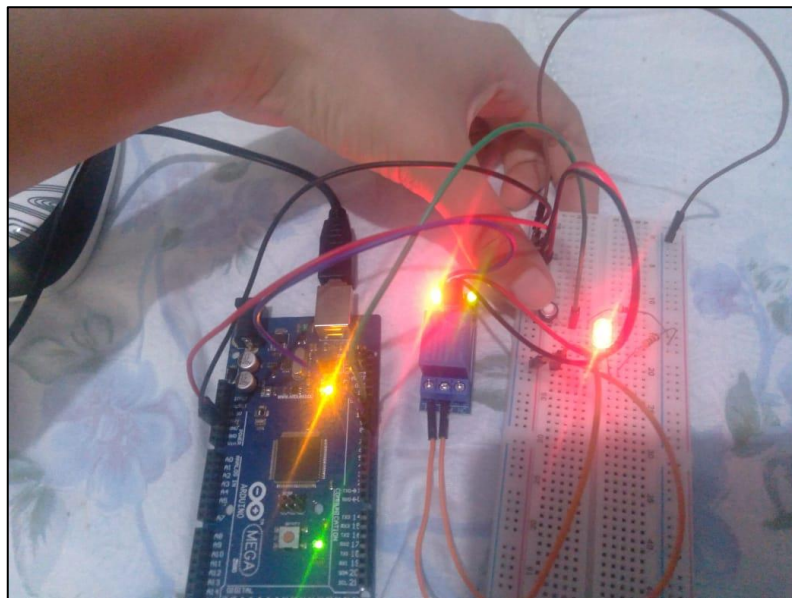
Figura 28 - Código teste módulo relé

```
teste_rele §  
  
int botao = 9;  
int rele = 8;  
int estado;  
  
void setup() {  
  pinMode(botao, INPUT);  
  pinMode(rele, OUTPUT);  
  Serial.begin(9600);  
}  
  
void loop() {  
  estado = digitalRead(botao);  
  Serial.println(estado);  
  if(estado == HIGH){  
    digitalWrite(rele, LOW);  
    delay(100);  
  }  
  else{  
    digitalWrite(rele, HIGH);  
  }  
}
```

Fonte: Autoria própria.

Após montado o circuito e compilado o novo código, este foi carregado na placa e então feito os testes. Nos testes realizados no dispositivo, observou-se que o módulo relé comuta seus contatos ao receber nível lógico “*LOW*” em sua entrada de acionamento e retorna ao seu estado original ao receber nível lógico “*HIGH*”. A Figura 29 apresenta o teste realizado:

Figura 29 - Circuito teste módulo relé



Fonte: Autoria própria.

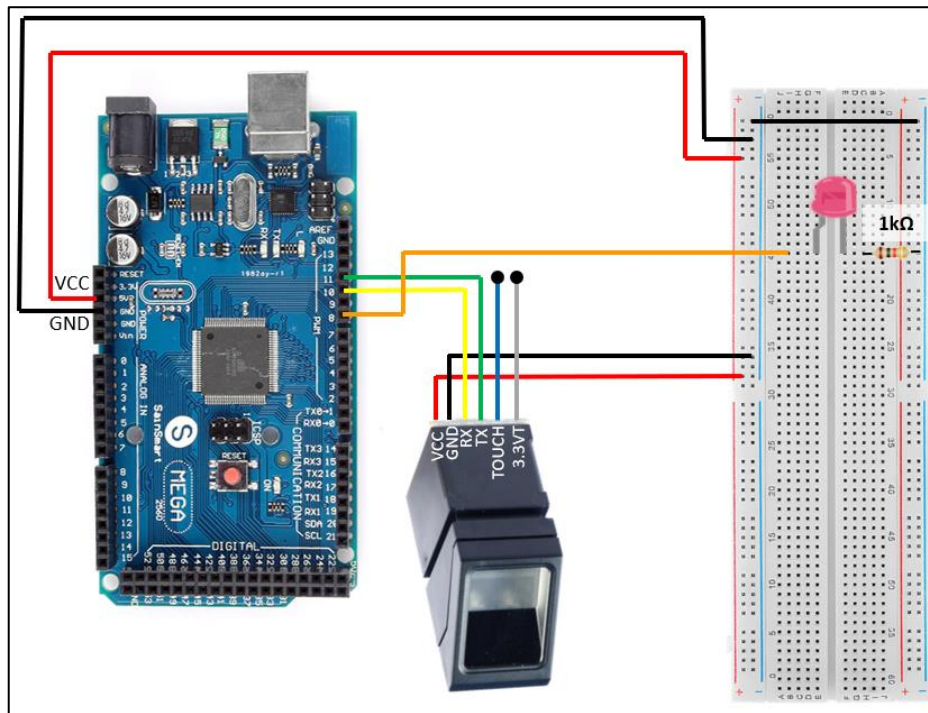
4.1.3 Teste e validação do sensor biométrico

O sensor biométrico, como foi dito anteriormente, funciona em duas etapas: a primeira é o processo de cadastramento de digitais na memória do sensor e a segunda é a etapa de leitura e validação de biometria. A validação do sensor seguiu essas duas etapas que serão descritas a seguir:

4.1.3.1 Cadastramento de digitais

A Figura 30 apresenta de forma esquemática como foi realizada o circuito cadastro das digitais na memória do sensor.

Figura 30 - Esquema circuito teste sensor biométrico



Fonte: Adaptado de Sain Smart, Casa da Robótica e Arduino e Cia, 2023.

Para alimentação do sensor foi utilizado a própria fonte da placa Arduino, de 5V. Para o teste do sensor biométrico, primeiro foi necessário realizar o cadastro das digitais na memória do sensor. Assim, foi necessário adicionar uma biblioteca ao programa Arduino para a utilização do sensor: *“Adafruit_Fingerprint_Sensor_Library”*. Com essa biblioteca, os comandos para o uso do sensor vão ser reconhecidos quando houver a compilação do programa. Com a biblioteca já cadastrada no Arduino, foi então selecionado um dos programas disponibilizados pela biblioteca chamado *“enroll”* e então escrito na placa Arduino. Com esse programa, o sensor entra no estado de cadastramento de digitais. O código do programa pode ser verificado no Anexo A.

