



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Desenvolvimento de uma Urna Electrónica
e do Software de Escrutínio em Tempo Real**

Trabalho de Licenciatura

Shyam Kauxique Maganlal

**Supervisora: Mestre Roxan Cadir, Eng.^a
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)**

Co-Supervisores: Doutor Milagre Alfredo Manhique, Eng.^o

Maputo, Agosto 2025



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Desenvolvimento de uma Urna Electrónica e do
Software de Escrutínio em Tempo Real**

Trabalho de Licenciatura

Shyam Kauxique Maganlal

**Supervisora: Mestre Roxan Cadir, Eng.^a
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)**

Co-Supervisores: Doutor Milagre Alfredo Manhique, Eng.^o

Maputo, Agosto 2025

SHYAM KAUXIQUE MAGANLAL

Desenvolvimento de uma Urna Electrónica e do Software de Escrutínio em Tempo Real

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Electrotécnica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane – como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciatura em Engenharia Electrónica.

Supervisor: Mestre Roxan Cadir, Eng.^a
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)
Co-Supervisor: Doutor Milagre Alfredo Manhique, Eng.^o

Maputo, Agosto 2025

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DO TL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante Shyam Kauxique Maganlal
entregou no dia ___/___/20___ as _____ cópias do relatório do seu Trabalho de
Licenciatura com a referência: _____
intitulado: Desenvolvimento de uma Urna Electrónica e do Software de Escrutínio em
Tempo Real

Maputo, _____ de _____ de 20_____

O Chefe de Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro sobre palavra de honra que o trabalho apresentado neste relatório é original e foi integralmente desenvolvido por mim com base nos meus conhecimentos e com ajuda de recursos devidamente mencionados e referenciados ao longo deste documento de forma criteriosa.

EPÍGRAFE

*O que você escolhe fazer hoje, tem o poder de mudar o seu
amanhã...*

M. Pires

DEDICATÓRIA

A meus pais, Kauxique Maganlal e Smita Maganlal, aos meus irmãos Parth Kauxique Gohil e Bhoomi Kauxique Gohil, demais familiares, e a todos que deste trabalho se vão beneficiar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder saúde e resiliência para completar este ciclo.

Agradeço imensuravelmente a meus pais, Kauxique Maganlal e Smita Maganlal que deram tudo de si para prover condições financeiras, ambientais e emocionais para que fosse possível levar a cabo a minha carreira acadêmica: o nome na finalização do curso é meu mas o mérito da formação é nosso. Junto deles, agradeço aos meus irmãos e demais familiares que foram sempre uma fonte de apoio, suporte e motivação.

Quero agradecer a minha supervisora Msc. Eng.^a Roxan Cadir, por um lado na posição de supervisora, que foi desde o início do trabalho uma boa orientadora, e por outro, como docente. Agradeço por toda orientação e incentivo em investir na minha carreira profissional.

A todos meus amigos que contribuíram com motivações e suporte, meu muito obrigado. E por fim, não de longe menos importante, agradeço à comunidade acadêmica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, especialmente o seu corpo docente que foram um pilar no seio da minha formação.

RESUMO

Desenvolvimento de uma Urna Electrónica e do Software de Escrutínio em Tempo Real

Este projecto concentrou-se no desenvolvimento de uma plataforma de votação electrónica inteligente, destinada a aprimorar o monitoramento e o controle de fraudes em processos eleitorais. A solução integra tecnologias avançadas de autenticação biométrica e reconhecimento facial, em conjunto com uma interface web interativa e um sistema de comunicação em tempo real, visando garantir a segurança e a integridade do pleito. O protótipo criado possibilita a verificação rigorosa da identidade do eleitor por meio da leitura de QR Code e da validação facial, assegurando que apenas eleitores registrados e autenticados possam exercer o direito ao voto. Além da autenticação, a plataforma oferece aos gestores eleitorais ferramentas de acompanhamento detalhado de cada etapa do processo, desde o cadastro dos eleitores até a apuração dos votos, promovendo transparência e controle em tempo real.

Um destaque do sistema é a capacidade de registrar votos instantaneamente e realizar análises automatizadas dos padrões eleitorais, fornecendo insights valiosos para identificar possíveis irregularidades ou tendências durante o pleito. A geração de relatórios automáticos — contendo dados estatísticos completos sobre a votação, distribuição de votos por candidato e por partido, além de indicadores de participação — contribui para uma tomada de decisão mais informada e embasada.

A metodologia adoptada para a elaboração do relatório envolveu a colecta contínua de dados ao longo do processo eleitoral, com a aplicação de métricas específicas para avaliar a confiabilidade e a integridade das informações obtidas. O cálculo de pontuações e indicadores quantitativos baseou-se em critérios ponderados, possibilitando um monitoramento preciso do desempenho e da segurança do sistema.

Os resultados obtidos evidenciam que a integração entre biometria, reconhecimento facial assistido por inteligência artificial e análise de dados em tempo real é uma abordagem eficaz para modernizar o sistema eleitoral, assegurando escalabilidade, segurança e confiabilidade. Essa plataforma representa um avanço significativo no combate a fraudes, promovendo maior confiança dos eleitores e autoridades no processo democrático.

Palavras Chaves: Votação Electrónica, Autenticação biométrica, Reconhecimento facial, Segurança eleitoral, Monitoramento em tempo real, Controle de fraudes, Hardware, Software, Inteligência artificial, Integridade dos votos, Página *Web*, Transparência.

ABSTRACT

Desenvolvimento de uma Urna Eletrônica e do Software de Escrutínio em Tempo Real

This project focused on the development of an intelligent electronic voting platform aimed at enhancing the monitoring and control of fraud in electoral processes. The solution integrates advanced biometric authentication and facial recognition technologies, combined with an interactive web interface and a real-time communication system, to ensure the security and integrity of the election. The created prototype enables rigorous verification of voter identity through QR Code scanning and facial validation, ensuring that only registered and authenticated voters can exercise their right to vote. Beyond authentication, the platform provides election administrators with tools to closely monitor each stage of the process, from voter registration to vote tallying, promoting transparency and real-time control.

A key feature of the system is its ability to record votes instantly and perform automated analyses of electoral patterns, providing valuable insights to identify possible irregularities or trends during the election. The automatic generation of reports—including comprehensive statistical data on voting, vote distribution by candidate and party, as well as participation indicators—supports more informed and evidence-based decision-making.

The methodology adopted for the report involved continuous data collection throughout the electoral process, applying specific metrics to evaluate the reliability and integrity of the information obtained. The calculation of scores and quantitative indicators was based on weighted criteria, enabling precise monitoring of the system's performance and security.

The results demonstrate that the integration of biometrics, AI-assisted facial recognition, and real-time data analysis is an effective approach to modernize electoral systems, ensuring scalability, security, and reliability. This platform represents a significant advance in combating fraud, fostering greater trust among voters and authorities in the democratic process.

Keywords: Electronic Voting, Biometric Authentication, Facial Recognition, Electoral Security, Real-Time Monitoring, Fraud Control, Hardware, Software, Artificial Intelligence, Vote Integrity, *Web Page*, Transparency.

Índice de Conteúdo

Índice	xxiii
Lista de Figuras	xxvi
Lista de Acrónimos	xxxii
1 Introdução	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Formulação do problema	3
1.3 Pergunta de pesquisa.....	3
1.4 Delimitação	4
1.4.1 Temporal	4
1.4.2 Espacial	4
1.5 Justificativa.....	5
1.6 Objectivos.....	6
1.6.1 Objectivo Geral:	6
1.6.2 Objectivos Específicos:	6
1.7 Metodologia de investigação	6
1.8 Estrutura do trabalho	9
2 Revisão Teórica	10
2.1 Histórico e Contexto Eleitoral em Moçambique	10
2.1.1 Evolução do Sistema Eleitoral	10
2.1.2 Desafios Eleitorais Existentes	11
2.1.3 Necessidade de Modernização	13
2.2 Urna Electrónica e Software de Escrutínio em Tempo Real	15
2.2.1 Conceito de urna electrónica	15
2.2.2 Software de Escrutínio.....	15

2.3	Tecnologia Eleitoral em Outros Países	16
2.3.1	Histórico da Implementação das Urnas Electrónicas no Brasil	16
2.3.2	Vantagens e desvantagens antes da implementação	17
2.3.3	Vantagens e desvantagens depois da implementação	17
2.4	Microcontroladores	19
2.4.1	Arduino.....	20
2.4.2	Espressif Systems (ESP)	21
2.4.2.1	ESP8266	21
2.5	Microcomputador	21
2.5.1	Raspberry PI 5.....	22
2.6	Sistema Biométrico	23
2.6.1	Módulo Impressão Digital.....	24
2.6.2	Leitor Digital Persona	24
2.6.3	Comparação entre os tipos de Biometria.....	25
2.6.3.1	Reconhecimento por Íris	25
2.6.3.2	Reconhecimento Facial.....	26
2.6.3.3	Geometria da Mão	27
2.7	WebCam	28
2.8	Display.....	29
2.8.1	Módulo LCD 16x2 - I2C	29
2.8.2	Raspberry Pi Touch Display 2	30
2.9	Base de dados.....	31
2.9.1	Linguagem de Consulta Estruturada (SQL, Structured Query Language).....	32
2.9.2	NoSQL (Não apenas SQL)	33
2.10	MySQL e PostgreSQL.....	34
2.10.1	Vantagens do MySQL.....	35
2.10.2	Desvantagens do MySQL	36
2.10.3	Vantagens do PostgreSQL.....	36
2.11	API Face++	36
2.11.1	Funcionamento da API Face++.....	37
2.11.2	Integração com o Sistema de Votação	37
2.11.3	Vantagens da Utilização da API Face++.....	38

3	Desenvolvimento da Solução e Implementação do Protótipo	39
3.1	Desenvolvimento da Solução	39
3.1.1	Análise do Sistema Actual	39
3.1.2	Modelagem do Sistema Proposto.....	39
3.1.3	Descrição da Solução.....	40
3.2	Ferramentas Usadas Para o Desenvolvimento do Protótipo.....	41
3.2.1	Arduíno IDE.....	41
3.2.2	Visual Studio Code (VSCode)	41
3.3	Implementação do Protótipo.....	42
3.3.1	Solução.....	42
3.3.2	Hardware	43
3.3.2.1	Microcontrolador.....	44
3.3.2.2	Módulo ESP8266	45
3.3.2.3	Raspberry PI 5.....	46
3.3.2.4	Leitor Digital Persona	47
3.3.3	Arquitetura do Hardware do Protótipo	47
3.3.4	Software.....	48
3.3.4.1	Desenvolvimento da página Web	48
3.3.4.2	HTML	49
3.3.4.3	CSS.....	49
3.3.4.4	PHP.....	50
3.3.4.5	Relacionamento entre as Tabelas no Banco de Dados.....	50
3.4	Fluxo Conceitual da Urna Electrónica e do Escrutínio em Tempo Real	52
3.5	Arquitetura de Componentes do Sistema de Urna Eletrônica e Escrutínio em Tempo Real	53
3.6	Custos e Mão-de-obra.....	53
4	Testes e Validação	55
5	Conclusões e Recomendações	65
5.1	Conclusão	65
5.2	Dificuldades Encontradas	66
5.3	Recomendações	66
	Referências Bibliográficas	68

1	Códigos	1
1.1	Microcomputador	1
1.2	Página Web.....	3
1.2.1	Página Inicial.....	3
1.2.2	Cadastro do Eleitor	4
1.2.3	QR Code do Eleitor	4
1.2.4	Página de Verificação do Eleitor	5
1.2.5	Página de Visualização do Eleitor.....	6
1.2.6	Código de Reconhecimento Facial.....	6
1.2.7	Página de Votação.....	7
1.2.8	Página de Escrutínio em Tempo Real	7
1.2.9	Página de Administrador	8
1.2.10	Página de Listagem dos Funcionários	8
1.2.11	Página de Listagem dos Estudantes.....	9
1.2.12	Página de Relatório da Apuração dos Votos.....	9
1.3	Protótipo	10
1.4	Esquema Eléctrico	11

Lista de Figuras

1.1	Local de votação nas eleições gerais em Moçambique. Fonte: [https://news.un.org/pt/gallery/202301]	4
1.2	Localização geográfica da Faculdade de Engenharia. Fonte: [Google Maps, acessado em 2024]	5
2.1	Urna Electrónica. Fonte: [https://www.justicaeleitoral.jus.br/urna-eletronica]	15
2.2	Arduino Uno: Pin-out. Fonte: [Arduino Uno Pinout Guide - Hackatronic]	20
2.3	ESP8266: Pin-out. Fonte: [ESP8266 Pinout Guide - ELETROGATE]	21
2.4	Raspberry PI 5: Pin-out. Fonte: [Raspberry PI 5 Pinout Guide - MCHobby]	23
2.5	Reconhecimento por impressão digital. Fonte: [Módulo Impressão Digital - https://blog.eletrogate.com]	24
2.6	Reconhecimento por impressão digital. Fonte: [Leitor Digital Personal - https://www.hidglobal.com/products/4500-fingerprint-reader]	25
2.7	Reconhecimento por Íris. Fonte: [Security Leaders]	26
2.8	Reconhecimento facial. Fonte: [Biometrics Ideal Test, http://biometrics.idealtest.org]	27
2.9	Identificação geométrica da mão. Fonte: [1]	27
2.10	WebCam. Fonte: [https://www.logitech.com/pt-br/products/webcams]	28
2.11	LCD 16x2 - I2C. Fonte: [Autor]	30
2.12	Raspberry Pi Touch Display 2. Fonte: [RaspberryPiTouchDisplay2024]	31
3.1	Diagrama da estrutura do protótipo. Fonte: Adaptado [Autor]	42
3.2	Fluxograma geral. Fonte: Adaptado [Autor]	43
3.3	Diagrama de hardware do protótipo. Fonte: [Autor]	44
3.4	Esquema de conexões do hardware do protótipo. Fonte: Adaptado pelo [Autor]	48

3.5	Diagrama da arquitectura da página Web do protótipo. Fonte: Adaptado pelo [Autor]	49
3.6	Diagrama UML do sistema de votação. Fonte: Adaptado pelo [Autor]	51
3.7	Diagrama conceitual do sistema de urna electrónica e escrutínio em tempo real. Fonte: Adaptado pelo [Autor]	52
3.8	Diagrama de arquitetura de componentes da urna electrónica e do sistema de escrutínio em tempo real. Fonte: Adaptado pelo [Autor]	53
4.1	Página inicial da Plataforma de Urna Electrónica e Escrutínio em Tempo Real. Fonte: [Autor]	56
4.2	Cadastro do funcionário na Web Page. Fonte: [Autor]	57
4.3	Actualização dos dados na base de dados. Fonte: [Autor]	57
4.4	Atribuição do QR Code após o cadastro do funcionário. Fonte: [Autor]	58
4.5	Página de visualização dos dados do funcionário. Fonte: [Autor]	58
4.6	Página de visualização da lista dos dados dos funcionários após os cadastros. Fonte: [Autor]	59
4.7	Cadastro do estudante na Web Page. Fonte: [Autor]	59
4.8	Actualização dos dados na base de dados. Fonte: [Autor]	60
4.9	Atribuição do QR Code após o cadastro do estudante. Fonte: [Autor]	60
4.10	Página de visualização dos dados do estudante. Fonte: [Autor]	61
4.11	Página de visualização da lista dos dados dos estudantes após os cadastros. Fonte: [Autor]	61
4.12	Página de verificação facial com confirmação de identidade. Fonte: [Autor]	62
4.13	Interface digital de selecção de candidatos para a eleição do Director da Faculdade de Engenharia. Fonte: [Autor]	62
4.14	Painel administrativo de Apuração Electrónica dos Votos em Tempo Real. Fonte: [Autor]	63
4.15	Visualização do relatório das eleições na página de administração. Fonte: [Autor]	63
4.16	Visualização do relatório após o término das eleições em PDF. Fonte: [Autor]	64
4.17	Planilha de apuramento de resultados com cálculo ponderado de votos. Fonte: [Autor]	64

1.1	Tela inicial do Raspberry Pi Imager, onde é selecionado o modelo do dispositivo (Raspberry Pi 5). Fonte: [Autor]	1
1.2	Tela de selecção do sistema operacional, mostrando diversas opções como Raspberry Pi OS 64-bit, 32-bit, entre outros. Fonte: [Autor]	2
1.3	Tela com o dispositivo e o sistema operacional já selecionados, aguardando a escolha do armazenamento. Fonte: [Autor]	2
1.4	Tela com o dispositivo, sistema operacional e armazenamento já selecionados, pronto para instalar. Fonte: [Autor]	3
1.5	Código da página inicial da plataforma. Fonte: [Autor]	3
1.6	Código do formulário de cadastro do eleitor. Fonte: [Autor]	4
1.7	Código para gerar QRCode do eleitor após o cadastro. Fonte: [Autor]	4
1.8	Código da página de verificação do registro do eleitor. Fonte: [Autor]	5
1.9	Código da página de visualização do eleitor após leitura do QR Code. Fonte: [Autor]	6
1.10	Código de reconhecimento facial para acesso a votação. Fonte: [Autor] .	6
1.11	Código da página de votação. Fonte: [Autor]	7
1.12	Código da página de contagem de votos. Fonte: [Autor]	7
1.13	Código da página do administrador. Fonte: [Autor]	8
1.14	Código da página de visualização dos funcionários dentro da administração. Fonte: [Autor]	8
1.15	Código da página de visualização dos estudantes dentro da administração. Fonte: [Autor]	9
1.16	Código da página de relatório de apuração dos votos dos funcionários e estudantes. Fonte: [Autor]	9
1.17	Ilustração do protótipo físico. Fonte: [Autor]	10
1.18	Circuito Eléctrico. Fonte: [Autor]	11

Lista de Tabelas

2.1	Comparação da Modernização do Sistema Eleitoral. Fonte: Adaptado de [OBSERVAÇÃO DAS ELEIÇÕES DE MOÇAMBIQUE] [3]	14
2.2	Comparação da tecnologia eleitoral noutros países. Fonte: Adaptado de [Autor]	18
2.3	Palavras chaves do SQL. Fonte: [17]	33
2.4	Diferenças entre SQL e NoSQL. Fonte: Adaptado de [Autor]	34
3.1	Critérios para a escolha do microcontrolador. Fonte: Adaptado [Autor]	45
3.2	Custo dos componentes do projecto. Fonte: Adaptado [Autor]	54

Lista de Acrónimos

- API** Interface de Programação de Aplicações - *Application Programming Interface*. 38
- CNE** Comissão Nacional de Eleições. 11
- CPU** Unidade Central de Processamento. 22
- CSS** Folhas de Estilo em Cascata - *Cascading Style Sheets*. 41
- DBMS** Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados - *Database Management System*.
31
- DSI** Interface Serial para Monitores - *Display Serial Interface*. 30
- FRELIMO** Frente de Libertação de Moçambique. 12
- GPU** Unidade de Processamento Gráfico. 22
- HTML** Linguagem de Marcação de HiperTexto - *HyperText Markup Language*. 41
- IoT** Internet das coisas. 19
- JSON** Notação de Objetos JavaScript - *JavaScript Object Notation*. 37
- MDM** Movimento Democrático de Moçambique. 11
- NoSQL** Não apenas Linguagem de Consulta Estruturada - *Not only Structured Query Language*. 33
- PCIe** Interconexão de Componentes Periféricos Expressa. 23
- PHP** Pré-processo de hipertexto - *Hypertext Preprocessor*. 50
- RAM** Memória de Acesso Aleatório - *Random Access Memory*. 22
- RENAMO** Resistência Nacional Moçambicana. 11
- SQL** Linguagem de Consulta Estruturada - *Structured Query Language*. 32

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização

A digitalização dos processos eleitorais tem se intensificado globalmente nas últimas décadas. Em 2000, cerca de 20 países utilizavam alguma forma de tecnologia para apoio ao processo eleitoral, enquanto em 2020 esse número subiu para mais de 50, abrangendo desde o recenseamento digital até a votação electrónica (IDEA, 2021). Na América Latina, países como Brasil e Argentina já utilizam urnas electrónicas em larga escala, enquanto em nações africanas, como Namíbia e Quénia, a adopção de tecnologias eleitorais ainda enfrenta desafios estruturais, como falta de infraestrutura digital e desconfiança da população.