Com o programa compilado e já escrito no Arduino o processo de cadastramento da biometria é feito então através do Monitor Serial. Ao abri-lo, a placa primeiro faz uma tentativa de reconhecimento do sensor verificando suas conexões: caso haja problema nas conexões é feita uma nova tentativa de reconhecimento, caso contrário é dado prosseguimento no programa. Tendo então a placa reconhecido o sensor, o programa então solicita ao usuário a posição em que será gravada a digital a ser cadastrada, podendo variar da posição 1 a posição 127. Ao digitar a posição (esta deve ser digitada primeiro com o símbolo “#” e em seguida o

número da posição), o sensor então solicita que o usuário aproxime sua digital no leitor do sensor duas vezes, onde em cada vez uma leitura é realizada. Com as duas imagens da mesma digital capturadas e convertidas, o sensor então cria um modelo e o armazena na posição da memória selecionada anteriormente. Ao final do processo, o programa volta a solicitar uma nova posição da memória para um novo cadastramento. A Figura 31 apresenta os passos realizados no monitor serial Arduino para o cadastramento de uma digital.

Figura 31 - Cadastramento de digital no Monitor Serial

```
COM3
Adafruit Cadastramento da biométrico no sensor
Sensor Biométrico Encontrado!
Pronto para cadastrar uma biometria!
Favor digitar o ID # (from 1 to 127) no qual se deseja salvar a biometria...
Cadastrando no ID #7
Esperando por uma biometria válida para cadastrar no #7
.
.
.
.
.
Imagem coletada
Imagem Convertida
Retire o dedo
ID 7
Coloque o mesmo dedo novamente
.....Imagem coletada
Imagem Convertida
Criando um modelo para #7
As impressões digitais batem!
ID 7
Salvo!
Pronto para cadastrar uma biometria!
Favor digitar o ID # (from 1 to 127) no qual se deseja salvar a biometria...
```

Fonte: Autoria própria.

As digitais cadastradas nos endereços de memórias foram:

- a) #7 – Indicador esquerdo;
- b) #8 – Polegar esquerdo;
- c) #9 – Polegar direito;
- d) #10 – Indicador direito.

4.1.3.2 Leitura e validação da biometria

Com as biometrias necessárias já cadastradas e o circuito teste já montado, foi então construído o código para teste do sensor. O código foi construído de modo que, enquanto o sensor não identificar nenhuma biometria, um LED permanecerá desligado sinalizando essa não identificação. Ao realizar a leitura, o LED será ligado e permanecerá assim por 5 segundos. A Figura 32 apresenta a parte lógica do teste montado.

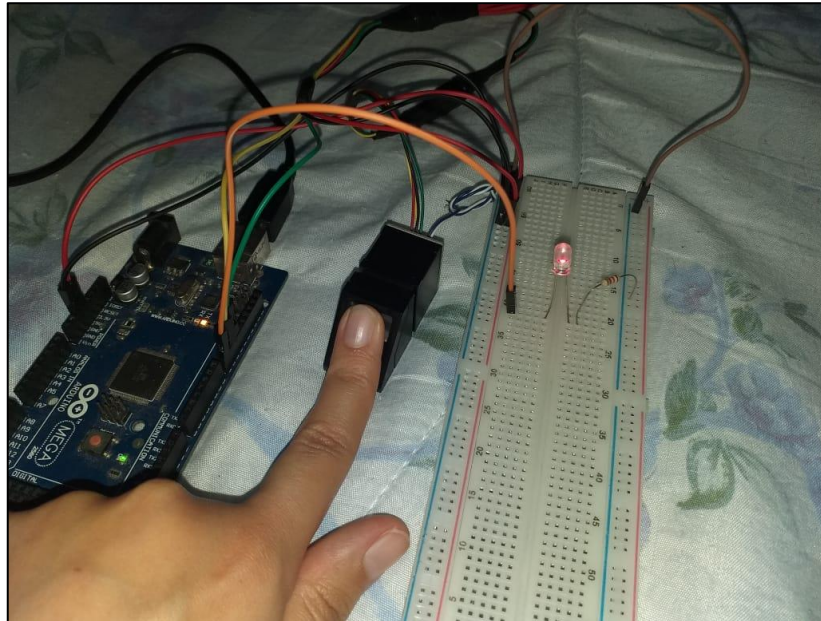
Figura 32 - Parte lógica teste sensor biométrico

```
void loop()
{
  sinal = getFingerprintIDez();
  if(sinal == -1){
    Serial.println("Digital não encontrada!");
    digitalWrite(led, LOW);
  }
  else{
    Serial.print("Encontrado ID #"); Serial.print(finger.fingerID);
    Serial.print(" com uma certeza de "); Serial.println(finger.confidence);
    digitalWrite(led, HIGH);
    delay(5000);
  }
  delay(500);
}
```

Fonte: Autoria própria

A Figura 33 apresenta o teste realizado no sensor biométrico.

Figura 33 - Circuito teste sensor



Fonte: Autoria própria.

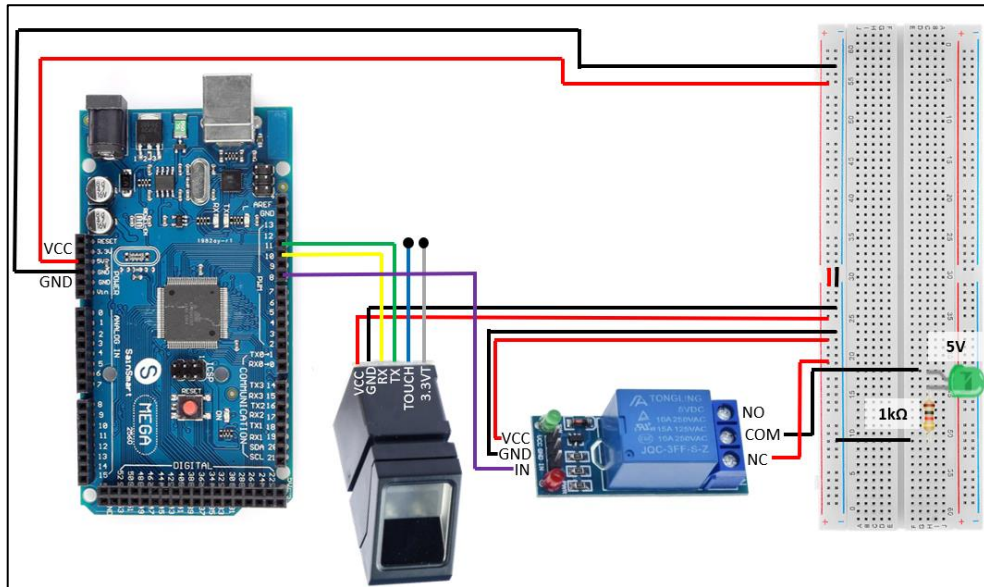
4.2 INSTALAÇÃO DO CIRCUITO ANTIFURTO NA MOTOCICLETA

Ao serem testados todos os componentes separadamente, foi necessário montar todo o sistema e o código completamente antes da instalação na motocicleta. Assim, a integração do sistema antifurto no veículo se deu em duas etapas que serão descritas a seguir.

4.2.1 Construção da parte lógica do sistema

Como foi dito anteriormente, o sistema antifurto permitirá que a motocicleta somente seja ligada após a identificação da biometria do condutor. Caso contrário o sistema irá cortar o sinal enviado para a bobina de ignição, o que cortará as centelhas da vela necessárias para o processo de combustão dentro do cilindro do motor. Assim, foi construído uma simulação do circuito completo do sistema, como ilustrado na Figura 34.

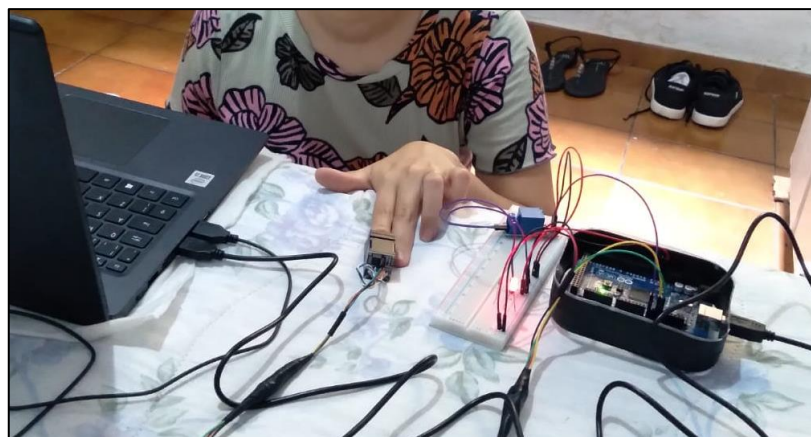
Figura 34 - Esquema do circuito teste do sistema antifurto completo



Fonte: Adaptado de Sain Smart, Casa da Robótica e Arduino e Cia, 2023.

Ao ligar o circuito montado, o contato NC do relé será ativado, o que cortará a passagem de energia para o LED, que representa a bobina de ignição. Ao ser identificada a biometria, o relé voltará ao seu estado original, o sensor não fará mais rotinas de leitura e o LED ficará aceso. Neste último estágio, o sistema de ignição funcionará normalmente e o condutor poderá ligar seu veículo. O Anexo B apresenta o código completo utilizado na construção do sistema. A Figura 35 apresenta o teste realizado.

Figura 35 - Teste circuito completo

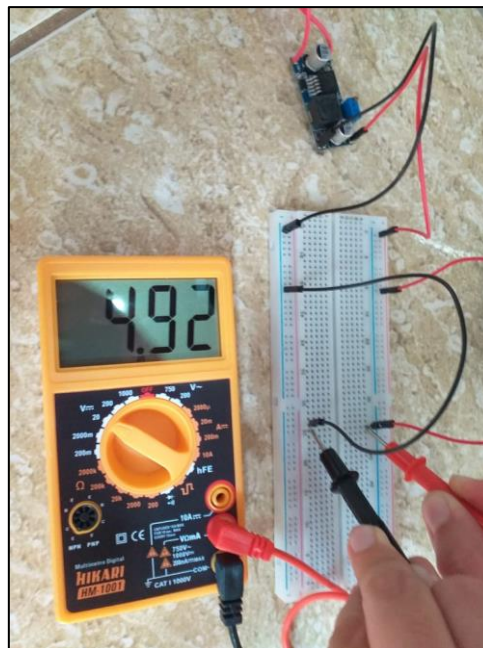


Fonte: Autoria própria.

4.2.2 Instalação na motocicleta

Com a parte lógica montada e já escrita no microcontrolador, foi necessário integrar todo o sistema na motocicleta. Primeiro foi necessário adequar a alimentação de energia da motocicleta para o sistema através de um regulador de tensão. Como a alimentação padrão de motocicletas são de 12V e todos os componentes do sistema antifurto atuam em 5V, foi necessário o uso do regulador de tensão LM2596 para a alimentação do circuito. A Figura 36 apresenta a real alimentação do sistema após os devidos ajustes.

Figura 36 - Medição saída do regulador de tensão.



Fonte: Autoria própria.

Logo após foi necessário localizar o conector dos fios da ECU para a bobina de ignição, onde este sinal será utilizado como a condicional de acionamento da motocicleta. Após localizado o conector, foi realizado ligação direta em um dos lados do conector e no outro foram colocados os contatos do módulo relé. A Figura 37 apresenta a ligação realizada.

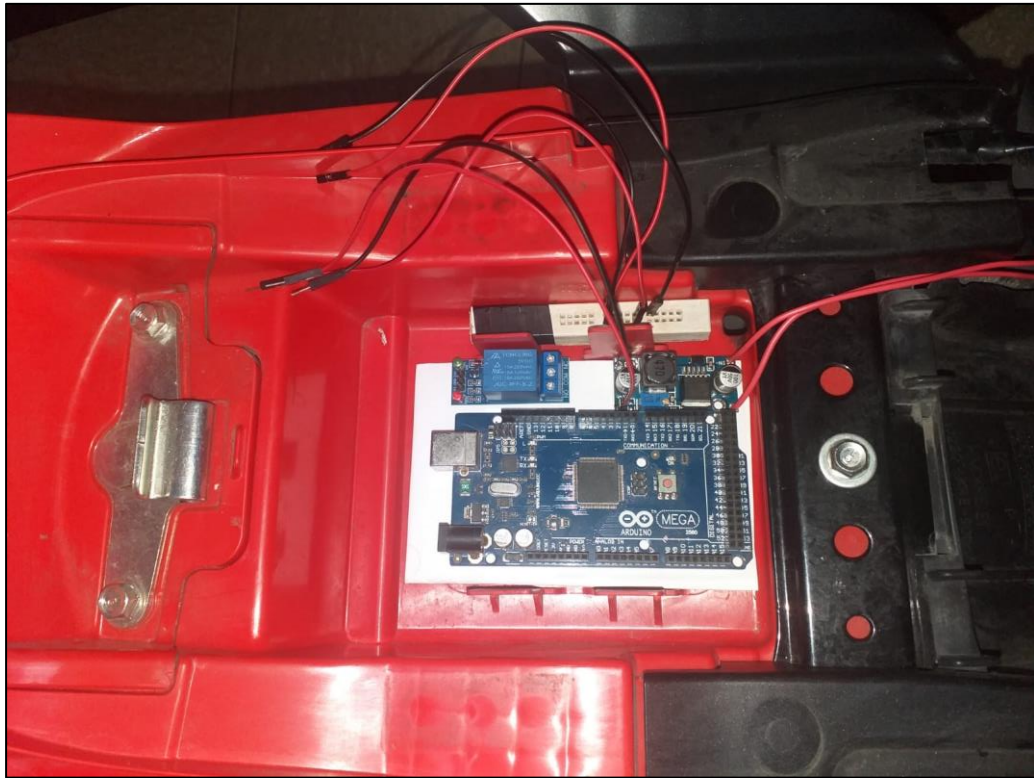
Figura 37 - Conexão do relé ao sistema de ignição



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, foi necessário localizar o local da instalação do sistema na motocicleta. Este local foi definido abaixo do assento, onde o espaço possibilitava colocar todos os componentes e onde poderiam ficar seguros. A Figura 38 apresenta a disposição dos componentes no local debaixo do assento.