Em Moçambique, o processo eleitoral é marcado por uma série de desafios logísticos e operacionais. O país possui uma extensão territorial de aproximadamente 801 mil km² e uma população de mais de 30 milhões de habitantes (INE, 2021), sendo que grande parte dos eleitores vive em áreas rurais com acesso limitado à infraestrutura digital. Porém, questões como dificuldades no transporte de urnas físicas, demora na contagem dos votos e suspeitas de irregularidades eleitorais são frequentemente apontadas como obstáculos para a credibilidade do sistema eleitoral. Em eleições anteriores, a contagem manual dos votos levou dias para ser concluída, aumentando a tensão política e social no período pós-eleitoral.

A implementação de urnas electrónicas e de um software de escrutínio em tempo real surge como uma alternativa para enfrentar esses desafios. Estudos indicam que sistemas electrónicos de votação podem reduzir o tempo de apuração dos votos em até 80% e minimizar erros humanos na contagem (Elections Technology Review, 2019). Con-

tudo, a transmissão digital dos resultados pode aumentar a transparência e reduzir as oportunidades de manipulação dos votos. No entanto, para que essa modernização seja bem-sucedida, é necessário garantir a confiabilidade do sistema, com auditorias independentes, mecanismos de segurança contra fraudes e um processo de implementação progressivo, adaptado à realidade moçambicana.

Nesse cenário, a introdução de urnas electrónicas e de um software de escrutínio em tempo real emergem como uma solução inovadora para modernizar e otimizar o processo eleitoral em Moçambique. Essas tecnologias prometem não só facilitar o processo de votação e contagem dos votos, mas também aumentar a transparência e a confiança pública nos resultados das eleições, enfrentando os desafios existentes e promovendo a estabilidade e legitimidade democrática no país.

1.2 Formulação do problema

O processo eleitoral em muitos países, especialmente aqueles com grande densidade populacional ou territórios extensos, tem enfrentado desafios logísticos significativos. Tradicionalmente, as eleições são realizadas com votação em papel, seguida pela contagem manual dos votos. Esse método é frequentemente demorado e vulnerável a erros humanos e fraudes, complicando ainda mais a logística associada ao transporte das cédulas e à supervisão da contagem em locais dispersos.

A lentidão na apuração dos resultados pode gerar incertezas e suspeitas de manipulação, exacerbando tensões políticas e sociais, especialmente em situações de instabilidade. Em Moçambique, por exemplo, as eleições manuais com cédulas de papel têm historicamente resultado em apurações longas e susceptíveis a manipulações, particularmente em áreas remotas com supervisão limitada. Essa demora na divulgação dos resultados eleitorais pode comprometer a estabilidade do país.

Diante desses desafios, há uma crescente demanda por soluções que possam acelerar o processo eleitoral e garantir maior segurança e confiabilidade. A introdução de urnas electrónicas surge como uma solução promissora para modernizar o sistema eleitoral. As urnas electrónicas registram os votos de forma digital, eliminando a necessidade de cédulas de papel e reduzindo significativamente o tempo de contagem dos votos. Além de aumentar a eficiência do processo, essas urnas também visam reforçar a transparência e a confiança pública nos resultados das eleições, mitigando os riscos de fraude e manipulação.

1.3 Pergunta de pesquisa

Quais mecanismos podem ser implementados para melhorar o controle e gestão de fraudes e irregularidades no processo de votação?

1.4 Delimitação

1.4.1 Temporal

Este projecto decorreu desde o dia 27 de Fevereiro até 31 de Agosto do ano de 2025, o foi usado período para a criação da página de gestão do administrador que contém a lógica do funcionamento do sistema, construção de um protótipo, testes e validação das funcionalidades propostas.

1.4.2 Espacial

A montagem do protótipo ocorreu na Faculdade de Engenharia, Localizada na Cidade de Maputo, no Departamento de Electrotécnia, o ensaio deste projecto foi feito pela observação do sistema das eleições actuais e implementação para as futuras eleições, apresentada na Figura. 1.1



Figura 1.1: Local de votação nas eleições gerais em Moçambique.

Fonte: [<https://news.un.org/pt/gallery/202301>]



Figura 1.2: Localização geográfica da Faculdade de Engenharia. Fonte: [Google Maps, acessado em 2024]

1.5 Justificativa

A implementação de urnas electrónicas e software de escrutínio em tempo real em Moçambique é crucial para modernizar e melhorar a eficiência, segurança e transparência do processo eleitoral. O sistema actual, baseado em votação manual com cédulas de papel, é vulnerável a erros, fraudes e atrasos na apuração, comprometendo a confiança pública e a estabilidade política do país. Com desafios logísticos significativos, especialmente em áreas remotas, a digitalização do processo de votação e a contagem em tempo real oferecem uma solução que reduz o risco de manipulação e acelera a divulgação dos resultados, fortalecendo a integridade das eleições e promovendo um ambiente mais seguro e confiável para a democracia em Moçambique.

Moçambique, com sua vasta extensão territorial e diversidade socio-económica, enfrenta desafios logísticos consideráveis na condução de eleições justas e inclusivas. Regiões remotas, muitas vezes com infraestrutura limitada, sofrem com a supervisão inadequada e a demora na contagem dos votos, o que aumenta o risco de fraudes eleitorais e descontentamento entre os eleitores. Em um cenário em que a confiança no processo eleitoral é fundamental para a legitimidade do governo, é imperativo adoptarem-se tecnologias que possam mitigar esses riscos.

1.6 Objectivos

1.6.1 Objectivo Geral:

- Desenvolver uma urna electrónica e software de escrutínio em tempo real.

1.6.2 Objectivos Específicos:

- Desenvolver um algoritmo de reconhecimento de impressão digital e facial;
- Desenvolver um algoritmo de reconhecimento do QR code do cartão de eleitor;
- Projectar o hardware da urna electrónica;
- Programar o software de escrutínio;
- Implementar mecanismos de protecção dos dados biométricos;
- Realizar testes e avaliações do sistema.

1.7 Metodologia de investigação

A metodologia usada para este projecto é baseada em pesquisas, análises e simulações. Primeiramente será analisado o actual processo eleitoral e de votação, levando em consideração suas vantagens e desvantagens. De seguida será desenvolvido o sistema com todos os procedimentos, elementos de que é composto assim como seu impacto económico, social, ambiental e limitações. O processo de investigação e materialização do presente projecto obedecerá as seguintes fases.

1.5.1. Pesquisa e Análise de Contexto

a. Levantamento de Requisitos:

- Identificar os desafios específicos do actual sistema eleitoral (ex. fraude eleitoral, logística, tempo de apuração, segurança e integridade dos votos);
- Definir os requisitos técnicos e funcionais do sistema com base nos dados colectados.

b. Estudo de Experimental:

- Pesquisar sistemas de urnas electrónicas e softwares de escrutínio implementados em outros países, com ênfase em nações com desafios semelhantes aos de Moçambique;
- Testar e adaptar boas práticas e tecnologias bem-sucedidas em ambiente controlado, avaliando sua viabilidade no contexto local;
- Executar simulações que permitam identificar falhas e limitações observadas em outros sistemas, de modo a evitar erros recorrentes e incorporar soluções mais eficazes.

c. Análise de Riscos:

- Realizar uma análise dos riscos para identificar possíveis ameaças à segurança e integridade do sistema;
- Desenvolver estratégias de mitigação para os riscos identificados.

1.5.2. Design do Sistema

a. Arquitetura do Sistema:

- Projectar a arquitetura do sistema biométrico, incluindo os módulos de captura, armazenamento e verificação de impressões digitais;
- Definir a integração do sistema biométrico com as máquinas de votação electrónica.

b. Design do Banco de Dados:

- Projectar a estrutura do banco de dados para armazenar as credenciais biométricas;
- Definir esquemas de tabelas, índices e relacionamentos necessários para garantir a eficiência e a integridade dos dados.

c. Segurança e Protecção de Dados:

- Estabelecer políticas de segurança para proteger os dados biométricos contra acesso não autorizado;
- Implementar criptografia para armazenamento e transmissão segura dos dados.

1.5.3. Desenvolvimento

a. Desenvolvimento do Algoritmo de Reconhecimento de Impressão Digital e Facial:

- Programar e testar o software de captura e reconhecimento de impressão digital e facial;
- Garantir que o algoritmo seja preciso e eficiente para diferentes tipos de impressões digitais e faciais.

b. Desenvolvimento do Algoritmo de Reconhecimento do QR Code do Cartão de Eleitor:

- Codificar o algoritmo de reconhecimento do QR Code usando a linguagem de programação e as bibliotecas selecionadas, seguindo as especificações definidas na fase de design;
- Integrar o algoritmo com a interface do usuário da urna eletrônica, permitindo a captura de QR Codes através de uma câmera ou sensor óptico.

c. Implementação do Banco de Dados:

- Configurar o banco de dados de acordo com o design especificado;
- Integrar o banco de dados com o sistema de recenseamento eleitoral e as máquinas de votação eletrônica.

d. Desenvolvimento da Interface do Usuário:

- Criar interfaces amigáveis para operadores e eleitores;
- Desenvolver painéis de controle para gerenciamento e monitoramento do sistema.

1.5.4. Fase de Testes e Validação

a. Testes de Segurança:

- Submeter o sistema a testes rigorosos de segurança, incluindo simulação de ataques cibernéticos, para garantir a inviolabilidade da urna e do software.

b. Testes de Usabilidade:

- Realizar testes com usuários reais para avaliar a facilidade de uso da interface e identificar possíveis melhorias.

c. Testes de Desempenho e Escalabilidade:

- Testar o sistema sob diferentes condições de carga para assegurar que ele possa operar de forma eficiente em grandes eleições.

1.8 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em seis capítulos de desenvolvimento do texto apresentados a seguir:

- **CAPÍTULO 1** – Nesse capítulo é apresentada a introdução, a formulação do problema, os objectivos, justificativas e metodologias que foram levantadas para a investigação.
- **CAPÍTULO 2** – Este é o capítulo da fundamentação teórica, onde os conceitos relevantes e que fizeram parte da pesquisa são detalhados.
- **CAPÍTULO 3** – Neste capítulo a proposta de solução e sua implementação é descrita e debatida.
- **CAPÍTULO 4** – Os ensaios e resultados obtidos são apresentados e discutidos neste capítulo.
- **CAPÍTULO 5** - A conclusão, as dificuldades e as recomendações serão apresentados aqui.

Capítulo 2

Revisão Teórica

2.1 Histórico e Contexto Eleitoral em Moçambique

2.1.1 Evolução do Sistema Eleitoral

A evolução do sistema eleitoral em Moçambique começou com as primeiras eleições multipartidárias em 1994, após a assinatura do Acordo Geral de Paz em 1992, que pôs fim à guerra civil. Essas eleições foram um marco na história do país, pois introduziram um sistema democrático baseado em sufrágio directo e representação proporcional. [3]

Desde então, o sistema eleitoral passou por várias reformas. A Constituição de 1990 e a Lei Eleitoral de 1994 estabeleceram as bases para a realização de eleições livres e justas, definindo a estrutura da CNE e os procedimentos para o recenseamento eleitoral. As eleições de 1994 foram seguidas por eleições subsequentes em 1999, 2004, 2009, 2014, 2019 e 2024. Cada uma dessas eleições trouxe desafios, como a exclusão de partidos da oposição e alegações de fraude. Em 2009, a primeira eleição das Assembleias Provinciais foi realizada, ampliando a representação política em níveis locais. A de 2019, também enfrentou críticas por irregularidades e falta de transparência, o que continua a ser uma preocupação central no processo eleitoral moçambicano. [6]

Algumas das vantagens do processo actual:

- Estabelecimento de um sistema multipartidário ;
- Aumento da conscientização Cívica;
- Apoio internacional e observação Eleitoral;

- Experiência acumulada.

Algumas das desvantagens do processo actual podem ser:

- Redirecionamento indevido de votos;
- Inconsistência na apuração dos votos;
- Algumas caixas que não chegam ao local de contagem;
- Aumento ou diminuição de votos clandestinos;
- Mesma pessoa pode votar mais do que uma vez;
- Necessidade de transporte das caixas de votos para o local de apuração;
- Atrasos na divulgação dos resultados da votação, gerando falsa expectativa após o encerramento da contagem dos votos;
- Diferentes partes usam seu sistema de contagem paralela para se ter certeza do resultado;
- No caso de conflitos na contagem de votos das urnas, faz-se novamente a recontagem dos votos, levando em alguns casos mais tempo para o encerramento da assembleia de voto.

2.1.2 Desafios Eleitorais Existentes

O sistema eleitoral moçambicano enfrenta desafios estruturais e operacionais que afectam significativamente a transparência, a imparcialidade e a confiança pública nos resultados eleitorais. Essas fragilidades têm alimentado tensões recorrentes entre os três principais partidos políticos do país: a Frente de Libertação de Moçambique (FRELIMO), que governa desde a independência; a Resistência Nacional Moçambicana (RENAMO), principal força de oposição; e o Movimento Democrático de Moçambique (MDM), que tem se consolidado como uma alternativa emergente no cenário político nacional.

Problemas no processo de apuração de votos, incluindo a falta de transparência e casos de fraude reconhecidos publicamente pela Comissão Nacional de Eleições (CNE), também têm afectado a confiança nos resultados, especialmente em algumas províncias.

Também, a campanha eleitoral é frequentemente desequilibrada, com relatos de intimidação e restrições à oposição em certas áreas. [9]

Os desafios eleitorais em Moçambique são variados e complexos. Entre os principais problemas estão:

- a. **Imparcialidade das Instituições Eleitorais:** A CNE, órgão responsável pela supervisão do processo eleitoral, tem sido frequentemente acusada de parcialidade, sobretudo por membros da RENAMO e do MDM, que alegam favorecimento contínuo à Frente de Libertação de Moçambique (FRELIMO). Essa percepção tem minado a credibilidade das eleições e alimentado denúncias de injustiça eleitoral. [9]
- b. **Irregularidades na Apuração dos Votos:** O processo de apuração também apresenta fragilidades. Casos de fraude reconhecidos publicamente, somados à falta de transparência, geram desconfiança. Em várias eleições, sobretudo nas províncias onde a oposição tem maior força, a RENAMO e o MDM denunciaram manipulações que afectaram directamente os resultados finais. Em 2014, por exemplo, observadores internacionais apontaram falhas no cumprimento dos padrões legais e internacionais de contagem. [16]
- c. **Desigualdade na Campanha Eleitoral:** O período de campanha eleitoral em Moçambique é frequentemente caracterizado por desequilíbrios significativos. Diversos relatos apontam para actos de intimidação contra membros da oposição, com restrições ao livre exercício de campanha por parte da RENAMO e do MDM, sobretudo em regiões consideradas bastiões da FRELIMO. Essa assimetria contribui para a criação de um ambiente político desfavorável à concorrência democrática plena, comprometendo os princípios de equidade e liberdade política que devem nortear o processo eleitoral.
- d. **Falhas Logísticas e Recenseamento:** A logística do processo eleitoral em Moçambique continua a representar um dos seus pontos mais críticos. O recenseamento de eleitores, embora legalmente previsto para ocorrer de forma regular, não é realizado anualmente, sendo restrito a períodos que antecedem as eleições. Essa limitação compromete a actualização contínua das listas eleitorais e pode levar à exclusão de potenciais eleitores, especialmente em zonas remotas, onde a RENAMO e o MDM detêm uma presença mais significativa. [3]

- e. **Credibilidade e Conflitos Pós-Eleitorais:** A persistente falta de confiança nas instituições eleitorais, em especial na CNE, alimenta protestos e contestações após cada ciclo eleitoral. Partidos como a RENAMO e o MDM frequentemente rejeitam os resultados, enquanto a FRELIMO, apesar das denúncias, mantém o controlo político e institucional, agravando o sentimento de exclusão democrática entre opositores e parte do eleitorado.

2.1.3 Necessidade de Modernização

Para enfrentar esses desafios e fortalecer a democracia em Moçambique, há uma necessidade de modernizar o sistema eleitoral. Isso pode incluir a adopção de tecnologias como urnas electrónicas para melhorar a integridade do voto e acelerar a apuração.