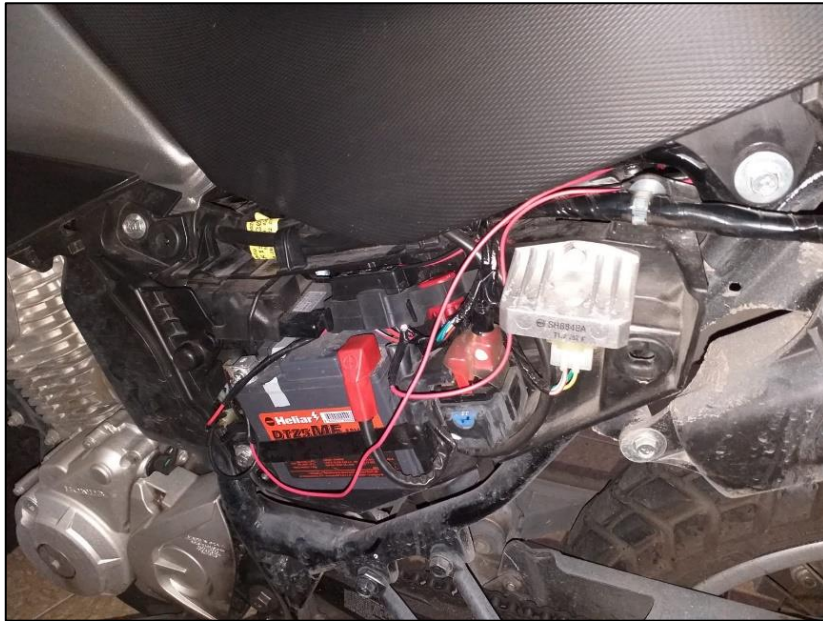
Figura 38 - Local de instalação dos componentes



Fonte: Autoria própria.

Logo após foi necessário tirar as medidas de todos os fios e realizar as ligações, bem como a fixação do sensor biométrico no guidão da motocicleta. Para isso foi necessário remover as tampas laterais direita e esquerda da motocicleta. Foram então medidos e fixados os fios de alimentação da bateria para o sistema, os fios do relé em série com a ECU e a bobina de ignição e, por último, os fios do sistema para o sensor biométrico. As Figuras 39, 40 e 41 apresentam o resultado, onde os fios vermelhos representam o sistema antifurto.

Figura 39 - Fios de alimentação do sistema relé



Fonte: Autoria própria.

Figura 40 - Disposição dos fios do sistema na motocicleta



Fonte: Autoria própria.

Figura 41 - Sensor biométrico fixo no guidão



Fonte: Autoria própria.

Ao finalizar a etapa da disposição dos fios na motocicleta e realizado todas as ligações, foram colocados de volta as tampas laterais direita e esquerda, bem como o assento. O resultado da instalação é apresentado na Figura 42.

Figura 42 - Sistema antifurto instalado



Fonte: Autoria própria.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste tópico são expostos os resultados após a instalação do sistema antifurto na motocicleta, bem como uma análise de custo em comparação com outros dispositivos antifurtos de mercado, além da relevância do trabalho para a sociedade.

5.1 SISTEMA INTEGRADO A MOTOCICLETA

Após a instalação e montagem final, a moto foi ligada para o teste final do sistema. Ao girar a chave da motocicleta para ligar o veículo, o sistema antifurto também foi ligado, o contato NC do relé foi aberto e o sensor biométrico foi ativado iniciando assim suas leituras.

Ao tentar ligar a motocicleta sem a devida leitura e identificação da biometria cadastrada, não foi possível o funcionamento do sistema de ignição da moto sem os sinais enviados da ECU para a bobina de ignição, e conseqüentemente não foi possível o acionamento do motor da motocicleta. Ao realizar a leitura e identificada a biometria, o contato NC do relé voltou ao seu estado original.

Ao acionar o contato de partida, a motocicleta então pôde ser ligada e o sensor encerrou suas rotinas de leitura. Ao desligar a motocicleta por completo e liga-la novamente, todo o sistema iniciou todo o processo de reconhecimento biométrico novamente para permitir o acionamento da motocicleta outra vez. A Figura 43 apresenta a motocicleta ligada após o reconhecimento biométrico.

Figura 43 - Motocicleta ligada após reconhecimento biométrico



Fonte: Autoria própria.

5.2 ANÁLISE DE CUSTOS

A Tabela 4 a seguir apresenta os custos de cada componente adquirido para a construção do projeto.

Tabela 4 - Custos do Projeto

Item	Classificação	Quantidade	Unidade	Custo em R\$
Arduino Atmega 2560	Projeto	1	componente	R\$ 140,00
Regulador de Tensão LM2596	Projeto	1	componente	R\$ 16,00
Módulo Relé 5V 10A	Projeto	1	componente	R\$ 15,00
Sensor Leitor Biométrico R307	Projeto	1	componente	R\$ 120,00
Fios de 0,5 mm ²	Projeto	6	metro	R\$ 9,00
Fios de 0,75 mm ²	Projeto	6	metro	R\$ 10,80
Conectores	Projeto	6	componente	R\$ 3,60
Arame de solda	Consumo	1	tubo	R\$ 12,00
Ferro de Solda	Consumo	1	componente	R\$ 65,00
Fita Isolante	Consumo	1	componente	R\$ 12,00
Multímetro	Consumo	1	componente	R\$ 67,00

O custo total do projeto aplicado, considerando os itens de projeto (itens aplicados na instalação) e os itens de consumo (itens necessários na construção do projeto e não na aplicação em si), tem-se o de R\$ 471,40. Considerando somente os custos dos itens de projeto, que são os itens aplicados na instalação do sistema na motocicleta, tem-se o valor de R\$ 314,40. A Tabela 5 apresenta uma comparação entre o custo do projeto aplicado em relação aos custos de outros equipamentos antifurtos aplicados na motocicleta:

Tabela 5 - Sistemas Antifurtos mais utilizados em motocicletas

Sistema Antifurto	Custo
Rastreador	R\$ 520,00
Sistema com sensor biométrico	R\$ 314,40
Alarme	R\$ 250,00
Trava Manete	R\$ 180,00
Trava Disco	R\$ 75,00
Trava Guidão	R\$ 30,00

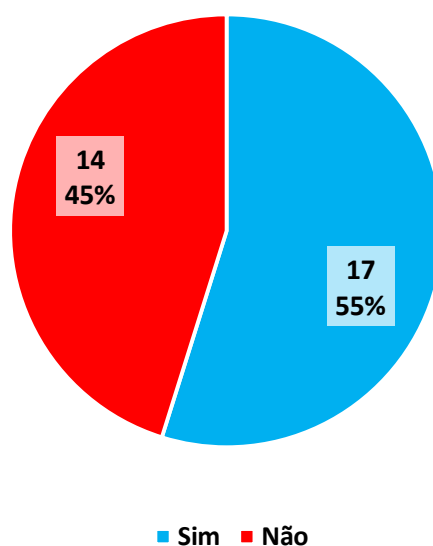
Tendo em vista o valor médio de mercado de cada componente (para o rastreador foi calculado um ano de uso) e fazendo um comparativo com os outros dispositivos antifurtos de mercado, nota-se que o projeto desenvolvido apresenta o segundo maior custo. No entanto,

levando em consideração que o projeto realizado foi construído não levando em consideração os componentes aplicáveis de menor custo, pode-se dizer que, caso o projeto seja destinado ao mercado, a construção do mesmo pode ter um custo menor do que o apresentado na Tabela 5. Outra vantagem é que o custo do projeto, caso fosse destinado ao mercado, seria somente um, não cabendo ao proprietário do veículo um pagamento mensal de manutenção, como no caso dos rastreadores.

5.3 PESQUISA DE MERCADO

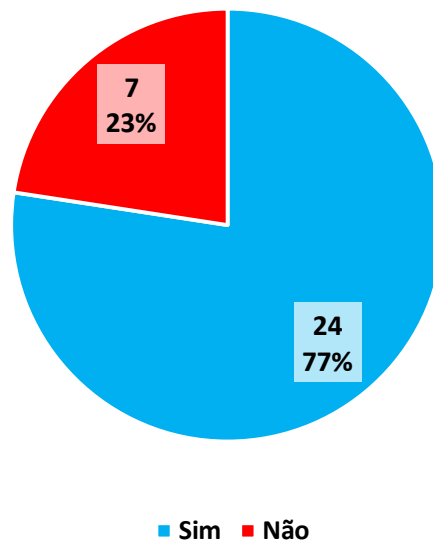
Na pesquisa realizada um total de 31 pessoas foram consultadas e elas responderam um total de cinco perguntas anonimamente. Na primeira pergunta, o Gráfico 1 apresenta que tanto as pessoas que possuem habilitação para dirigir uma motocicleta, representando 55% do total de pessoas que responderam, como as que não possuem responderam às perguntas.

Gráfico 1 – Você possui habilitação para dirigir uma motocicleta?



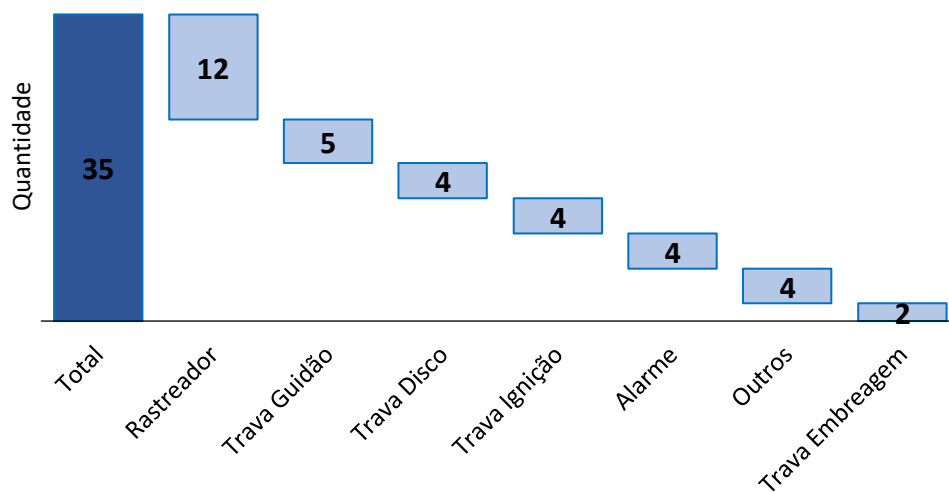
Na segunda pergunta, o Gráfico 2 indica que 77% dos entrevistados sabem dirigir motocicletas, apesar de nem todas serem habilitadas.

Gráfico 2 - Você possui uma motocicleta?



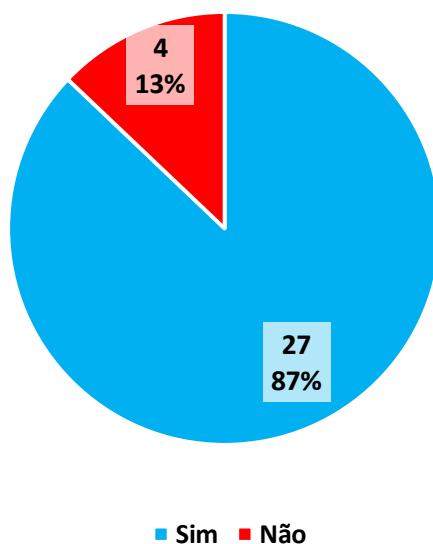
Na terceira pergunta, o Gráfico 3 exibi que muitas delas possuem uma preferência pelo rastreador, sendo possível utilizar mais de um desses antifurtos na motocicleta.

Gráfico 3 - Quais antifurtos você utiliza em sua motocicleta?



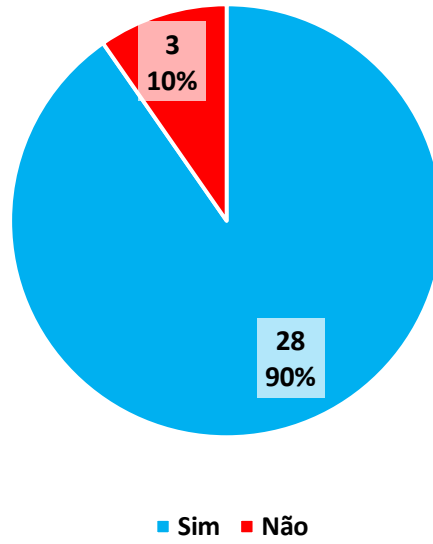
Na quarta pergunta, o Gráfico 4 apresenta que 87% dessas pessoas instalaria o novo sistema de reconhecimento biométrico, em que o veículo do proprietário poderia ser ligado somente com a sua digital.