A modernização do sistema eleitoral é vista como crucial para o fortalecimento da democracia em Moçambique. O sistema eleitoral de Moçambique evoluiu desde as primeiras eleições democráticas, mas ainda enfrenta desafios significativos relacionados à credibilidade do processo e à necessidade de modernização. Superar esses obstáculos é essencial para consolidar a democracia no país. [3]

Algumas das principais motivações para essa modernização incluem:

- a. **Tecnologia Eleitoral:** A introdução de tecnologias como urnas electrónicas pode aumentar a transparência e a segurança do processo eleitoral. A digitalização do registo e da apuração de votos poderia reduzir as oportunidades de fraude e acelerar a contagem, proporcionando resultados mais rápidos e confiáveis.
- b. **Reformas na CNE:** Garantir a independência e a imparcialidade da CNE é fundamental. Reformas que promovam a inclusão de representantes de diferentes partidos e da sociedade civil na CNE poderiam ajudar a restaurar a confiança no processo eleitoral.
- c. **Educação Cívica:** Aumentar a conscientização e a educação cívica entre os eleitores é crucial para promover uma participação mais informada e activa nas eleições. Isso pode ajudar a combater a apatia política e a desinformação, incentivando os cidadãos a se envolverem mais activamente no processo democrático.

Tabela 2.1: Comparação da Modernização do Sistema Eleitoral. Fonte: Adaptado de [OBSERVAÇÃO DAS ELEIÇÕES DE MOÇAMBIQUE] [3]

Aspecto	Vantagens da Modernização do Sistema Eleitoral	Desvantagens da Modernização do Sistema Eleitoral
Transparência	A introdução de tecnologias, como urnas electrónicas, pode aumentar a transparência do processo eleitoral, reduzindo fraudes e manipulações.	A implementação de novas tecnologias pode enfrentar resistência e desconfiança por parte da população, que pode temer falhas ou manipulações.
Eficiência	A modernização pode acelerar o processo de apuração de votos, proporcionando resultados mais rápidos e confiáveis.	A transição para sistemas electrónicos pode ser complexa e exigir tempo e recursos significativos para treinamento e infraestrutura.
Acessibilidade	Tecnologias modernas podem facilitar o acesso ao voto, especialmente em áreas remotas, através de sistemas de registo digital.	A dependência de tecnologia pode excluir eleitores que não têm acesso a dispositivos eletrônicos ou à internet, aumentando a desigualdade.
Participação Cidadã	O uso de plataformas digitais pode incentivar uma maior participação dos cidadãos, facilitando o registo e a informação sobre o processo eleitoral.	A mudança para plataformas digitais pode não alcançar todos os segmentos da população, especialmente os mais idosos ou menos educados, que podem se sentir excluídos.
Reformas Institucionais	A modernização pode impulsionar reformas na CNE, promovendo sua independência e imparcialidade, essenciais para um processo eleitoral justo.	Reformas institucionais podem encontrar resistência política, especialmente de partidos que se beneficiam do status que, dificultando a implementação eficaz.

2.2 Urna Electrónica e Software de Escrutínio em Tempo Real

2.2.1 Conceito de urna electrónica

A **urna electrónica** ou **máquina de votação** é a combinação de equipamentos mecânicos, eletromecânicos ou electrónico (incluindo software, firmware e documentação necessária para controle do programa e apoiar equipamento), que é usado para definir escrutínios; expressos e contagem de votos; para relatar ou exibir resultados eleitorais; e para manter e produzir qualquer informação de trilha de auditoria. A **urna electrónica** é um equipamento que substitui o boletim de voto em papel, permitindo ao eleitor escolher seu candidato ou partido por meio de uma interface digital. Diferentemente de um computador comum, a urna opera de maneira isolada e não possui conexões que a tornem vulnerável a ataques cibernéticos, como Wi-Fi ou Bluetooth. Seu design garante que o equipamento seja altamente confiável, com um sistema que assegura a integridade dos dados processados.



Figura 2.1: Urna Electrónica. Fonte: [<https://www.justicaeleitoral.jus.br/urna-eletronica>]

2.2.2 Software de Escrutínio

O **software de escrutínio** é um sistema fundamental em processos eleitorais, projectado para colectar, processar e apurar votos de maneira eficiente e segura. Este software é essencial para garantir a integridade, a confidencialidade e a precisão dos resultados elei-

torais, atendendo a altos padrões de segurança e funcionamento.

Integrado ao sistema eleitoral moderno, especialmente em países que adotam a votação electrónica como o Brasil, o software de escrutínio desempenha um papel crucial na automatização do processo eleitoral. Ele assegura que cada voto seja registrado com precisão, processado de forma ágil e contabilizado corretamente, permitindo a divulgação rápida dos resultados.

2.3 Tecnologia Eleitoral em Outros Países

O uso de tecnologia em sistemas eleitorais tem se tornado cada vez mais comum em diversos países ao redor do mundo, buscando aumentar a eficiência, a precisão e a transparência dos processos eleitorais. A implementação de urnas electrónicas e sistemas de escrutínio em tempo real representa uma inovação significativa, especialmente em contextos onde os métodos tradicionais enfrentam desafios como fraudes, atrasos na contagem de votos e problemas logísticos.

A adoção de tecnologia no processo de votação varia amplamente de acordo com o país, considerando factores como o nível de desenvolvimento, a confiança pública no sistema eleitoral e o ambiente político.

2.3.1 Histórico da Implementação das Urnas Electrónicas no Brasil

O Brasil é um dos pioneiros na adoção de urnas electrónicas para o processo de votação, sendo um exemplo amplamente estudado por seu impacto na modernização e segurança eleitoral. O histórico da implementação das urnas electrónicas no Brasil pode ser dividido em várias fases, destacando os principais marcos e desafios enfrentados ao longo do caminho.

O Brasil começou a desenvolver sua urna electrónica em 1995, com o objetivo de modernizar o processo eleitoral e mitigar fraudes, que eram comuns no sistema de votação em papel. A primeira eleição totalmente informatizada ocorreu em 2000, cobrindo todo o território nacional. Vejamos a seguir como era o sistema eleitoral antes e depois da implementação das urnas electrónicas tendo em consideração suas vantagens e desvantagens. [21]

2.3.2 Vantagens e desvantagens antes da implementação

Vantagens:

- O sistema de votação em papel era relativamente simples e barato de implementar;
- A população já estava acostumada com o processo de votação em papel, o que reduzia a necessidade de treinamento.

Desvantagens:

- O sistema de votação em papel era altamente susceptível a fraudes, como a adulteração de cédulas e compra de votos;
- A contagem manual dos votos era lenta, especialmente em um país com o tamanho e a população do Brasil, resultando em atrasos na divulgação dos resultados;
- A distribuição e a segurança das cédulas de papel em um país continental eram desafiadoras e custosas.

2.3.3 Vantagens e desvantagens depois da implementação

Vantagens:

- A urna electrónica permitiu que os resultados fossem apurados quase instantaneamente após o encerramento das urnas, com o resultado nacional frequentemente anunciado no mesmo dia;
- Com a urna electrónica, a manipulação de votos tornou-se mais difícil, reduzindo significativamente as fraudes eleitorais;

Desvantagens:

- O sistema electrónico, embora eficiente, requer manutenção contínua e actualização tecnológica, gerando custos recorrentes;
- Em regiões remotas ou com infraestrutura precária, a falta de energia pode prejudicar o funcionamento das urnas electrónicas;
- A necessidade de suporte técnico especializado pode ser um desafio, especialmente em áreas mais isoladas.

Tabela 2.2: Comparação da tecnologia eleitoral noutros países. Fonte: Adaptado de [Autor]

País	Sistema Antes da Implementação	Período Antes	Sistema Após a Implementação	Período Após	Vantagens	Desvantagens
Estados Unidos	Voto em papel e máquinas de votação mecânicas	Variado (antes de 2000)	Diversos sistemas: urnas electrónicas, votação por escaneamento óptico	Desde 2000 (em expansão)	- Variedade de opções que podem ser adaptadas a diferentes regiões - Maior eficiência na apuração	- Sistemas fragmentados que variam por estado, criando inconsistências - Vulnerabilidades a ataques cibernéticos
Estônia	Voto em papel	Até 2005	Votação online (e-voting)	Desde 2005	- Conveniência para os eleitores - Acesso para eleitores no exterior - Aumento da participação eleitoral	- Preocupações com a segurança cibernética - Necessidade de infraestrutura de TI avançada
Índia	Voto em papel	Até 1998	Urna electrónica (EVM)	Desde 1998	- Eliminação de votos clandestinos - Rapidez e eficiência na contagem - Redução de fraudes	- Preocupações sobre a segurança e transparência - Dificuldade de implementação em áreas rurais e remotas
Venezuela	Voto em papel	Até 2004	Urna electrónica com impressão de comprovante	Desde 2004	- Verificação dupla (electrónica e manual) - Transparência e confiança reforçadas	- Complexidade na apuração - Preocupações com manipulação política e integridade do sistema

Filipinas	Voto em papel	Até 2010	Votação por escaneamento óptico	Desde 2010	- Aceleração na contagem dos votos - Redução de erros humanos	- Necessidade de infraestrutura confiável - Custo elevado de implementação
Bélgica	Voto em papel	Até 1991	Urna electrónica com comprovante impresso	Desde 1991	- Maior precisão e rapidez na contagem - Verificação manual disponível	- Custo elevado para manutenção e actualização do sistema - Necessidade de auditorias frequentes
Suíça	Voto em papel	Até 2003 (em algumas regiões)	Votação online (parcialmente em uso)	Desde 2003 (em testes)	- Acesso ampliado, especialmente para expatriados - Flexibilidade no processo eleitoral	- Preocupações com a segurança cibernética - Questões de privacidade e auditoria

2.4 Microcontroladores

Um **microcontrolador** é um circuito integrado que inclui um processador, memória e periféricos de entrada/saída. Ele é projectado para realizar funções específicas em sistemas embarcados, oferecendo uma solução compacta e eficiente para controle de dispositivos e sistemas.

Os microcontroladores podem ter arquiteturas de processador de 8, 16 ou 32 bits. A escolha da arquitectura depende das necessidades específicas do projecto. Eles têm memória embutida para armazenamento de programas (Flash) e dados temporários (RAM).

A quantidade de memória varia e afeta a complexidade dos programas que podem ser executados. Os microcontroladores são programados em linguagens como C, C++, ou Assembly, utilizando ambientes de desenvolvimento específicos.

Os microcontroladores são usados em uma variedade de aplicações, incluindo automóveis, eletrodomésticos, dispositivos médicos, sistemas de controle industrial, e projectos de Internet das coisas (IoT).

2.4.1 Arduino

O Arduino é uma plataforma de prototipagem de hardware de código aberto baseada em microcontroladores. A placa Arduino consiste em um microcontrolador, geralmente da família Atmel AVR, e uma interface de programação, como mostrado na Figura 2.2. É amplamente utilizado por entusiastas, engenheiros e artistas para criar projectos interativos. A linguagem de programação padrão para o Arduino é uma variação simplificada do C/C++, que é bastante acessível para iniciantes. No entanto, a maioria dos usuários do Arduino pode escrever código sem a necessidade de entender completamente essas linguagens de programação de baixo nível. O Ambiente de Desenvolvimento Integrado - Integrated Development Environment (IDE) do Arduino simplifica o processo de programação e é compatível com Windows, Mac-OS e Linux.

Principais características do Arduino:

- I. **Facilidade de Uso:** A plataforma Arduino é conhecida pela sua facilidade de uso, especialmente para iniciantes em eletrônica e programação.
- II. **Comunidade Activa:** Existe uma grande comunidade de usuários e desenvolvedores, o que significa amplo suporte online, tutoriais e projetos compartilhados.
- III. **Variedade de Placas:** Existem várias placas Arduino com diferentes características para atender a diferentes necessidades de projeto.

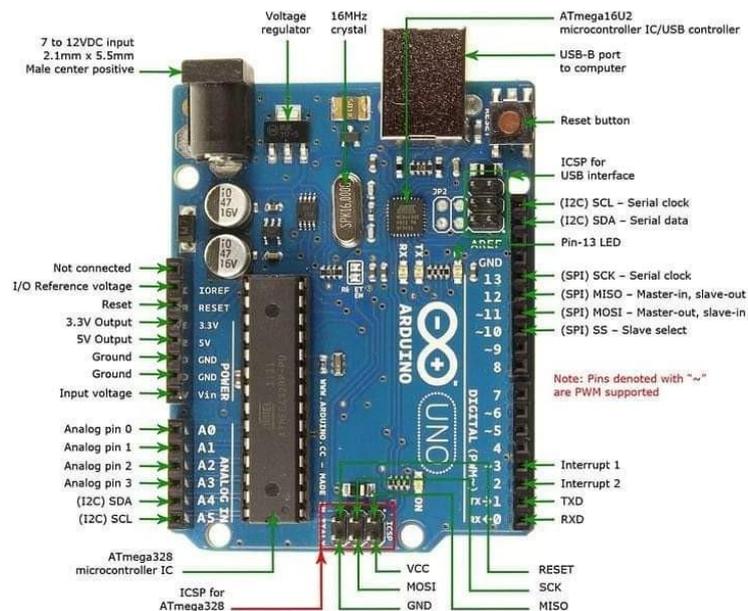


Figura 2.2: Arduino Uno: Pin-out. Fonte: [Arduino Uno Pinout Guide - Hackatronic]

2.4.2 Espressif Systems (ESP)

O ESP refere-se a uma linha de microcontroladores e módulos WiFi produzidos pela empresa Espressif Systems. O termo "ESP" é frequentemente associado a microcontroladores específicos, como ESP8266 e ESP32, que ganharam popularidade devido à sua capacidade de se conectar à internet e realizar tarefas de processamento.

2.4.2.1 ESP8266

O ESP8266 foi um dos primeiros microcontroladores da família ESP a se destacar. Ele possui conectividade WiFi embutida e é amplamente utilizado em projectos de IoT devido ao seu preço acessível e capacidades suficientes para muitas aplicações. O ESP8266 é conhecido por seu baixo custo, o que o torna uma escolha popular para projectos com orçamento limitado.

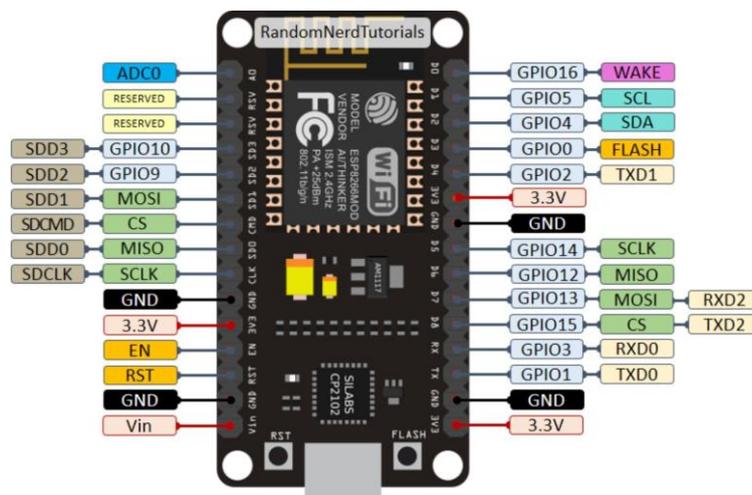


Figura 2.3: ESP8266: Pin-out. Fonte: [ESP8266 Pinout Guide - ELETROGATE]

2.5 Microcomputador

Um **microcomputador** é um sistema computacional completo, em um único circuito, projectado para realizar tarefas gerais de processamento de dados. Ele integra um processador central (CPU), memória, interfaces de entrada/saída e dispositivos de armazenamento, tornando-se uma solução robusta e versátil para diversas aplicações.

Diferente dos microcontroladores, que são voltados para tarefas específicas e controle em tempo real, os microcomputadores possuem maior capacidade de processamento

e suportam sistemas operacionais completos, como Linux ou Windows. Isso permite a execução de múltiplos programas simultaneamente, além de interfaces gráficas mais avançadas.

Os microcomputadores modernos geralmente utilizam processadores de 32 ou 64 bits, com arquitetura ARM ou x86, e vêm equipados com memória RAM expansível, unidades de armazenamento (eMMC, SSD, microSD), além de diversas interfaces de conectividade como USB, HDMI, Ethernet, Wi-Fi e Bluetooth.

Os microcomputadores são amplamente utilizados em áreas como automação residencial, robótica, sistemas educacionais, servidores locais, estações multimídia e aplicações em inteligência artificial.

2.5.1 Raspberry Pi 5

O **Raspberry Pi 5** é um microcomputador de placa única (single-board computer) de baixo custo e alto desempenho, desenvolvido pela Raspberry Pi Foundation. Trata-se de uma evolução significativa em relação às versões anteriores, com melhorias em capacidade de processamento, conectividade e suporte a periféricos modernos. A sua estrutura é apresentada na Figura 2.4 .

Ao contrário de plataformas baseadas apenas em microcontroladores, como o Arduino, o Raspberry Pi 5 possui um processador quad-core Cortex-A76, Memória de Acesso Aleatório - *Random Access Memory* (RAM) de até 8 GB, portas USB de alta velocidade, saída para dois monitores 4K e suporte a sistemas operacionais completos, como o Raspberry Pi OS (Linux). Isso o torna ideal para aplicações mais complexas, incluindo visão computacional, inteligência artificial, sistemas embarcados avançados e projectos educacionais. O Raspberry Pi é programado utilizando linguagens como Python, C/C++ e JavaScript, oferecendo maior flexibilidade para desenvolvedores mais experientes, embora também conte com ferramentas visuais e bibliotecas que facilitam sua adoção por iniciantes.

Principais características do Raspberry Pi 5:

- I. **Desempenho Superior:** Possui Unidade Central de Processamento (CPU) moderna e Unidade de Processamento Gráfico (GPU) avançada, permitindo a execução de aplicações exigentes, como reconhecimento facial, processamento de dados em tempo real e visualização gráfica.
- II. **Ampla Conectividade:** Inclui portas USB 3.0, Ethernet gigabit, Wi-Fi, Bluetooth,

interfaces CSI/DSI para câmeras e displays, além de uma porta Interconexão de Componentes Periféricos Expressa (PCIe) para expansão.

- III. **Versatilidade e Compatibilidade:** Pode ser usado com diversos módulos e sensores, incluindo leitores biométricos, câmeras HD e módulos LCD, sendo compatível com a maioria dos periféricos utilizados em projectos embarcados e educacionais.
- IV. **Comunidade e Suporte Técnico:** Assim como o Arduino, o Raspberry Pi possui uma comunidade global activa, com fóruns, tutoriais e exemplos de projetos aplicados em várias áreas.

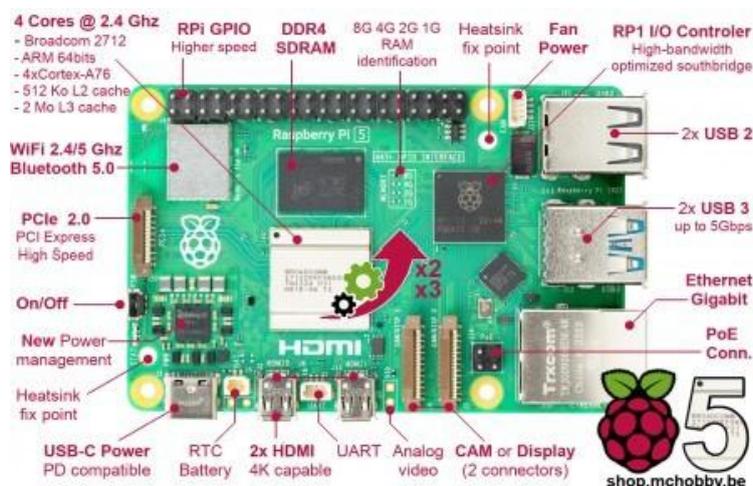


Figura 2.4: Raspberry Pi 5: Pin-out. Fonte: [Raspberry Pi 5 Pinout Guide - MCHobby]

2.6 Sistema Biométrico

A biometria é um método de reconhecimento de uma pessoa com base em características físicas ou comportamentais. Exemplos de informações biométricas usadas para identificar pessoas incluem impressão digital, voz, rosto, íris, caligrafia e geometria da mão. Existem duas funções principais oferecidas por um sistema biométrico. Um método é a identificação, um processo de correspondência "um para muitos" no qual uma amostra biométrica é comparada sequencialmente a um conjunto de amostras armazenadas para determinar a correspondência mais próxima. A outra é a verificação, um processo de correspondência "um a um" no qual o sistema biométrico verifica os dados previamente cadastrados para um usuário específico. O método de verificação fornece a melhor combinação de velocidade e segurança, especialmente quando vários usuários

estão envolvidos, e requer um ID de usuário ou outro identificador para correspondência direta.

2.6.1 Módulo Impressão Digital

A **Impressão Digital** é formada durante a gestação, sendo constituída por sulcos presentes nas pontas dos dedos. A forma como estes sulcos estão dispostos formam as características da impressão digital, as minúcias, que são únicas em cada indivíduo. Estas características são extraídas através de um software de processamento de imagem e transformadas em um modelo biométrico que é utilizado para o reconhecimento. A impressão digital é o método mais utilizado, pois além de ser mais barato também é muito seguro. [12] O método da impressão digital é o mais viável para o reconhecimento dos recém-nascidos por essa fazer a leitura das digitais do ser humano, essas que são únicas e inerentes de cada ser humano e não podem ser fraudadas dado que todo ser humano tem impressão digital diferente um ao outro. A Figura 2.5 mostra o dispositivo de reconhecimento por impressão digital.



Figura 2.5: Reconhecimento por impressão digital. Fonte: [Módulo Impressão Digital - <https://blog.eletrogate.com>]

2.6.2 Leitor Digital Persona

O **Leitor Biométrico U.are.U 4500 Digital Persona**, desenvolvido pela HID Global, é um dispositivo óptico de alta resolução utilizado para captura e verificação de impressões digitais. As impressões são únicas para cada indivíduo e formadas ainda durante a ges-

tação, com padrões chamados minúcias. O leitor transforma essas informações em um modelo biométrico por meio de software, permitindo o reconhecimento seguro e confiável de usuários.

Esse método é também considerado o mais viável para reconhecimento de pessoas desde o nascimento, já que as impressões digitais são características imutáveis e exclusivas de cada indivíduo, tornando-as praticamente impossíveis de falsificar. A Figura 2.6 apresenta o dispositivo U.are.U 4500, utilizado para leitura e autenticação biométrica por impressão digital.



Figura 2.6: Reconhecimento por impressão digital. Fonte: **[Leitor Digital Personal - <https://www.hidglobal.com/products/4500-fingerprint-reader>]**

2.6.3 Comparação entre os tipos de Biometria

Existem diversos tipos de Biometria, desde os que se baseiam na geometria das mãos à análise de assinatura, os sistemas biométricos se baseiam em características intrínsecas do ser humano, podem ser empregues como métodos de autenticação rápida e com alto nível de precisão. Tem, como uma de suas principais vantagens, o facto de ser intransferível, não poder ser perdido e nem roubado.

2.6.3.1 Reconhecimento por Íris

A estrutura da Íris é complexa e única em cada pessoa, o que a torna uma característica para identificação biométrica. Uma imagem digital da íris tirada sob uma iluminação infravermelha é processada por algoritmos que extraem a amostra biométrica necessária para o processo de reconhecimento. **[10]** Contudo, não há certeza de que as características

obtidas serão mantidas com o passar do tempo. A Figura 2.7 mostra o Reconhecimento pela íris.



Figura 2.7: Reconhecimento por Íris. Fonte: [Security Leaders]

2.6.3.2 Reconhecimento Facial

O sistema biométrico de identificação pela imagem facial baseia-se na característica única de cada face humana. De maneira geral, um sistema biométrico de identificação pela imagem facial funciona da seguinte maneira (três etapas): Um sensor, ou câmara digital, regista a imagem facial. Embora o reconhecimento facial seja uma tarefa rotineira para os humanos, para uma máquina é extremamente complexa a tarefa de comparar duas imagens digitais de face. O problema é que a máquina não tem a capacidade que os humanos têm de observar as alterações típicas da aparência facial como expressões, presença de barba, maquiagem ou mudanças no corte de cabelo. [10] A figura 2.8 mostra o reconhecimento através da face.

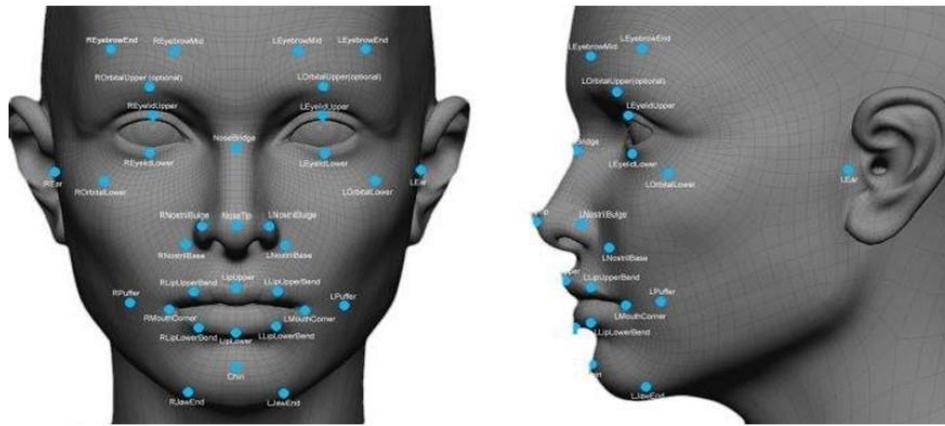


Figura 2.8: Reconhecimento facial.

Fonte: [Biometrics Ideal Test, <http://biometrics.idealtest.org>]

2.6.3.3 Geometria da Mão

A geometria da mão é outro método que também pode ser usado no processo de reconhecimento. Consiste na medição da mão, tamanho do dedo, largura e área. Estas características são distintas o suficiente para permitir a autenticação de um indivíduo, no entanto, não são suficientes para uma pesquisa de identificação. No momento da utilização o usuário posiciona sua mão no leitor, sempre na mesma posição, e uma câmara posicionada acima captura a imagem. Para que não ocorra a rotação da mão durante a utilização, os dispositivos leitores contêm pinos que indicam onde cada dedo deve ficar posicionado, melhorando a qualidade da imagem. [18] A figura 2.9 mostra o reconhecimento através da geometria das mãos.

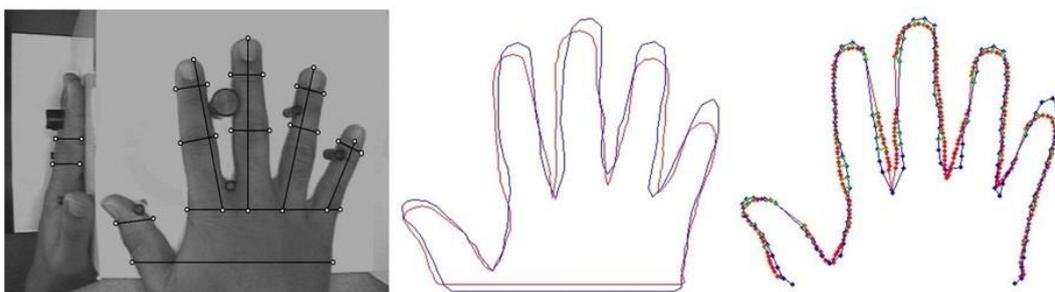


Figura 2.9: Identificação geométrica da mão. Fonte: [1]

2.7 WebCam

Uma **Webcam** é um dispositivo de captura de vídeo que se conecta a um computador ou rede para transmitir imagens em tempo real. Originalmente projectadas para facilitar a comunicação visual, as webcams evoluíram significativamente desde sua introdução, tanto em termos de tecnologia quanto em aplicações. Actualmente existem webcams de baixa ou de alta resolução (acima de 2.0 megapíxeis) e com ou sem microfones acoplados. Algumas webcams vêm com LED (diodos emissores de luz), que iluminam o ambiente quando há pouca ou nenhuma luz externa.

Funcionamento

As webcams funcionam capturando imagens em uma sequência rápida e transmitindo esses quadros como um fluxo contínuo de vídeo. O processo consiste no seguinte:

1. **Captura:** A lente foca a luz sobre o sensor de imagem.
2. **Conversão:** O sensor converte a luz em sinais elétricos.
3. **Processamento:** O processador aplica ajustes à imagem.
4. **Transmissão:** O vídeo é enviado ao computador ou à rede via conexão estabelecida.



Figura 2.10: WebCam. Fonte: [<https://www.logitech.com/pt-br/products/webcams>]

2.8 Display

Um display é um dispositivo electrónico utilizado para exibir informações visuais, como textos, imagens, vídeos ou gráficos. Ele serve como interface de saída entre um sistema electrónico (como um computador, microcontrolador, celular ou outro dispositivo) e o usuário, permitindo que os dados processados pelo sistema sejam visualizados em tempo real.

2.8.1 Módulo LCD 16x2 - I2C

O **módulo LCD 16x2 com interface I2C** é uma combinação de um display de cristal líquido (LCD) de 16 colunas e 2 linhas e um adaptador I2C. Essa configuração facilita a comunicação com microcontroladores, como o ESP8266 ou Arduino, reduzindo o número de conexões necessárias e simplificando a programação.

Características principais:

- **Resolução:** 16 colunas e 2 linhas, o que significa que você pode exibir até 32 caracteres simultaneamente;
- **Backlight:** A maioria dos LCDs I2C 16x2 vem com um controle de retroiluminação (backlight), que pode ser ligado ou desligado programaticamente;
- **Interface I2C:** A principal vantagem deste módulo é o uso do protocolo I2C (Inter-Integrated Circuit), que reduz o número de pinos necessários para comunicação com o microcontrolador de 8 para apenas 2 (SDA e SCL);
- **Tensão de Operação:** Funciona com uma alimentação de 5V (algumas versões também suportam 3.3V);
- **Contraste:** O contraste da tela pode ser ajustado por um potenciômetro no módulo I2C, permitindo melhorar a visibilidade dos caracteres dependendo do ambiente;



Figura 2.11: LCD 16x2 - I2C. Fonte: [Autor]

2.8.2 Raspberry Pi Touch Display 2

O **Raspberry Pi Touch Display 2** é um display sensível ao toque oficial desenvolvido para funcionar perfeitamente com os computadores Raspberry Pi. Ele possui uma tela LCD de 7 polegadas com resolução de 800x480 pixels, projectada para oferecer uma interface visual interativa, ideal para projectos que exigem controle direto pelo usuário.

Características principais:

- Tela sensível ao toque capacitiva com suporte a múltiplos toques (multi-touch), permitindo uma interação fluida e intuitiva, semelhante à de smartphones e tablets modernos.
- Resolução de 800 x 480 pixels, adequada para exibir interfaces gráficas claras e nítidas em projetos embarcados, painéis de controle e aplicações educacionais.
- Conexão direta com o Raspberry Pi através do conector Interface Serial para Monitores - *Display Serial Interface* (DSI), eliminando a necessidade de cabos adicionais para vídeo, garantindo comunicação rápida e eficiente.
- Alimentação via GPIO: O display é alimentado pelo próprio Raspberry Pi via GPIO, simplificando o cabeamento e facilitando a montagem do projeto.

- Design compacto e leve, ideal para integração em sistemas embarcados que exigem uma interface visual compacta.
- Compatível com o sistema operacional Raspberry Pi OS e suporta drivers que permitem fácil configuração e personalização da interface do usuário.



Figura 2.12: Raspberry Pi Touch Display 2. Fonte: [RaspberryPiTouchDisplay2024]

2.9 Base de dados

Uma base de dados é uma colecção organizada de informações ou dados - estruturadas, normalmente armazenadas eletronicamente em um sistema de computador. Uma base de dados é geralmente controlado por Sistema de Gerenciamento de Base de Dados - Database Management System (DBMS), que serve como uma interface entre a base de dados e seus usuários finais ou programas, permitindo que os usuários recuperem, actualizem e gerenciem como as informações são organizadas e optimizadas.

Um DBMS também facilita a supervisão e o controle de bancos de dados, permitindo uma variedade de operações administrativas, como monitoramento de desempenho, ajuste, backup e recuperação. Os dados e o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados - *Database Management System* (DBMS), juntamente com os aplicativos associados a eles, são chamados de sistema de base de dados, geralmente abreviados para apenas base de dados.

Os dados nos tipos mais comuns de base de dados em operação actualmente são modelados em linhas e colunas em uma série de tabelas para tornar o processamento e a consulta de dados eficientes. Os dados podem ser facilmente acessados, gerenciados, modificados, actualizados, controlados e organizados. Existem base de dados com

consulta estruturada Linguagem de Consulta Estruturada - Structured Query Language (SQL) e Não apenas Linguagem de Consulta Estruturada - Not only Structured Query Language (NoSQL).

2.9.1 Linguagem de Consulta Estruturada (SQL, Structured Query Language)

A Linguagem de Consulta Estruturada - *Structured Query Language* (SQL) é uma linguagem padrão utilizada para gerenciar e manipular bancos de dados relacionais. Foi desenvolvida pela IBM na década de 1970 e rapidamente se tornou uma das ferramentas mais importantes para interagir com sistemas de gerenciamento de banco de dados (SGBDs). Esses bancos de dados são baseados no modelo relacional, onde os dados são organizados em tabelas com linhas e colunas. A SQL permite definir a estrutura do banco de dados, inserir, actualizar e recuperar dados por meio de consultas. É uma tecnologia amplamente utilizada há décadas e é conhecida por sua confiabilidade e consistência.

- Modelagem de dados estruturada
- Consultas poderosas
- Integridade e consistência dos dados
- Ferramentas e suporte robustos
- Segurança

Tabela 2.3: Palavras chaves do SQL. Fonte: [17]

Palavra chaves do SQL	Descrição
SELECT	Seleciona (recupera) colunas de uma ou mais tabelas
FROM	Especifica tabelas das quais obter colunas ou excluir linhas Obrigatório em cada instrução SELECT e DELETE
WHERE	Especifica os critérios que determinam as linhas a serem recuperadas
INNER JOIN	Une linhas de várias tabelas para produzir um único conjunto de linhas
GROUP BY	Especifica critérios para agrupar linhas
ORDER BY	Especifica critérios para ordenar linhas
INSERT	Insere dados em uma tabela específica
UPDATE	Atualiza dados em uma tabela específica
DELETE	Exclui dados em uma tabela específica
CREATE	Criar uma nova tabela
DROP	Exclui uma tabela existente
COUNT	Retorna o número de registros que atendem a determinados critérios de pesquisa

2.9.2 NoSQL (Não apenas SQL)

NoSQL que significa Não apenas Linguagem de Consulta Estruturada - *Not only Structured Query Language* (NoSQL), é uma abordagem mais recente para o armazenamento de dados. Diferentemente dos bancos de dados relacionais, os bancos de dados NoSQL não possuem um esquema fixo e não utilizam a linguagem SQL para consultas. Em vez disso, eles se baseiam em outros modelos de dados, como documentos, gráficos, chave-valor e colunas amplamente pode evoluir conforme as necessidades mudam.

- Escalabilidade horizontal
- Alto desempenho
- Suporte a dados distribuídos
- Dados não estruturados
- Baixa latência

Tabela 2.4: Diferenças entre SQL e NoSQL. Fonte: Adaptado de [Autor]

	SQL	NoSQL
Modelo de Armazenamento	Tabelas com colunas e linhas fixas	Documentos JSON, Chave-Valor e outros tipos
Histórico	Desenvolvido nos anos 70, com foco em redução de dados duplicados	Desenvolvido em 2000 com o foco em escalabilidade e mudança rápida de desenvolvimento
Exemplos	Oracle, MySQL, Microsoft SQLServer, e PostgreSQL	Documento: MongoDB e CouchDB, Chave-Valor: Redis DynamoDB, Wide column: Cassandra e HBase, Graph: Neo4j e Amazon Neptune
Esquemas	Rígidos	Flexíveis
Escalonamento	Vertical (Com mais poder de processamento na mesma máquina)	Horizontal (Escala distribuindo em duas ou mais máquinas)
Transações	Suportado	A maioria não suporta, no entanto o MongoDB sim
Joins	Normalmente necessário	Normalmente não é necessário
Mapeamento de Dado para Objeto	Requer um ORM (object relational mapping)	Pode não precisar de um ORM. Os documentos no MongoDB mapeiam diretamente para dados de estrutura das maiores das linguagens

2.10 MySQL e PostgreSQL

Neste projecto, foi utilizado o banco de dados **MySQL**. MySQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional amplamente utilizado, conhecido por sua alta performance, escalabilidade e facilidade de uso. Assim como o PostgreSQL, o MySQL também é uma solução de código aberto, porém é amplamente adoptado em aplicações web devido à sua integração com várias linguagens de programação e servidores web, como PHP e Apache.