Gráfico 4 - Se a sua moto só pudesse ser ligada com a sua biometria, você instalaria esse novo sistema?



Na quinta pergunta, o Gráfico 5 confirma que essas pessoas instalariam esse novo sistema antifurto pois o mesmo proporciona uma maior segurança ao seu veículo. Assim, com a entrevista feita e o trabalho desenvolvido, pôde-se verificar de forma efetiva a importância do trabalho para a sociedade.

Gráfico 5 - Você acha que o reconhecimento biométrico proporciona mais segurança ao seu veículo contra furtos?



CONCLUSÃO

O principal objetivo para este trabalho foi a construção de um sistema antifurto que promovesse ao condutor uma maior segurança ao seu veículo. Com o trabalho realizado através dos estudos dos principais sistemas da motocicleta, obtenção dos componentes necessários para a construção do sistema antifurto e testes concluídos até a formatação e instalação de todo o projeto, o sistema permite que somente o condutor utilize seu veículo através de seu reconhecimento biométrico e impede que outras pessoas possam vir a ligar e manusear a motocicleta.

Foi apresentado no referencial teórico os principais conceitos utilizados para o desenvolvimento do projeto e implantação do sistema. Dentre eles são: conceitos básicos de funcionamento de uma motocicleta, bem como seus principais sistema, principais dispositivos antifurtos já utilizados pelos motociclistas, apresentando suas principais vantagens e desvantagens, conceitos sobre o que é um microcontrolador e quais as suas principais partes para o seu funcionamento, e por fim, o que é um sensor biométrico e como ocorre o seu funcionamento.

Para a construção do projeto foram realizados uma série de teste, primeiro com todos os componentes separados para a verificação de seu funcionamento: microcontrolador Arduino, módulo relé e sensor biométrico. Em seguida foi construído todo o circuito do sistema antifurto para o desenvolvimento da parte lógica de programação, onde foram definidas as variáveis de leituras da biometria e variável de escrita do módulo relé. Logo após, foi feita a instalação de todo o sistema em uma motocicleta, onde foi preciso definir o local onde seriam fixados os componentes, medir os fios de conexão para ajustar o tamanho ideal dos mesmo e fixar os componentes e fios no chassi da motocicleta.

Avaliando os resultados obtidos e comparando com o objetivo inicial do projeto, que foi o de construir um sistema antifurto para motocicletas, pode-se considera-los satisfatórios, uma vez que foi possível:

- a) Garantir que a motocicleta somente entre em funcionamento apenas com a biometria do condutor;
- b) Construir o projeto com custo comparável aos sistemas de mercado já existentes;

- c) Proporcionar uma maior segurança ao veículo, tendo em vista os resultados da entrevista realizada.

Por fim, sugere-se uma continuidade deste trabalho, aproveitando não somente os sistemas elétricos de ignição e sistema de partida para a integração do antifurto desenvolvido, como também o sistema mecânico de freio e a comunicação com dispositivos móveis já utilizadas pelos rastreadores, para melhorias e expansão das funcionalidades do sistema antifurto, eliminando assim qualquer possibilidade de roubos e inibindo com maior eficácia ações de furtos ao veículo do condutor.

REFERÊNCIAS

GOVBR. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2022. PNAD Contínua – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. Disponível em: < https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9173-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-trimestral.html?=&t=series-historicas&utm_source=landing&utm_medium=explica&utm_campaign=desemprego >

Acesso em: 03 jan. 2023.

DOUTOR IE. **Blog Doutor IE**, 2017. Sensor de Rotação Indutivo: o que é, como funciona e como testa. Disponível em: < <https://www.doutorie.com.br/blog/sensor-magnetico-indutivo-ou-de-relutancia-variavel-principio-de-funcionamento/> > Acesso em: 17 jan. 2023.

RABELO, Laerte. Sensor CKP e CMP: entenda como funcionam. **Simplo**, 2020. Disponível em: < <https://blog.simplusbr.com/sensor-ckp-e-cmp/#:~:text=Este%20sensor%20informa%20para%20o,c%C3%A1culo%20de%20in%C3%ADcio%20de%20inje%C3%A7%C3%A3o> > Acesso em: 17 jan. 2023.

CANAL DA PEÇA SA. **Blog Canal da Peça**, 2023. Como funciona o sensor de velocidade?. Disponível em: < <https://www.canaldapeca.com.br/blog/como-funciona-o-sensor-de-velocidade-2/> > Acesso em: 17 jan. 2023.

CARNEIRO, Alexandre. O que é sensor de temperatura? Entenda a função dessa peça. **Uol**, 2019. Disponível em: < <https://autopapo.uol.com.br/noticia/sensor-de-temperatura-o-que-e/> > Acesso em: 17 jan. 2023.

QUAL é a função do sensor MAP?. **Gauss**, 2021. Disponível em: < <https://gauss.com.br/tecgauss/linha-injecao/qual-a-funcao-do-sensor-map/> > Acesso em: 17 jan. 2023.

SISTEMA PGM-FI – Introdução. **ArirogerFM**, 2012. Disponível em: < <https://arirogerfm.wordpress.com/2012/05/02/sistema-pgm-fi-introducao/> > Acesso em: 17 jan. 2023.

SEBASTIÃO, Sérgio. Quais as funções do motor de partida?. **TodasAsRespostas**, 2022. Disponível em: < <https://todasasrespostas.pt/quais-as-funcoes-do-motor-de-partida#:~:text=O%20motor%20de%20partida%20transforma%20a%20energia%20el%C3%A9trica,das%20pe%C3%A7as%20internas%2C%20como%20pist%C3%B5es%2C%20bielas%20e%20virabrequim> > Acesso em: 04 fev. 2023.

MIXAUTO CENTER. **Blog MixAuto**, s.d. O que é e como funciona o sistema de ignição. Disponível em: < <https://blog.mixauto.com.br/o-que-e-e-como-funciona-o-sistema-de-ignicao/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20o%20sistema%20de%20igni%C3%A7%C3%A3o%20O,antigos%29%2C%20cabos%20de%20velas%20e%20velas%20de%20igni%C3%A7%C3%A3o> > Acesso em: 04 fev. 2023.

LUCIANO, Glauber. Motor de quatro tempos. **Infoescola**, c2006. Disponível em: < <https://www.infoescola.com/termodinamica/motor-de-quatro-tempos/> > Acesso em: 04 fev. 2023.

ANTIFURTO para motos: conheça os mais usados. **Decla Track**, 2020. Disponível em: < <https://declatrack.com.br/blog/motos/antifurto-para-motos-conheca-os-mais-usados/2020/08/> > Acesso em: 04 fev. 2023.

PANTANEIRO CAPAS. **Pantaneiro**, 2021. Alarme para moto: como funciona e por que investir. Disponível em: < <https://blog.pantaneirocapas.com.br/alarme-para-moto/#:~:text=Como%20funciona%20o%20alarme%20para%20moto%3F%20A%20fun%C3%A7%C3%A3o,est%C3%A1%20por%20perto%2C%20inibindo%20a%20a%C3%A7%C3%A3o%20dos%20malfeitores> > Acesso em: 04 fev. 2023.

BREQUE FREIOS. **Breque Auto Freios**, c2023. Tipos de disco de freios. Disponível em: < <https://freiosbreque.com.br/disco-de-freio-solido-ou-ventilado/> > Acesso em: 04 fev. 2023.

RODRIGO. Unidade Lógica Aritmética (ALU): Definição, Design e Função. **EstudyAndo**, c2020. Disponível em: < <https://pt.estudyando.com/unidade-logica-aritmetica-alu-definicao-design-e-funcao/#:~:text=Uma%20unidade%20l%C3%B3gica%20aritm%C3%A9tica%20%28ALU%29%20%20%20%20%20um%20circuito,CPU%20modernas%20cont%C3%AAm%20ALUs%20muito%20poderosas%20e%20complexas> > Acesso em: 18 fev. 2023.

CARVALHO, Édilus; SILVA Ronaldo. **Microcontroladores**. Ouro Preto: e-Tec, 2013.

KERSCHBAUMER, Ricardo. **Microcontroladores**. Luzerna: ifc, 2018.

MILLS, Matt. Como funciona e o que é a unidade de controle de um processador. **Itigic**, 2020. Disponível em: < <https://itigic.com/pt/how-does-and-what-is-the-control-unit-of-a-processor/> > Acesso em: 18 fev. 2023.

AUTHOR. Para que servem os registradores em uma CPU?. **ConselhorRápidos**, 2021. Disponível em: < <https://conselhosrapidos.com.br/para-que-servem-os-registradores-em-uma-cpu/> > Acesso em: 18 fev. 2023.

LIBRARY. **Library**, s.d. Tipos de memória existentes em microcontroladores. Disponível em: < <https://library.org/article/tipos-de-mem%C3%B3rias-existent-em-microcontroladores.qvj6wrdq> > Acesso em: 18 fev. 2023.

ADMIN. Microcontrolador (MCU). **Rencana**, 2021. Disponível em: < <https://rencanaringgit.com/pt/microcontrolador-mcu->

[portugu%C3%AAs/#:~:text=Mem%C3%B3ria%20%E2%80%94%20Uma%20mem%C3%B3ria%20do%20microcontrolador%20%C3%A9%20usada,prazo%20sobre%20as%20instru%C3%A7%C3%B5es%20que%20a%20CPU%20executa](#) > Acesso em: 18 fev. 2023.

SOUZA, Fábio. Introdução ao Arduino – Primeiros passos na plataforma. **Embarcados**, 2014. Disponível em: < <https://embarcados.com.br/arduino-primeiros-passos/> > Acesso em: 04 mar. 2023.

SOUZA, Fábio. Arduino MEGA 2560. **Embarcados**, 2014. Disponível em: < <https://embarcados.com.br/arduino-mega-2560/> > Acesso em: 04 mar. 2023.

GEBERT, Matheus. Leitor biométrico Arduino: Sistema de cadastramento e leitura de digitais. **Usinainfo**, 2016. Disponível em: < <https://www.usinainfo.com.br/blog/leitor-biometrico-arduino-sistema-de-cadastramento-e-leitura-de-digitais/> > Acesso em: 04 mar. 2023.

RABELO, Laerte. Sistema de ignição: qual a sua função e como funciona. **Simplo**, 2021. Disponível em: < <https://blog.simplusbr.com/sistema-de-ignicao/#:~:text=A%20fun%C3%A7%C3%A3o%20do%20sistema%20de%20igni%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20transformar,centelha%20para%20iniciar%20a%20queima%20da%20mistura%20ar-combust%C3%ADvel> > Acesso em: 04 mar. 2023.

RABELO, Laerte. Sensor CKP e CMP: entenda como funcionam. **Simplo**, 2020. Disponível em: < <https://blog.simplusbr.com/sensor-ckp-e-cmp/#:~:text=Sensor%20de%20rota%C3%A7%C3%A3o%20%28CKP%29%20indutivo%3A%20como%20funciona%20O,roda%20f%C3%B4nica%2C%20oscila%C3%A7%C3%B5es%20derivadas%20da%20varia%C3%A7%C3%A3o%20de%20entreferro> > Acesso em: 04 mar. 2023.

ANEXO A – CÓDIGO DE CADASTRAMENTO DE DIGITAIS

```
#include <Adafruit_Fingerprint.h>

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial(10, 11);

Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&mySerial);

uint8_t id;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);
  delay(100);
  Serial.println("\n\nAdafruit Cadastramento da biométrico no sensor");

  finger.begin(57600);

  if (finger.verifyPassword()) {
    Serial.println("Sensor Biométrico Encontrado!");
  } else {
    Serial.println("Sensor Biométrico não encontrado :(");
    while (1) { delay(1); }
  }
}

uint8_t readnumber(void) {
  uint8_t num = 0;

  while (num == 0) {
    while (! Serial.available());
    num = Serial.parseInt();
  }
  return num;
}

void loop()
{
  Serial.println("Pronto para cadastrar uma biometria!");
  Serial.println("Favor digitar o ID # (from 1 to 127) no qual se deseja
salvar a biometria...");
  id = readnumber();
  if (id == 0) { // ID #0 não permitido, tente outra vez!
    return;
  }
  Serial.print("Cadastrando no ID #");
  Serial.println(id);

  while (! getFingerprintEnroll() );
}

uint8_t getFingerprintEnroll() {
  int p = -1;
```

```

    Serial.print("Esperando por uma biometria válida para cadastrar no #");
    Serial.println(id);
    while (p != FINGERPRINT_OK) {
        p = finger.getImage();
        switch (p) {
            case FINGERPRINT_OK:
                Serial.println("Imagem coletada");
                break;
            case FINGERPRINT_NOFINGER:
                Serial.println(".");
                break;
            case FINGERPRINT_PACKETRECIWEERR:
                Serial.println("Erro de comunicação");
                break;
            case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
                Serial.println("Erro de Imagem");
                break;
            default:
                Serial.println("Erro desconhecido");
                break;
        }
    }

    // OK sucesso!
    p = finger.image2Tz(1);
    switch (p) {
        case FINGERPRINT_OK:
            Serial.println("Imagem Convertida");
            break;
        case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
            Serial.println("Imagem muito embaçada");
            return p;
        case FINGERPRINT_PACKETRECIWEERR:
            Serial.println("Erro de comunicação");
            return p;
        case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
            Serial.println("Não foi possível encontrar características da
impressão digital");
            return p;
        case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
            Serial.println("Não foi possível encontrar características da
impressão digital");
            return p;
        default:
            Serial.println("Erro desconhecido");
            return p;
    }

    Serial.println("Retire o dedo");
    delay(2000);
    p = 0;
    while (p != FINGERPRINT_NOFINGER) {
        p = finger.getImage();
    }
    Serial.print("ID "); Serial.println(id);
    p = -1;
    Serial.println("Coloque o mesmo dedo novamente");
    while (p != FINGERPRINT_OK) {
        p = finger.getImage();
        switch (p) {
            case FINGERPRINT_OK:

```

```

        Serial.println("Imagem coletada");
        break;
    case FINGERPRINT_NOFINGER:
        Serial.print(".");
        break;
    case FINGERPRINT_PACKETRECIWEERR:
        Serial.println("Erro de comunicação");
        break;
    case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
        Serial.println("Erro de Imagem");
        break;
    default:
        Serial.println("Erro desconhecido");
        break;
    }
}

// OK sucesso!
p = finger.image2Tz(2);
switch (p) {
    case FINGERPRINT_OK:
        Serial.println("Imagem Convertida");
        break;
    case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
        Serial.println("Imagem muito embaçada");
        return p;
    case FINGERPRINT_PACKETRECIWEERR:
        Serial.println("Erro de comunicação");
        return p;
    case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
        Serial.println("Não foi possível encontrar características da
impressão digital");
        return p;
    case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
        Serial.println("Não foi possível encontrar características da
impressão digital");
        return p;
    default:
        Serial.println("Erro desconhecido");
        return p;
}

// OK convertido!
Serial.print("Criando um modelo para #"); Serial.println(id);

p = finger.createModel();
if (p == FINGERPRINT_OK) {
    Serial.println("As impressões digitais batem!");
} else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECIWEERR) {
    Serial.println("Erro de comunicação");
    return p;
} else if (p == FINGERPRINT_ENROLLMISMATCH) {
    Serial.println("Impressões digitais não batem");
    return p;
} else {
    Serial.println("Erro de comunicação");
    return p;
}

Serial.print("ID "); Serial.println(id);
p = finger.storeModel(id);

```

```
if (p == FINGERPRINT_OK) {  
    Serial.println("Salvo!");  
} else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR) {  
    Serial.println("Erro de comunicação");  
    return p;  
} else if (p == FINGERPRINT_BADLOCATION) {  
    Serial.println("Não foi possível armazenar neste local");  
    return p;  
} else if (p == FINGERPRINT_FLASHERR) {  
    Serial.println("Erro de escrita na memória");  
    return p;  
} else {  
    Serial.println("Erro desconhecido");  
    return p;  
}  
}
```

ANEXO B – CÓDIGO SISTEMA ANTIFURTO

```
#include <Adafruit_Fingerprint.h>

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial(10, 11);

Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&mySerial);

int sinal;
int rele = 8;

void setup()
{
  pinMode(rele, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);
  delay(100);
  Serial.println("\n\nTeste de detecção de biometria Adafruit");
  finger.begin(57600);

  if (finger.verifyPassword()) {
    Serial.println("Sensor Biométrico encontrado!");
  } else {
    Serial.println("Sensor Biométrico NÃO encontrado :(");
    while (1) { delay(1); }
  }

  finger.getTemplateCount();
  Serial.print("O sensor contém "); Serial.print(finger.templateCount);
  Serial.println(" modelos");
  Serial.println("Esperando por uma biometria válida...");
}

void loop()
{
  sinal = getFingerprintIDez();
  if(sinal == -1){
    Serial.println("Digital não encontrada!");
    digitalWrite(rele, LOW);
  }
  else{
    Serial.print("Encontrado ID #"); Serial.print(finger.fingerID);
    Serial.print(" com uma certeza de ");
    Serial.println(finger.confidence);
    while(1){
      digitalWrite(rele, HIGH);
    }
  }
  delay(500);
}

uint8_t getFingerprintID() {
  uint8_t p = finger.getImage();
  switch (p) {
    case FINGERPRINT_OK:
```

```

        Serial.println("Imagem coletada");
        break;
    case FINGERPRINT_NOFINGER:
        Serial.println("Biometria não detectada");
        return p;
    case FINGERPRINT_PACKETRECI EVEERR:
        Serial.println("Erro de comunicação");
        return p;
    case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
        Serial.println("Erro de imagem");
        return p;
    default:
        Serial.println("Erro desconhecido");
        return p;
}

// OK sucesso!
p = finger.image2Tz();
switch (p) {
    case FINGERPRINT_OK:
        Serial.println("Imagem convertida");
        break;
    case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
        Serial.println("Imagem muito embaçada");
        return p;
    case FINGERPRINT_PACKETRECI EVEERR:
        Serial.println("Erro de comunicação");
        return p;
    case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
        Serial.println("Não foi possível encontrar características da
impressão digital");
        return p;
    case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
        Serial.println("Não foi possível encontrar características da
impressão digital");
        return p;
    default:
        Serial.println("Erro desconhecido");
        return p;
}

// OK convertido!
p = finger.fingerFastSearch();
if (p == FINGERPRINT_OK) {
    Serial.println("Encontrado a impressão na memória!"); //Found a print
match!
} else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECI EVEERR) {
    Serial.println("Erro de comunicação");
    return p;
} else if (p == FINGERPRINT_NOTFOUND) {
    Serial.println("Não encontrado uma impressão na memória"); //Did not
find a match
    return p;
} else {
    Serial.println("Erro de comunicação");
    return p;
}

// encontrado um modelo!
Serial.print("Encontrado ID #"); Serial.print(finger.fingerID);
Serial.print(" com uma certeza de "); Serial.println(finger.confidence);

```

```

    return finger.fingerID;
}

// retorna -1 se falhar, caso contrário retorna ID #
int getFingerprintIDez() {
    uint8_t p = finger.getImage();
    if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;

    p = finger.image2Tz();
    if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;

    p = finger.fingerFastSearch();
    if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;

    // found a match!
    Serial.print("Found ID #"); Serial.print(finger.fingerID);
    Serial.print(" with confidence of "); Serial.println(finger.confidence);
    return finger.fingerID;
}

```