As características do MySQL incluem:

- I. **Desempenho Rápido:** MySQL é projetado para ser eficiente e rápido, lidando com grandes quantidades de dados de forma ágil.
- II. **Fácil Integração:** MySQL se integra facilmente a várias linguagens de programação, como PHP, Python, Java e frameworks de desenvolvimento como Django e Laravel.
- III. **Suporte à Replicação:** MySQL permite replicação de dados para garantir alta disponibilidade, distribuindo a carga entre servidores ou mantendo réplicas redundantes.
- IV. **Comunidade e Documentação:** O MySQL tem uma ampla comunidade de desenvolvedores e uma vasta quantidade de recursos e tutoriais disponíveis.

2.10.1 Vantagens do MySQL

O MySQL oferece muitas vantagens ao mercado, incluindo as seguintes:

- **Alto desempenho**, porque a estrutura do motor de armazenamento do MySQL suporta aplicações exigentes com índices parciais de alta velocidade, índices de texto completo e memória caches únicos para um desempenho superior na base de dados.
- **Escalabilidade** e suporte para um crescimento ilimitado de armazenamento em uma pequena pegada.
- **Código Aberto e Gratuito**, o MySQL é uma plataforma de código aberto, o que significa que é gratuita para uso em muitos casos, tornando-o uma solução acessível para desenvolvedores e empresas.
- **Compatibilidade com Web Hosting**, o MySQL é amplamente suportado por servidores de hospedagem e é o padrão em muitos serviços de hospedagem compartilhada, tornando-o ideal para quem desenvolve sites e aplicativos que precisam ser implantados em larga escala.
- **Segurança e Controle de Acesso**, o MySQL oferece vários níveis de controle de acesso e permissões de usuário, permitindo a criação de regras detalhadas para proteger o banco de dados contra acessos não autorizados. Suporta autenticação com SSL, criptografia de dados e auditorias.

2.10.2 Desvantagens do MySQL

- **Suporte limitado a transações complexas**, pode ser menos eficiente em transações avançadas em comparação a outros SGBDs.
- **Desempenho em consultas complexas**, enfrenta dificuldades de performance em consultas com muitas JOINS ou subconsultas.
- **Compatibilidade com padrões SQL avançados**, não implementa completamente todos os padrões SQL modernos.

2.10.3 Vantagens do PostgreSQL

Estas são algumas das principais vantagens da PostgreSQL:

- **Desempenho e escalabilidade** - incluindo suporte geoespacial e simultaneidade irrestrita e ainda análise profunda e extensa de dados em vários tipos de dados.
- **Suporte de simultaneidade** - através da utilização de um Controlo de Concorrência Multiversão- Multiversion Concurrency Control (MVCC), que permite a ocorrência simultânea de operações de escrita e leituras.
- **Integridade de Dados** - o PostgreSQL é rigoroso quanto à integridade de dados, impondo regras de consistência estritas, como restrições de chave estrangeira, verificação de integridade referencial, e garantias de unicidade.
- **Extensibilidade** - o PostgreSQL é altamente extensível, permitindo que os usuários adicionem novos tipos de dados, operadores, funções, linguagens de programação para procedimentos armazenados (como PL/pgSQL, Python, Perl), e até mesmo indexadores personalizados.

2.11 API Face++

A **API Face++** é uma plataforma avançada de serviços baseados em inteligência artificial, desenvolvida pela empresa chinesa Megvii (Face++), especializada em soluções de reconhecimento facial, visão computacional e análise de imagens.

Trata-se de uma ferramenta poderosa e amplamente utilizada em aplicações de segurança, controle de acesso, autenticação de identidade, sendo especialmente útil em sistemas modernos de votação electrónica que exigem mecanismos adicionais de verificação da identidade do eleitor.

2.11.1 Funcionamento da API Face++

A Face++ funciona por meio de requisições HTTP (RESTful API) feitas a partir de sistemas ou aplicações que desejam utilizar seus serviços. As imagens são enviadas para os servidores da plataforma, onde ocorre o processamento utilizando modelos de redes neurais treinados para reconhecimento facial. A resposta é retornada em formato Notação de Objetos JavaScript - *JavaScript Object Notation* (JSON), contendo os dados do rosto detectado ou o grau de similaridade entre dois rostos comparados.

A API oferece funcionalidades como:

- **Detecção de Rosto** - Identifica um ou mais rostos numa imagem e retorna informações como coordenadas faciais, orientação do rosto, idade estimada, entre outros.
- **Verificação de Rosto** - Compara dois rostos para verificar se pertencem à mesma pessoa, retornando um índice de confiança.
- **Reconhecimento Facial** - Identifica um rosto ao compará-lo com uma base de dados previamente cadastrada, retornando o ID da pessoa mais semelhante.
- **Análise de Pontos Faciais** - Detecta pontos específicos do rosto como olhos, nariz, boca e queixo, permitindo aplicações mais avançadas como filtros ou ajustes automáticos.

2.11.2 Integração com o Sistema de Votação

No contexto do presente projecto, a API Face++ é utilizada como mecanismo de verificação da identidade do eleitor antes da autorização do voto.

O processo segue as seguintes etapas:

- **Cadastro Inicial** - Durante o registro, o eleitor tem sua foto capturada via webcam e armazenada como imagem base64 ou arquivo JPEG. Esta imagem é enviada à Face++ para ser associada a um identificador único (ex: número do BI).

- **Verificação de Rosto** - Compara dois rostos para verificar se pertencem à mesma pessoa, retornando um índice de confiança.
- **Verificação no Momento da Votação** - Quando o eleitor se apresenta para votar, uma nova foto é capturada. A imagem capturada é enviada à Face++ juntamente com a imagem de referência cadastrada.
- **Comparação Facial** - A API compara as duas imagens e retorna um valor de confiança, geralmente entre 0 e 100. Caso o valor seja superior a um determinado limiar (por exemplo, 75), o sistema considera que é a mesma pessoa e libera o acesso à urna electrónica.
- **Decisão Automatizada** - Se a verificação facial for bem-sucedida, o eleitor prossegue com a votação. Caso contrário, é exibida uma mensagem de erro e o processo é bloqueado.

2.11.3 Vantagens da Utilização da API Face++

- **Segurança Aumentada** - Reduz drasticamente o risco de fraude ou voto por procuração.
- **Precisão** - Os algoritmos da Face++ têm alta acurácia, suportando variações de iluminação, expressões faciais e ângulos da face.
- **Facilidade de Integração** - A Interface de Programação de Aplicações - *Application Programming Interface* (API) utiliza protocolos simples (HTTP/POST) e retorno em JSON, permitindo integração rápida com sistemas web.
- **Escalabilidade** - Suporta milhares de requisições por minuto, adaptando-se a sistemas de grande porte.

Capítulo 3

Desenvolvimento da Solução e Implementação do Protótipo

3.1 Desenvolvimento da Solução

3.1.1 Análise do Sistema Actual

Actualmente, o processo de controle de fraudes e desvios no sistema eleitoral é feito de forma manual, por responsáveis verificando as reclamações de irregularidades durante o processo eleitoral. Essa verificação geralmente ocorre com o acompanhamento dos votos em papel ou a revisão manual dos resultados em urnas electrónicas. Esse método apresenta diversas falhas, como a possibilidade de erros humanos, atrasos na verificação de fraudes e falta de transparência imediata. Com base nessa análise, foram traçadas directrizes para o novo sistema de urna electrónica e escrutínio em tempo real, visando maior eficiência e segurança.

3.1.2 Modelagem do Sistema Proposto

Descrever um sistema é compor os requisitos de aplicações, que definirão o funcionamento do sistema, os serviços que serão disponibilizados e as restrições que o sistema terá. Os requisitos servem como parâmetros para a modelagem da aplicação antes mesmo de iniciar o desenvolvimento. Esses requisitos podem ser funcionais (definindo as funções que o sistema deverá executar) ou não funcionais (relacionados ao uso da aplicação, como desempenho, usabilidade e tecnologias envolvidas).

Requisitos Funcionais Para os Dispositivos Hardware

- Verificação de eleitores;
- Notificação de fraudes;
- Contagem de votos em tempo real;
- Bloqueio de eleitores não autorizados.

Requisitos Funcionais para a Página Web

- Cadastro de eleitores;
- Visualização dinâmica dos resultados;
- Usar um sistema de login e autenticação segura.

Requisitos não Funcionais para a Página Web

- O sistema deve ser acessível no ambiente Web por qualquer dispositivo que possua navegador e acesso à internet;
- Os dados devem ser armazenados de forma segura em um banco de dados, garantindo a integridade e a confidencialidade dos votos;
- A interface do aplicativo deve ser simples e intuitiva;
- Aplicação de medidas de segurança.

3.1.3 Descrição da Solução

O sistema proposto envolve o uso de urnas electrónicas equipadas com mecanismos de verificação facial e leitura de QR Code, que validarão os eleitores e permitirão o registro do voto de forma segura. Um software de escrutínio em tempo real será responsável por contar e registrar os votos, enviando actualizações contínuas para um servidor central. No caso de detecção de fraudes ou irregularidades, o sistema poderá notificar automaticamente os fiscais e até mesmo bloquear temporariamente as urnas envolvidas até que a situação seja verificada. Este sistema trará maior transparência, eficiência e segurança para o processo eleitoral.

3.2 Ferramentas Usadas Para o Desenvolvimento do Protótipo

3.2.1 Arduíno IDE

Arduino IDE é uma aplicação de plataforma cruzada, escrito em funções de C e C++. É usado para escrever e fazer upload de programas em placas compatíveis com Arduíno, mas também, com a ajuda de núcleos de terceiros, outras placas de desenvolvimento de fornecedores.

3.2.2 Visual Studio Code (VSCode)

O Visual Studio Code é um editor de código-fonte de alta performance, desenvolvido pela Microsoft, conhecido por sua leveza e rapidez. Oferece suporte a uma ampla gama de linguagens de programação, integração nativa com o Git, ferramentas de depuração, terminal integrado e extensibilidade através de uma vasta biblioteca de extensões disponíveis na Visual Studio Code Marketplace. Sua comunidade ativa e atualizações regulares, juntamente com a capacidade de personalização, fazem dele uma escolha popular entre os desenvolvedores. Contudo, é uma plataforma cruzada, disponível para Windows, macOS e Linux, tornando-o acessível a desenvolvedores em diferentes ambientes.

VSCode oferece recursos avançados, como realce de sintaxe, sugestões inteligentes de código, navegação rápida entre tags, inspeção de propriedades Folhas de Estilo em Cascata - *Cascading Style Sheets* (CSS), e até mesmo a capacidade de visualizar alterações em tempo real através de extensões ou servidores de desenvolvimento integrados. Essas características facilitam significativamente o desenvolvimento e a manutenção de código Linguagem de Marcação de HiperTexto - *HyperText Markup Language* (HTML) e CSS, proporcionando um ambiente eficiente e amigável para desenvolvedores que utilizam essas tecnologias.

3.3 Implementação do Protótipo

3.3.1 Solução

A solução proposta para resolver a pergunta colocada em 1.3 é repartida em duas componentes, a de *hardware* e *software*, como ilustra a figura 3.1. Para a parte do *hardware* propõe-se o uso do microcomputador Raspberry Pi 5, que oferece alto desempenho e conectividade integrada, juntamente com uma WebCam USB para captura da imagem do eleitor, e um display Touchscreen oficial da Raspberry Pi para interação com o sistema. Esses componentes permitem a colecta eficiente dos dados do eleitor, sua visualização em tempo real e a transmissão segura para o banco de dados por meio de conexão à *Internet*. Para o *software* serão usadas linguagens de programação e marcação para criação de um *web site* que será o meio de gestão de cadastros de eleitor e votação, e outra linguagem de programação para o microcomputador. E para gestão e armazenamento de dados fez-se uso do banco de dados MySQL.

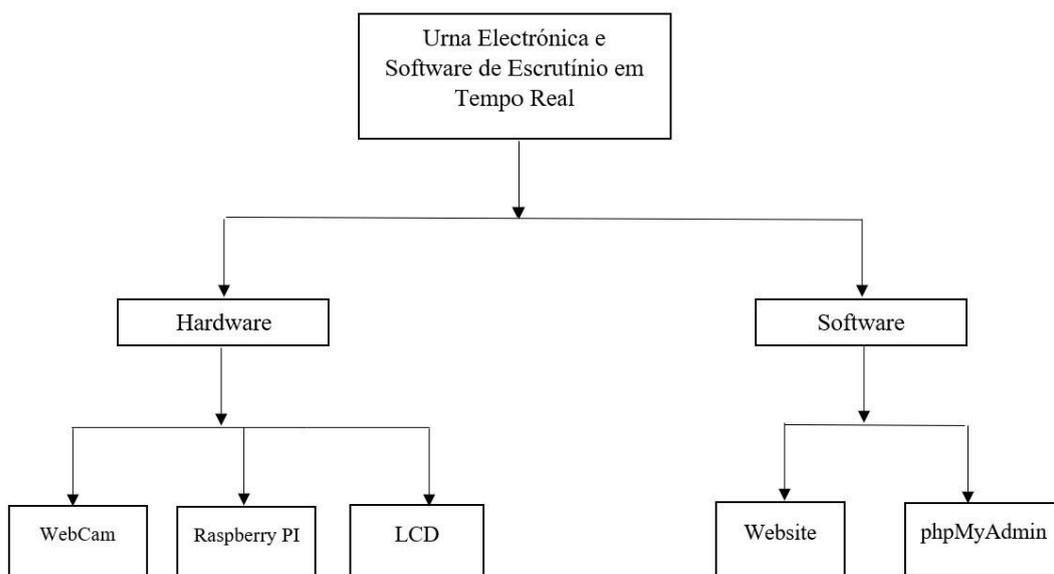


Figura 3.1: Diagrama da estrutura do protótipo. Fonte: Adaptado [Autor]

A figura 3.2 ilustra o fluxograma do funcionamento geral do sistema:

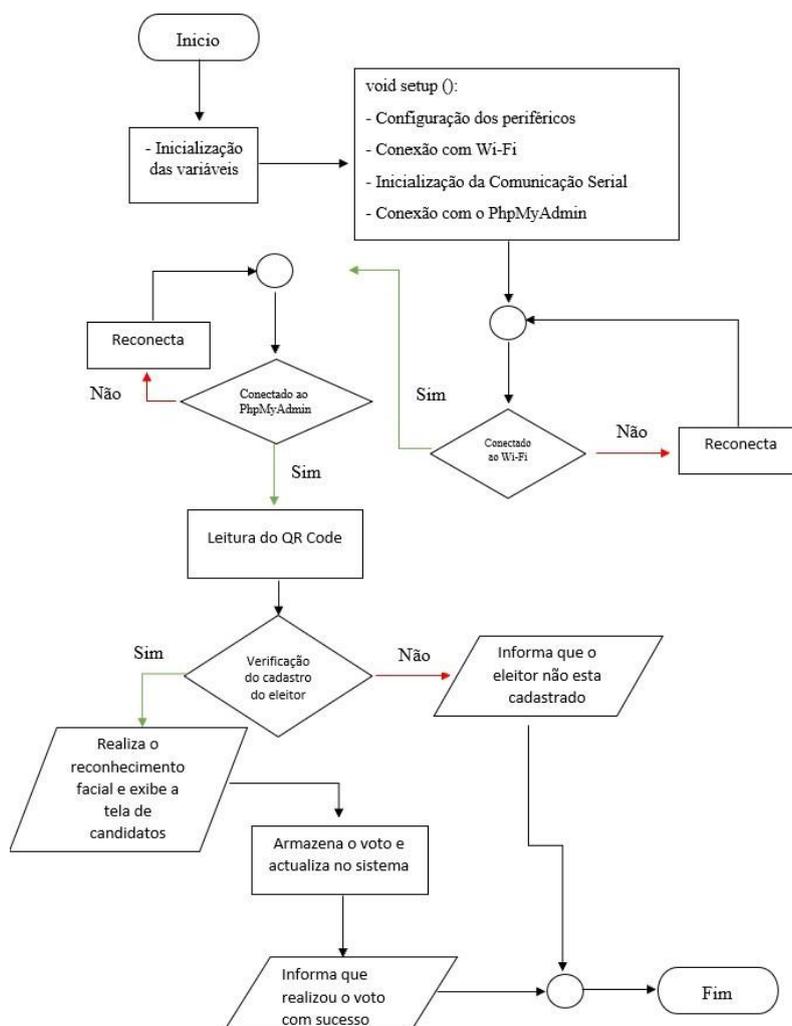


Figura 3.2: Fluxograma geral. Fonte: Adaptado [Autor]

3.3.2 Hardware

Nesta parte do capítulo, serão abordados todos os detalhes relacionados à implementação do sistema de gestão e controle de fraudes e irregularidades no processo de votação electrónica, em conformidade com os elementos de hardware e software previamente identificados na figura 3.1, de modo a atender aos requisitos do sistema. O núcleo do projecto é o microcomputador, que será responsável por estabelecer a comunicação entre todos os periféricos de entrada e saída, e também gerenciar aspectos relacionados ao software, garantindo a integração eficiente do sistema. A figura 3.3 ilustra a comunicação entre os dispositivos hardware.

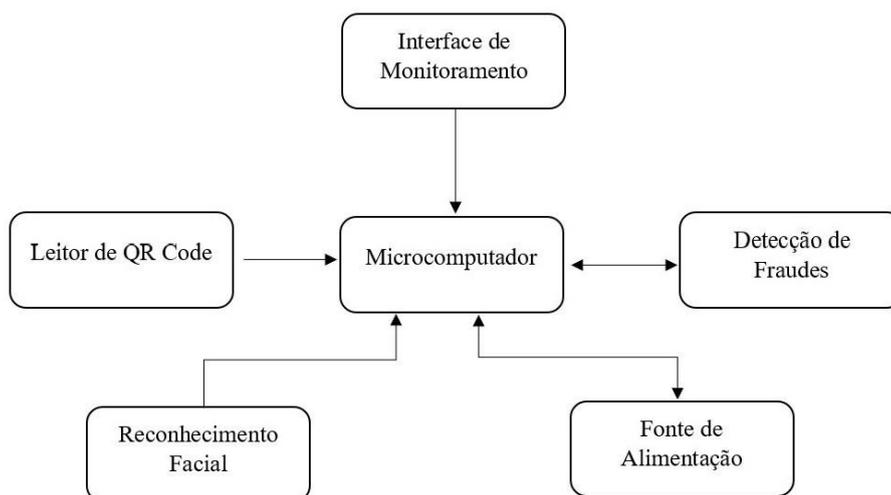


Figura 3.3: Diagrama de hardware do protótipo. Fonte: **[Autor]**

3.3.2.1 Microcontrolador

Abordados no capítulo 2, na secção 2.5, este é o principal elemento do sistema desenvolvido, visto que é responsável pela integração de todos dispositivos nesse sistema.

Critérios usados para a escolha do Microcomputador:

- Capacidade de processamento e clock do processador;
- Arquitetura compatível com sistemas embarcados e sistemas operacionais como Linux;
- Memória RAM disponível e suporte a armazenamento externo (microSD ou SSD);
- Escalabilidade para expansão de funcionalidades futuras;
- Suporte a periféricos como câmeras, displays e sensores biométricos;
- Tamanho, encapsulamento, dimensão e custo;
- Facilidade de programação, de efectuar requisições HTTP e de realizar actualização para outras versões.

Face aos critérios usados foram seleccionados três microcontroladores e um microcomputador, como mostra a tabela 3.1 a seguir, onde se foi escolhido o microcomputador Raspberry PI 5.

Tabela 3.1: Critérios para a escolha do microcontrolador. Fonte: Adaptado [Autor]

Aspectos	ESP8266	ESP32	Arduino Uno	Raspberry Pi 5
Corrente (mA)	197	220	40	600 - 1000
Núcleo	1	2	1	A76
Arquitectura (bits)	32	32	8	64
Clock (MHz)	80-160	160-240	16	2400
Conectividade	WiFi	WiFi e Bluetooth	Nenhuma	Wi-Fi, Bluetooth e Ethernet Gigabit
RAM e Flash	160KB e 16MB	512KB e 16MB	2KB e 32 KB	8GB
GPIO	13	36	20	40
Custo (MZN)	1,200.00	1,650.00	1,500.00	7,500.00
Tamanho (mm x mm)	49x26	54.4X27.9	68.58x53.34	85x56

Raspberry Pi 5

Para o desenvolvimento do sistema, será utilizado o microcomputador Raspberry Pi 5, uma plataforma robusta e versátil que permite a execução de sistemas operacionais completos, como o Raspberry Pi OS (baseado em Linux). O Raspberry Pi 5 foi escolhido por oferecer alto desempenho, múltiplas interfaces de entrada/saída e excelente capacidade de integração com sensores, módulos e periféricos necessários ao funcionamento do sistema. A disposição dos seus conectores e pinos GPIO pode ser vista na Figura 2.4.

A comunicação com a página *web* e o banco de dados será realizada via conexão *Wi-Fi*, suportada nativamente pelo Raspberry Pi 5, além de contar com uma porta Ethernet para redes com fio. Suas características técnicas estão detalhadas na subsecção 3.3.2.3.

O Raspberry Pi 5 inclui conectividade avançada, como Wi-Fi 802.11ac de banda dupla, Bluetooth 5.0, e suporte para expansão via PCIe, tornando-se ideal para aplicações que exigem alta performance em ambientes embarcados ou conectados à nuvem.

3.3.2.2 Módulo ESP8266

Este módulo apresentado na figura 2.3, descrito na subsecção 2.4.2.1, tem as seguintes especificações técnicas:

- Programação e alimentação: via Micro-USB;
- Chip USB serial: CH340;

- Alcance de antena: 90m;
- Memória RAM: 20kb;
- Memória Flash: 4Mb;
- Tensão de operação: 5V – 9V (via MicroUSB e pino VIN);
- Corrente de operação: em média 70 mA(com picos de 200mA);
- Chip WiFi ESP8266: 12E com conexão WiFi padrão 802.11 b/g/n e antena embutida;
- 10 portas GPIOs: Com funções de MISO, MOSI, SCK, PWM, I2C, SPI e RX, TX(Comunicação Serial);

3.3.2.3 Raspberry PI 5

Este módulo apresentado na figura 2.4, descrito na subsecção 2.5.1, tem as seguintes especificações técnicas:

- Processador: Broadcom BCM2712, Quad-core Arm Cortex-A76 a 2.4 GHz (64 bits);
- GPU: VideoCore VII com suporte a OpenGL ES 3.1 e Vulkan 1.2;
- Armazenamento: Slot para cartão microSD (com suporte a UHS-I) + suporte opcional a SSD via PCIe;
- Alimentação: 5V via conector USB-C (mínimo recomendado: 5V 5A);
- Vídeo: 2 portas micro-HDMI (resolução até 4K60p duplo ou 4K60p + 1080p60);
- Áudio: via HDMI ou jack de áudio de 4 pinos (áudio + vídeo composto);
- Portas USB: 2 × USB 3.0 e 2 × USB 2.0;
- Resfriamento: suporte nativo a ventoinha, sensor térmico e controladores de tensão;
- Dimensões: 85 mm × 56 mm × 18 mm (sem acessórios);
- Peso: aproximadamente 46g;
- Sistema operacional: Raspberry Pi OS (Linux) e compatível com outras distribuições como Ubuntu, Windows IoT Core.

3.3.2.4 Leitor Digital Persona

Este módulo apresentado na figura 2.6, descrito na subsecção 2.6.2, tem as seguintes especificações técnicas:

- Sensor óptico: com revestimento em silicone para maior precisão na leitura de digitais;
- Resolução: 512 dpi (pontos por polegada);
- Área de captura: 14,6 mm x 18,1 mm;
- Profundidade de imagem: 8 bits;
- Alimentação: 5V via porta USB;
- Corrente de operação: <100 mA em uso, até 120 mA em modo inactivo, <0,5 mA em suspensão;
- Dimensões físicas: 65 mm (C) x 36 mm (L) x 15,56 mm (A);
- Peso: aproximadamente 105g;
- Compatibilidade: Windows 7/8/10/11 (32 e 64 bits);

3.3.3 Arquitetura do Hardware do Protótipo

A presente subsecção descreve os componentes de hardware empregados na construção do protótipo e suas respectivas interconexões. O núcleo do sistema é o Raspberry Pi 5, que opera como a unidade de processamento central. A interface homem-máquina é assegurada pelo Raspberry Pi 5 Touchscreen Display, que permite a interação visual e por toque com o sistema.

Para a funcionalidade de aquisição de dados visuais, uma webcam externa foi integrada ao sistema. A alimentação de energia de todos os componentes é fornecida por uma fonte de alimentação dedicada, garantindo a operação estável e contínua do sistema.

A figura 3.4, apresentada a seguir, ilustra de forma detalhada o esquema de interconexões físicas e lógicas que compõem a arquitetura do hardware.

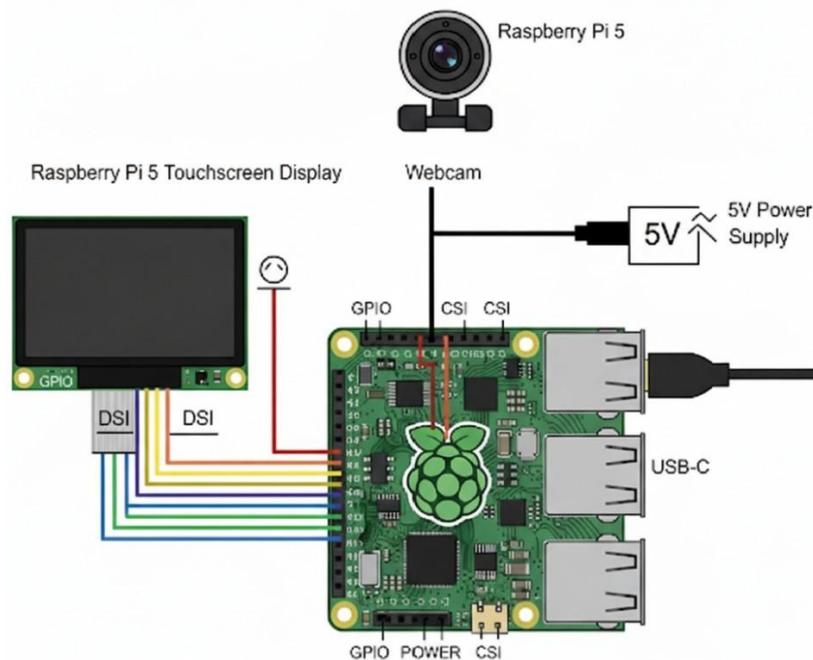


Figura 3.4: Esquema de conexões do hardware do protótipo. Fonte: Adaptado pelo [Autor]

3.3.4 Software

A página para a gestão do sistema de votação electrónica foi desenvolvida para atender às necessidades dos administradores, permitindo o controle eficiente dos eleitores, individualmente ou em conjunto. Foi criada uma página web que garante o monitoramento em tempo real do processo eleitoral, além de integrar um banco de dados para armazenar os dados obtidos, assegurando a análise posterior e melhorias contínuas no sistema.

3.3.4.1 Desenvolvimento da página Web

A figura 3.5 mostra a arquitectura básica da página Web:

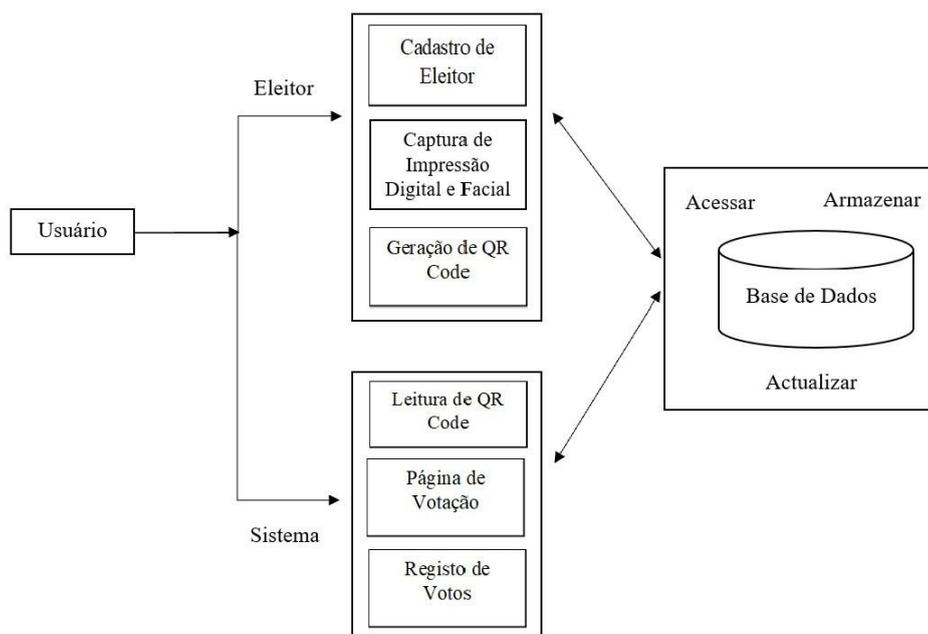


Figura 3.5: Diagrama da arquitectura da página Web do protótipo. Fonte: Adaptado pelo [Autor]

Para o desenvolvimento da página Web foram usados os seguintes recursos:

- Linguagem de programação: PHP;
- Linguagem de marcação: HTML;
- Linguagem de estilo: CSS;
- Banco de dados: PhpMyAdmin;

3.3.4.2 HTML

HTML é uma linguagem de marcação para criação de páginas Web e aplicações Web. HTML descreve a estrutura de uma página Web semanticamente. Um código HTML pode conter códigos de linguagens como PHP e JavaScript.

3.3.4.3 CSS

CSS é uma linguagem de estilo da folha usada para organizar a apresentação de um documento escrito numa linguagem de marcação. Esta linguagem é frequentemente usada para definir estilos visuais de uma página Web e interfaces dos usuários escritos em HTML e XHTML, mas também pode ser usada em qualquer documento XML.

3.3.4.4 PHP

O Pré-processo de hipertexto - *Hypertext Preprocessor* (PHP) é uma linguagem de programação server-side (lado servidor), muito utilizado em páginas Web por oferecer interactividade entre o usuário e a aplicação, tornando às páginas dinâmicas. Seu código fica embutido junto a linguagem de marcação do HTML.

As requisições são submetidas através da Uniform Resource Locator (URL) onde, vão para o servidor que se encarrega de interpretar o código em PHP que faz a montagem da página em HTML devolvendo para o navegador. Através destas requisições também é possível fazer consultas em base de dados.

3.3.4.5 Relacionamento entre as Tabelas no Banco de Dados

O modelo relacional é a base da organização de dados em sistemas modernos de informação, pois permite estruturar informações de forma consistente, normalizada e segura. Com base nesses princípios, o sistema foi modelado através de um diagrama de relacionamento de tabelas, que representa graficamente como as entidades (tabelas) se conectam entre si. Esse diagrama evidencia como os dados fluem desde o cadastro do eleitor até o escrutínio e auditoria, reforçando a transparência e confiabilidade do processo eleitoral. A figura 3.6 apresenta o diagrama de relacionamento das tabelas do banco de dados desenvolvido para o sistema de votação.

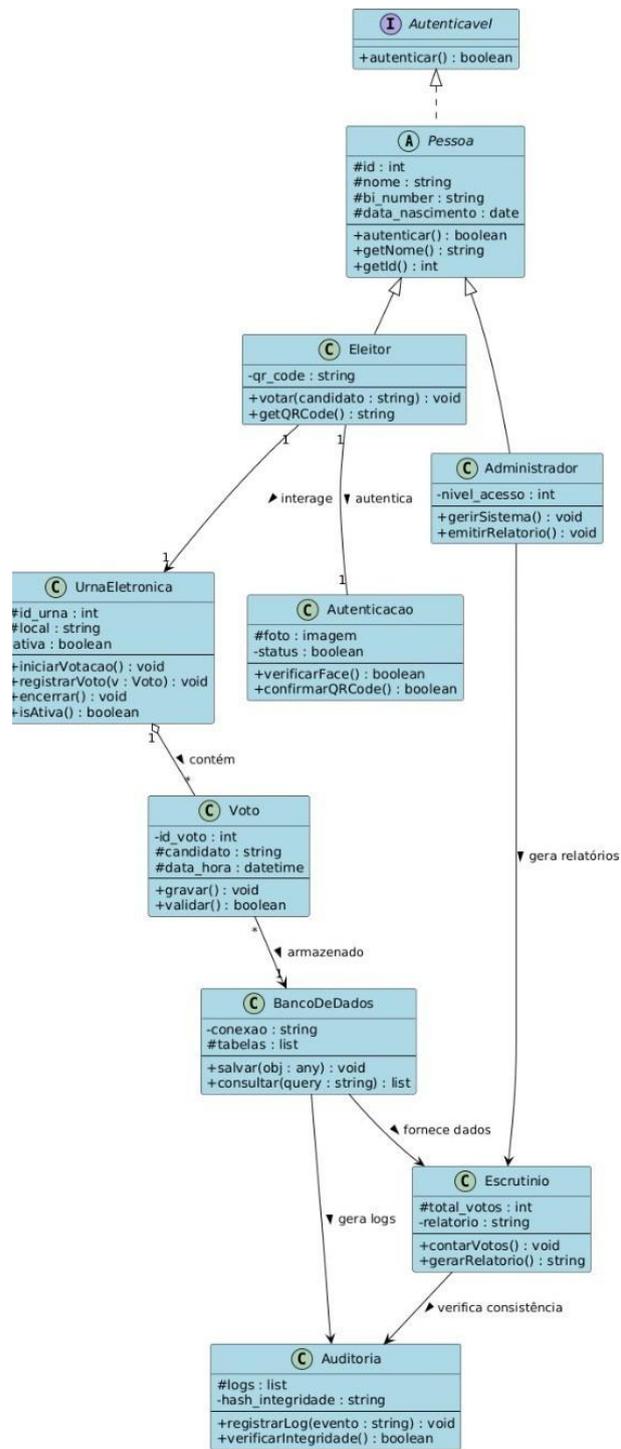


Figura 3.6: Diagrama UML do sistema de votação. Fonte: Adaptado pelo [Autor]

3.4 Fluxo Conceitual da Urna Electrónica e do Escrutínio em Tempo Real

O diagrama da figura 3.7, apresenta uma visão conceitual do sistema de urna electrónica e escrutínio em tempo real, organizado em etapas interligadas que refletem o fluxo do processo eleitoral. O ciclo inicia-se no Cadastro do Eleitor, onde os dados pessoais são preenchidos e associados a um código identificador (QR Code). Em seguida, ocorre a etapa de Autenticação, que garante a legitimidade do eleitor por meio de tecnologias biométricas, como o reconhecimento facial.

Após a validação da identidade, o eleitor tem acesso à Votação, realizada directamente na urna electrónica, onde procede à escolha do candidato. O voto é posteriormente enviado para a etapa de Armazenamento, que utiliza um banco de dados (MySQL) para registrar de forma segura e inviolável as informações. A etapa de Segurança permeia todo o sistema, garantindo criptografia, privacidade e integridade dos votos. Por fim, o Escrutínio realiza a contagem em tempo real e possibilita auditorias, assegurando transparência no processo eleitoral.

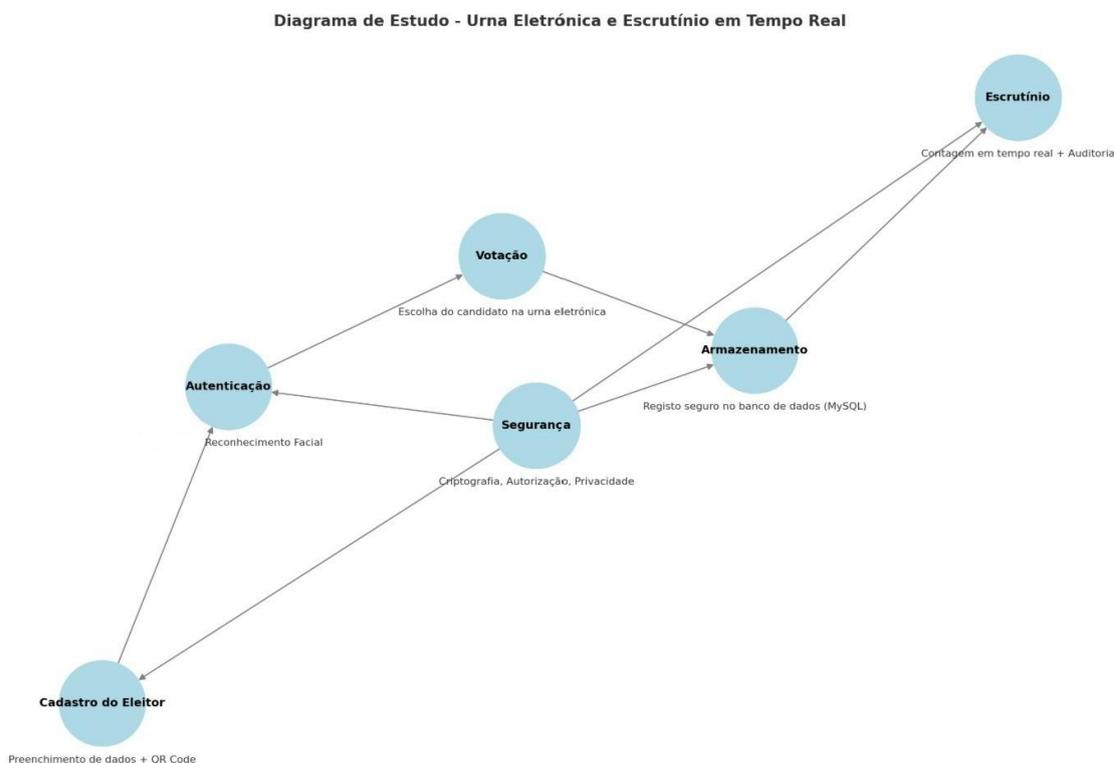


Figura 3.7: Diagrama conceitual do sistema de urna electrónica e escrutínio em tempo real. Fonte: Adaptado pelo [Autor]

3.5 Arquitetura de Componentes do Sistema de Urna Eletrônica e Escrutínio em Tempo Real

O diagrama da figura 3.8, apresenta a arquitetura de componentes do sistema de urna eletrônica e escrutínio em tempo real. O processo inicia com a captura de dados por meio da Webcam/Leitor de QR Code e da urna eletrônica (Raspberry Pi 5), que enviam informações via HTTPS para a Interface Web. Esta, por sua vez, comunica-se com a API através de REST/HTTPS.

A API é responsável por integrar os principais módulos: o Banco de Dados (MySQL) para registo seguro dos votos, o Serviço de Autenticação (reconhecimento facial) para validar a identidade do eleitor, a Fila de Eventos em tempo real para processamento imediato dos votos e o Módulo de Auditoria, que armazena logs e assinaturas digitais garantindo rastreabilidade e transparência.

Contudo, o diagrama evidencia como os diferentes componentes de software e hardware se interligam, assegurando coleta, autenticação, armazenamento, auditoria e escrutínio em tempo real.

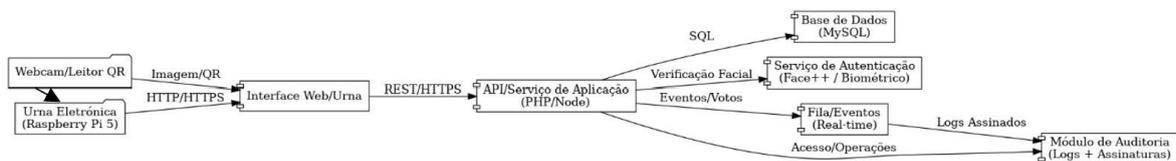


Figura 3.8: Diagrama de arquitetura de componentes da urna eletrônica e do sistema de escrutínio em tempo real. Fonte: Adaptado pelo [Autor]

3.6 Custos e Mão-de-obra

Na tabela 3.2 são apresentados os componentes do circuito e seus custos, sendo o custo total de 97.850,00 MZN, para a implementação deste protótipo.

Tabela 3.2: Custo dos componentes do projecto. Fonte: Adaptado [Autor]

Componentes	Quantidades	Custos (MZN)
Raspberry PI 5	1	8.700,00
Leitor Digital Persona	1	7.400,00
Raspberry PI Display	1	4.600,00
WebCam	1	1.350,00
Hospedagem da Página	-	700,00
Conectores	10	100,00
Mão-de-obra		75.000,00
Total		97.850,00

Capítulo 4

Testes e Validação

Neste capítulo, são apresentados e discutidos os principais resultados obtidos a partir da fase de testes com o protótipo desenvolvido. Os testes foram conduzidos no contexto das eleições para o cargo de Director da Faculdade de Engenharia, com o objectivo de validar a eficácia do sistema proposto. A avaliação centrou-se na verificação da comunicação entre os dispositivos electrónicos utilizados, a integração dos módulos funcionais, e a interação com o banco de dados (PhpMyAdmin). Avaliou-se o correcto funcionamento da interface web, garantindo que os dados fossem registrados, consultados e actualizados em tempo real durante todo o processo de votação.

A página inicial funciona como ponto de entrada para o sistema, onde o usuário pode acessar as funcionalidades principais, como cadastro, consulta de registro e leitura do seu QR Code e acesso ao painel administrativo somente pela pessoa privilegiada figura, 4.1.

Pode-se observar na figura 4.2 a ilustração do cadastro do funcionário na página web e a actualização dos dados na base de dados na figura 4.3. Em seguida, na figura 4.4, após o cadastro, gera-se o QR Code do funcionário eleitor.

Durante o processo de votação, o eleitor realiza a leitura do QR Code na página inicial, obtido no momento do cadastro. Em seguida, todas as informações do funcionário são apresentadas, como pode ser visto na figura 4.5. Após a verificação de que os dados estão registrados corretamente no sistema, o eleitor pode confirmar suas informações por meio de um botão, que redireciona para a página de reconhecimento facial, representada na Figura 4.12. O procedimento finaliza a autenticação do eleitor, garantindo que apenas o cidadão legítimo possa exercer o direito ao voto.

Por fim, o eleitor é direcionado à etapa de escolha do candidato, figura 4.13. Após a sele-

ção, o voto é devidamente registrado e actualizado em tempo real no sistema, conforme ilustrado na figura 4.14.

O mesmo procedimento foi replicado para o cadastro dos estudantes, conforme apresentado na figura 4.7. O processo foi rigorosamente aplicado a todos os demais perfis de eleitores, assegurando a validação completa de cada etapa do fluxo de votação — desde a autenticação da identidade até o registro final do voto. Após a conclusão do processo de votação por todos os grupos (docentes, investigadores, estudantes e corpo técnico-administrativo), o sistema gera automaticamente um relatório consolidado contendo os resultados parciais por categoria de votante figura 4.15.

Em seguida, os resultados são submetidos ao cálculo ponderado conforme os pesos definidos: 50% para docentes e investigadores, 30% para o corpo técnico-administrativo (CTA) e 20% para os estudantes. O sistema realiza o processamento automático dos dados para determinar a pontuação final de cada candidato, utilizando uma planilha do Microsoft Excel como ferramenta auxiliar para o cálculo dos valores ponderados conforme o peso atribuído a cada categoria de eleitor. Cada grupo (docentes/investigadores, estudantes e CTA) tem seus votos convertidos em percentuais relativos ao peso correspondente, e o Excel aplica as fórmulas necessárias para somar os resultados parciais e obter a pontuação final de cada candidato.

O candidato que obtiver a maior pontuação total, após o processamento e consolidação dos dados, é oficialmente declarado vencedor do processo eleitoral, como ilustrado na figura 4.17.

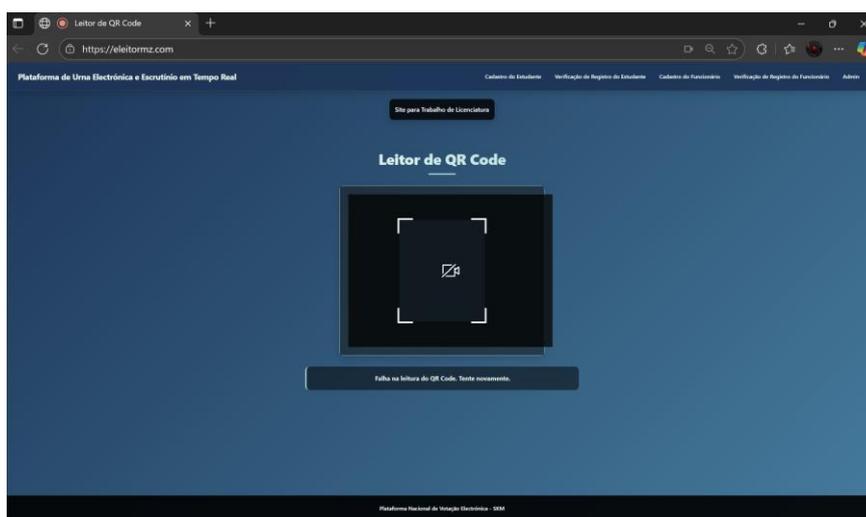


Figura 4.1: Página inicial da Plataforma de Urna Electrónica e Escrutínio em Tempo Real.

Fonte: [Autor]

Cadastro do Funcionário da UEM

Nome Completo: *

Shyam Kauzique Maganlal

Tipo de Documento: *

Bilhete de Identidade

Número do Documento: *

110100382955J

Data de Nascimento:

1/1/2001

Sexo:

Masculino

Endereço Completo:

Avenida HO CHI MINH, ALTO MAE

Data de Emissão:

23/2/2024

Data de Validade:

22/2/2029

Telefone:

824315785

E-mail: *

shyam.maganlal@gmail.com

Informações Académicas

Faculdade:

Faculdade de Engenharia

Grau Académico Mais Elevado:

Doutor

Departamento: *

Electrónica

Experiência Administrativa:

-- Seleccionar --

Carreira Profissional: *

Docente

Categoria Actual:

Professor Associado

Observações (opcional):

Foto do Docente (obrigatório): *



Capturar Foto

Cadastrar

Figura 4.2: Cadastro do funcionário na Web Page. Fonte: [Autor]

Dashboard Administrativo

Área do Cliente | Meu MozOut

srv1.mozout.co.mz / localhost /

phpMyAdmin

Showing rows 4 (0 total, Query took 0.0881 seconds)

SELECT * FROM `docentes`

Profiling | Edit table | Explain SQL | Create PHP code | Refresh

Show all | Number of rows: 23 | Filter rows | Search this table | Sort by key | None

Extra tables:

	id	full_name	document_type	id_number	dob	gender	neighborhood	issue_date	validity_date	phone	email	faculdade	outra_faculdade	academic_degree	outra_categoria
	45	Ronan Rêa Cade	BI	11010009000P	1977-04-17	F	Ay. Ho Chi Minh	2020-08-19	2030-08-18	848105441	ronan.cade@uem.mz	Engenharia		Mestre	
	66	Somali Mahumane	BI	11010005462DC	1979-06-08	M	Rua Tronco do Aba-Q-28 casa 73	2021-10-14	2031-10-13	+25846048038	smahumane@gmail.com	Engenharia		Licenciado	
	73	Davi Jacze	BI	11010025362UJ	1979-11-05	M	Rua Alfredo Kall 502	2023-09-15	1979-01-04	833063782	jacze@uem.mz	Engenharia		Doutor	
	79	Zuliano Zúñiga	BI	110102121700M	1979-10-07	M	Imbaia 2, 011A, Casa 432	2022-05-06	2032-05-05	827440980	zulianozuniga@gmail.com	Engenharia		Licenciado	
	80	Abraão Focula	BI	11010084803YC	1979-10-28	M	Barro da Marinhosa Rua de Manicouane casa 154	2021-10-13	2031-10-12	844737803	gondal@gmail.com	Engenharia		Licenciado	

Check all | With selected | Edit | Copy | Delete | Export

Show all | Number of rows: 23 | Filter rows | Search this table | Sort by key | None

Query results operations

Print | Copy to clipboard | Export | Display chart | Create view

Figura 4.3: Actualização dos dados na base de dados. Fonte: [Autor]

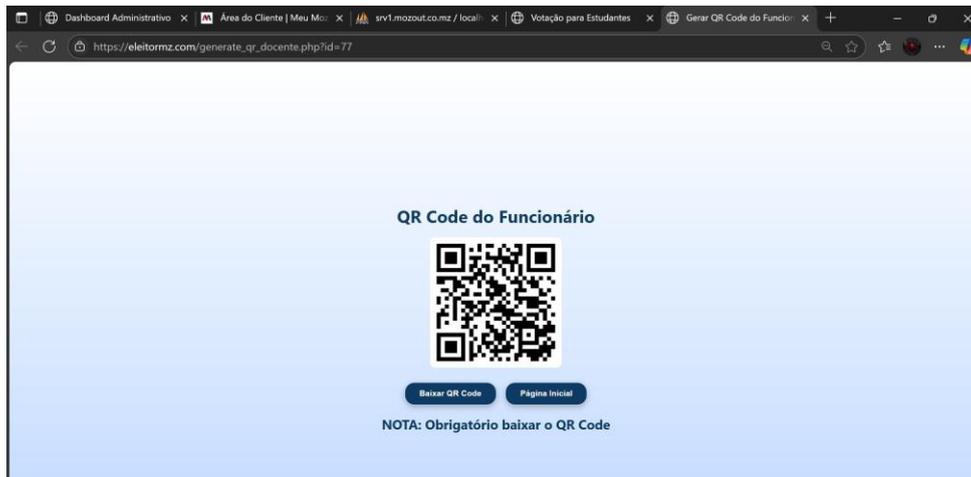


Figura 4.4: Atribuição do QR Code após o cadastro do funcionário. Fonte: [Autor]

Dados do Docente

Nome Completo: SHYAM KAUXIQUE MAGANLAL

Tipo de Documento: BI

Número do Documento: 110100382955J

Data de Nascimento: 2001-01-01

Gênero: M

Bairro: Avenida HO CHI MIN, ALTO MAE

Data de Emissão: 2023-05-23

Validade do Documento: 2028-05-22

Telefone: 824315785

Email: SHYAM.MAGANLAL@GMAIL.COM

Faculdade: Engenharia

Grau Académico: Doutor

Departamento: Electrónica

Experiência Administrativa: Director do Curso

Carreira Profissional: Docente

Categoria Actual: Professor Associado



[Confirma](#)

Figura 4.5: Página de visualização dos dados do funcionário. Fonte: [Autor]

Bem-vindo ao Painel Administrativo

Visão Geral

Lista de Funcionários

Total de Funcionários: 5
Votaram: 0 | Não Votaram: 5

#	Nome	Documento	Tipo	Data Nascimento	Validade	Sexo	Bairro	Telefone	Email	Faculdade	Outra Fac.	Outra Grad.	Outra Grad.	Departamento	Esp. Admin.	Outra Exp.	Cargos	Outra Cargos	Categoria	
1	Diego Junior	110100203023	SR	1970-11-08	2023-08-31	M	Rua Afrânio Peixoto	25363310	diego@bem.rn.br	Engenharia				Engenharia Civil			Professor	Docente	Professor Coordenador	
2	Jorge Ribeiro Pinheiro	110100940310	SR	1978-10-28	2021-12-31	M	Bairro de Maracana Rua de Maracana Casa 268	84707000	gerente@gmail.com	Engenharia				Engenharia Civil			Diretor do Curso	Docente	Assistente	
3	Osvaldo Ara Costa	110100098008	SR	1971-05-17	2020-08-31	F	Av. Ho Chi Minh	84815441	osvaldo@bem.rn.br	Engenharia				Engenharia Eletrônica			Diretor Adjunto	Docente	Assistente	
4	Renato Samuel Mathuram	110100060202	SR	1979-04-08	2021-11-30	M	Rua Teodoro de Alca O.28 Casa 73	12004884038	renatosamuel@gmail.com	Engenharia				Departamento de Tecnologia de Informação e Comunicação			Coordenador de Departamento		CTA	CTA
5	Juliano José de Melo	110102021008	SR	1979-10-07	2022-05-05	M	Itaíba 3, Q17A, Casa 432	82794090	meloculminez@gmail.com	Engenharia				LECEL			Diretor do Curso	Docente	Assistente	

Figura 4.6: Página de visualização da lista dos dados dos funcionários após os cadastros.
Fonte: [Autor]

Cadastro de Estudante da UEM

Nome Completo: *

Shyam Kauzique Maganlal

Número de Estudante: *

20195326

Sexo:

Masculino

Departamento:

Engenharia Eletrônica

Curso: *

Engenharia Eletrônica

Ano de Ingresso: *

2019

Email Institucional: *

shyam.maganlal@gmail.com

Endereço Completo:

Avenida HO CHI MINH, ALTO MAE

Telefone:

824315785

Foto do Estudante (obrigatório): *

Capturar Foto

Cadastrar

Figura 4.7: Cadastro do estudante na Web Page. Fonte: [Autor]

	id	nome	numero_estudante	sexo	departamento	curso	ano_ingresso	email	endereco	telefone	foto	face_token
	26	Shena Anadia Tenda	20221857	Feminino	Engenharia Civil	Engenharia Civil	2022	shena.tenda@uem.ac.mz	Q 138, casa 52, Machava Buitiça, Matola	843707416	shena_tenda.png	a547455a2b945
	27	Luís Bandeira de Castro		Masculino	Engenharia Civil	Engenharia Civil	2016	luiscaastro@uem.ac.mz	Marocco boene	678766605	lis_caastro.png	68e2ae41d3ca8
	28	Jacinto Vusado Bile Rosângela	20213482	Masculino	Engenharia Electrotécnica	Engenharia Electrotécnica	2022	jacinto.vbile@uem.ac.mz	Rosângela Universitária R6	846451724	jacinto_bile.png	ca38537f8ca47
	31	Zeca Jerónimo	20209640	Feminino	Engenharia Química	Engenharia Química	2020	rossangela.mataruca@uem.ac.mz	Districto Municipal KaMubukwana, Bairro Magoanane 6.	+258848860227	rossangela_mataruca.png	d819b71d0dfec3
	32	Rabli Costa Mutapa	20090436	Masculino	Engenharia Química	Engenharia Química	2009	mutapa@gmail.com	Mafalala	842771711	rabli_mutapa.png	84277ca184af9
	33	Gilvo Augusto Machavana	20212688	Masculino	Engenharia Electrotécnica	Engenharia Electrotécnica	2021	gilvo.machavana@uem.ac.mz	Bairro São Dâmaso	820810445	gilvo_machavana.png	5ccb979ed10a5
	34	Alberto Petrosse Diale Junior	20181915	Masculino	Engenharia Civil	Engenharia Civil	2018	alberto.petrosse.junior@uem.ac.mz	Matola, Isalala	841198418	alberto_jnior.png	6b407d4681a65
	36	DA GLORIA Mafuane	20181933	Masculino	Engenharia Civil	Engenharia Civil	2018	herculano.mafuane@uem.ac.mz	Maputo, Matola Rio Mozal	823944772	herculano_mafuane.png	fdfce6b175476
	38	Prudencia Celeste Carlos Magoa	20191945	Feminino	Engenharia Civil	Engenharia Civil	2019	prudencia.magoa@uem.ac.mz	Matola, fomento saia	842398407	prudencia_magoa.png	58f11a682c689
	39	Kyana Martins Chicume	20212883	Feminino	Engenharia Médica	Engenharia Médica	2021	kyana.chicume@uem.ac.mz	Cidade de Maputo, bairro do Alto Mao A. Av. Eduardo	844338985	kyana_chicume.png	dda56223dafd2
	40	Hednyra Manhamanha	20212459	Feminino	Engenharia Química	Engenharia Química	2021	hednyra.manhamanha@uem.ac.mz	Bairro de Jardim, Rua do algodão	845280070	hednyra_manhamanha.png	fdcd885495271

Figura 4.8: Actualização dos dados na base de dados. Fonte: [Autor]

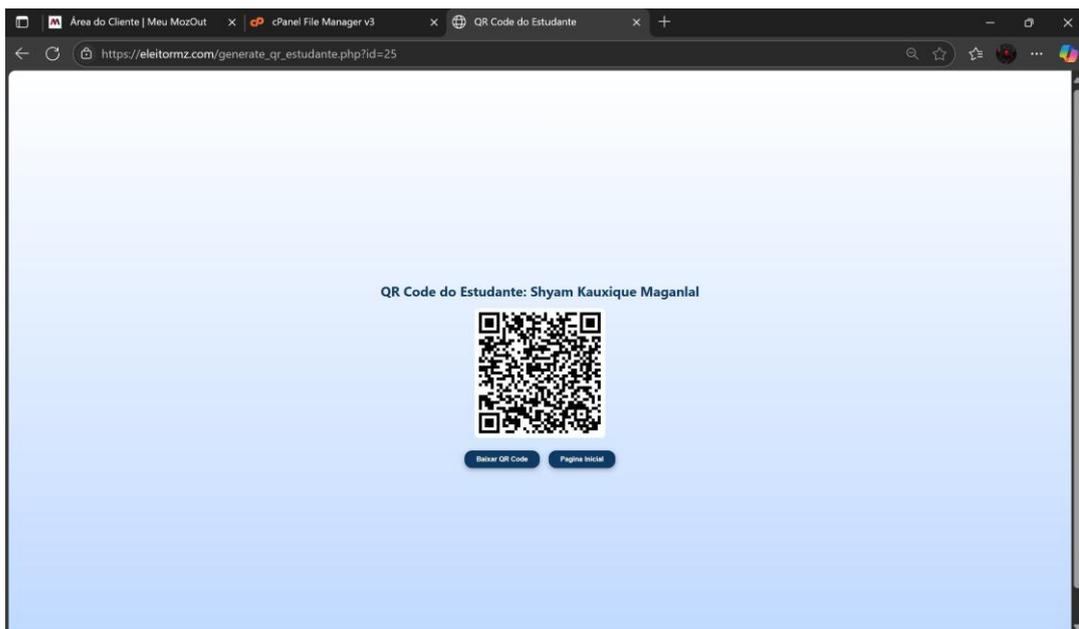


Figura 4.9: Atribuição do QR Code após o cadastro do estudante. Fonte: [Autor]



Figura 4.10: Página de visualização dos dados do estudante. Fonte: [Autor]

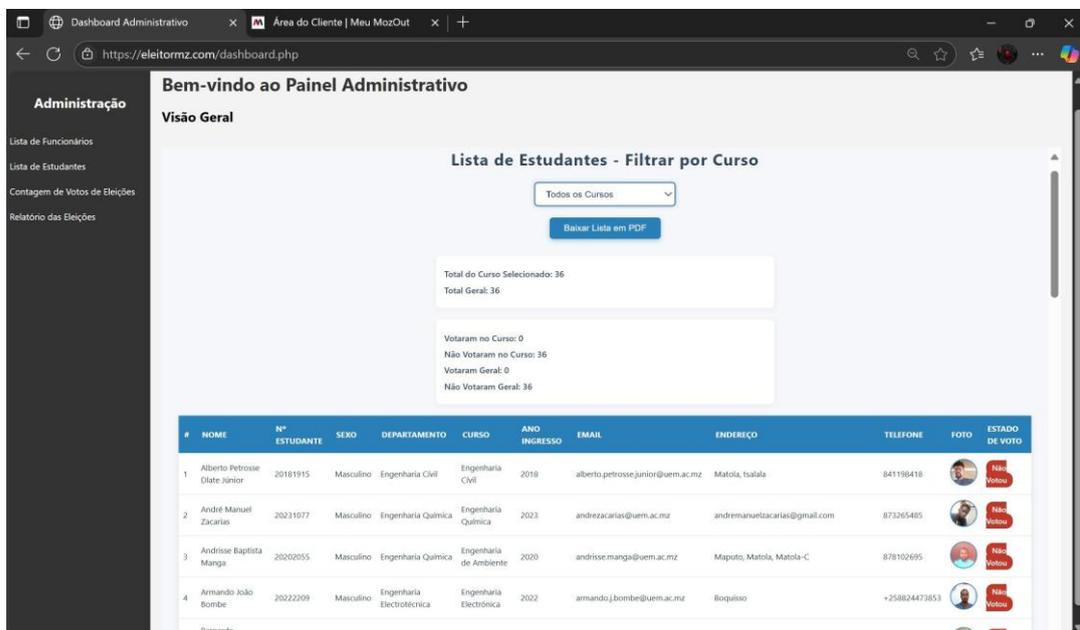


Figura 4.11: Página de visualização da lista dos dados dos estudantes após os cadastros. Fonte: [Autor]

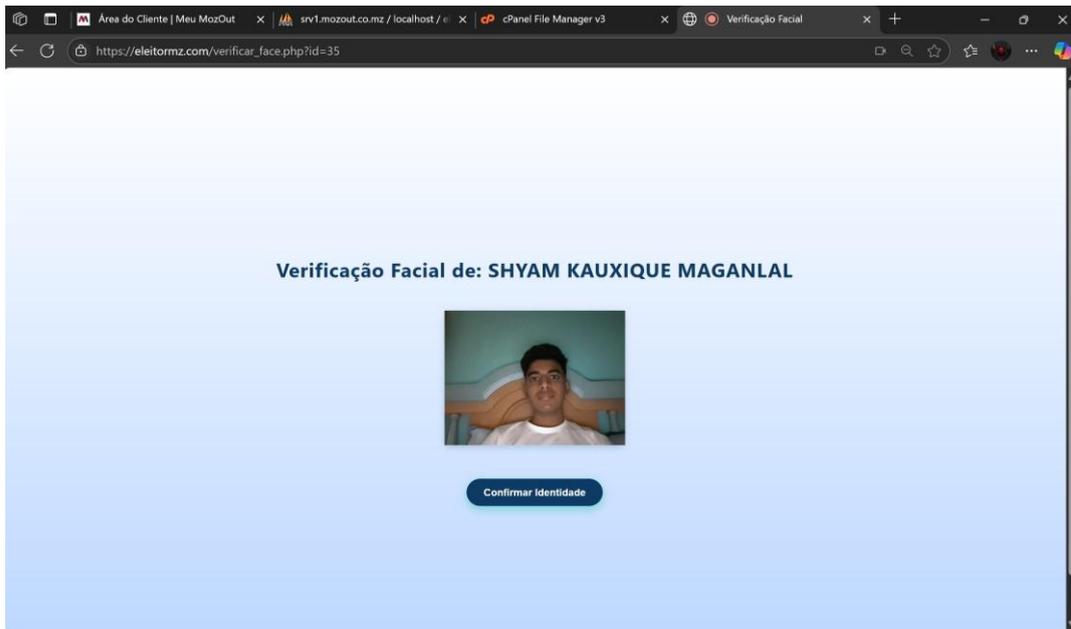


Figura 4.12: Página de verificação facial com confirmação de identidade. Fonte: [Autor]

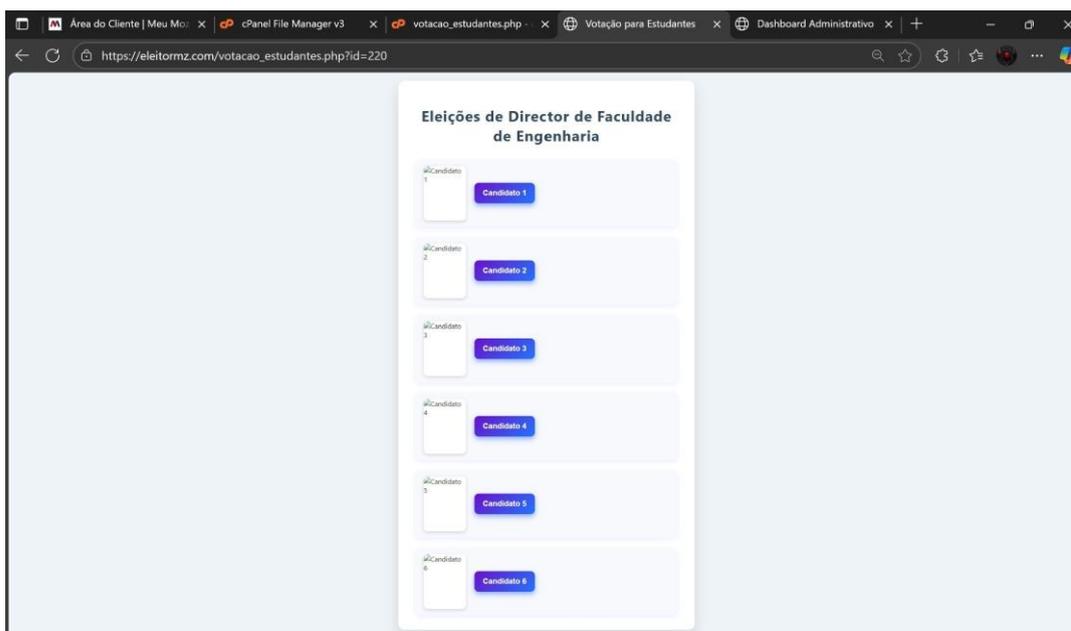


Figura 4.13: Interface digital de selecção de candidatos para a eleição do Director da Faculdade de Engenharia. Fonte: [Autor]

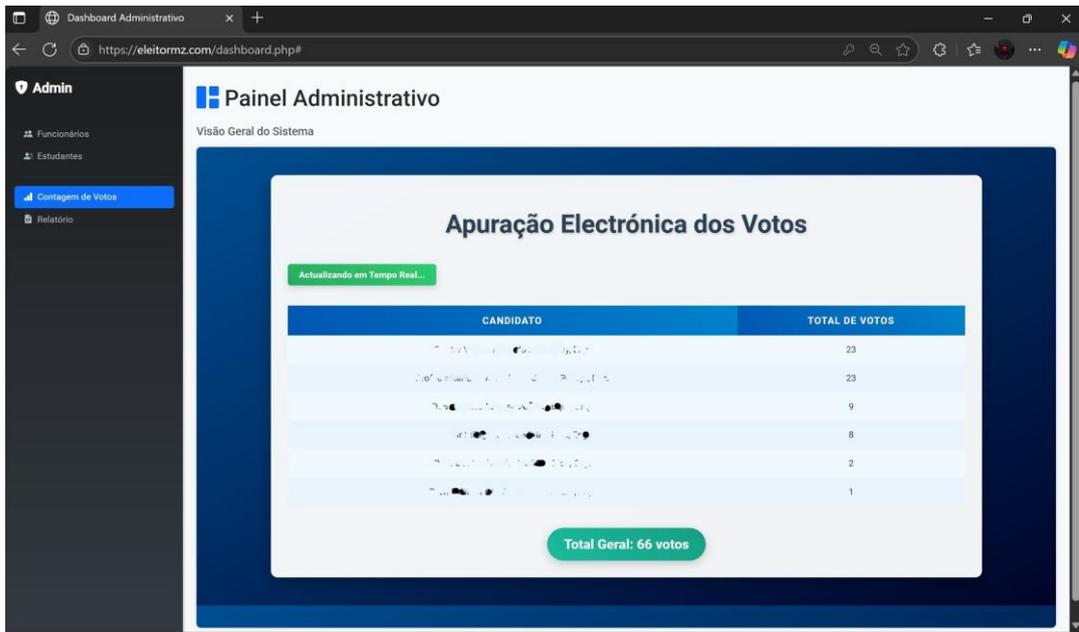


Figura 4.14: Painel administrativo de Apuração Electrónica dos Votos em Tempo Real. Fonte: [Autor]

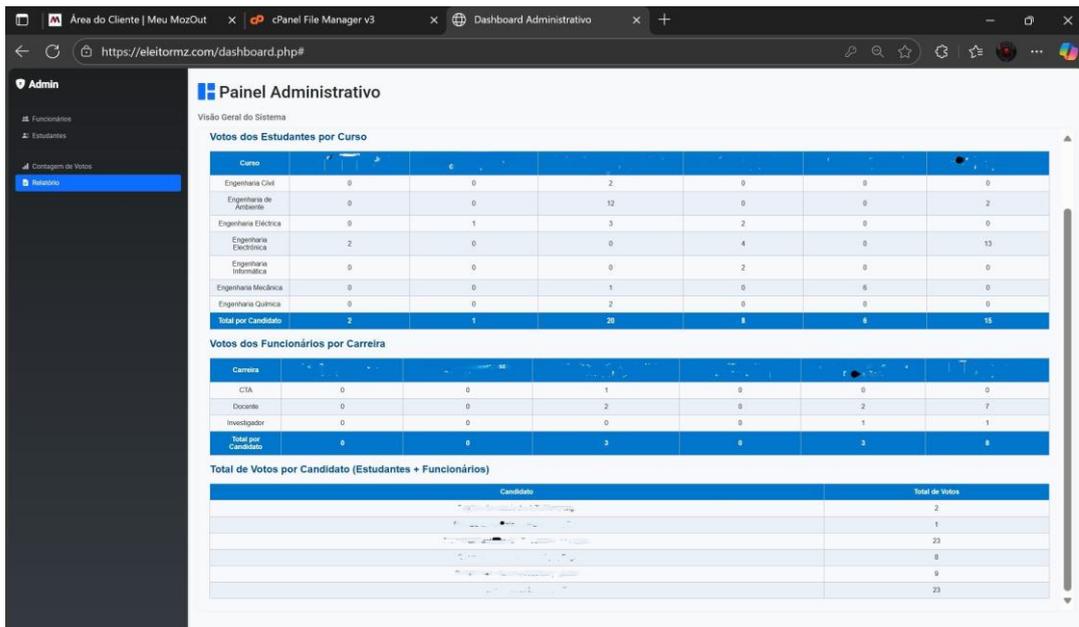


Figura 4.15: Visualização do relatório das eleições na página de administração. Fonte: [Autor]

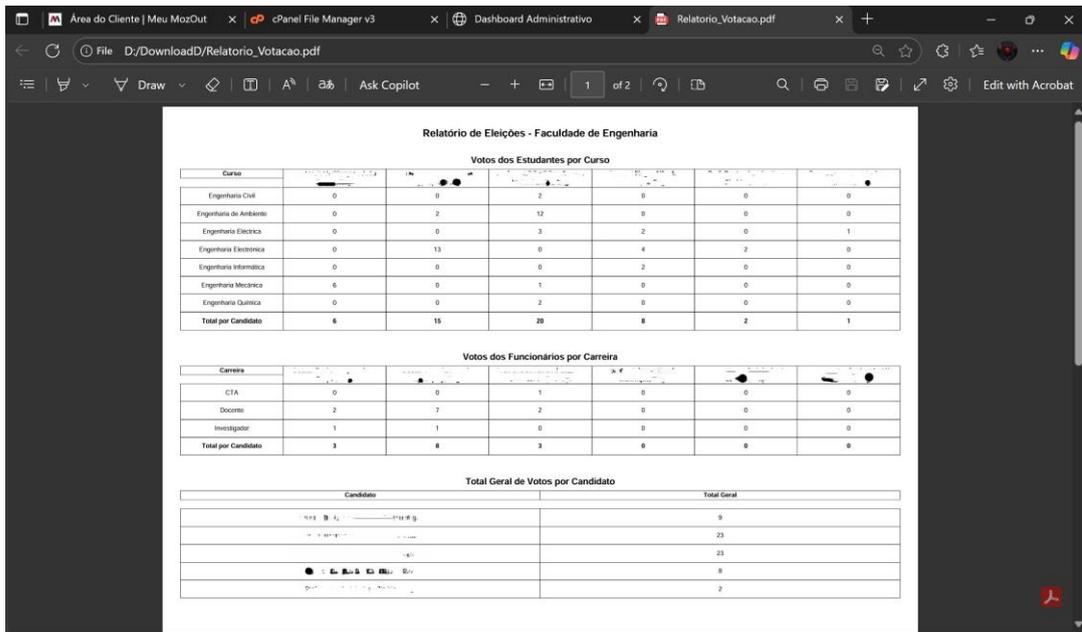


Figura 4.16: Visualização do relatório após o término das eleições em PDF. Fonte: [Autor]

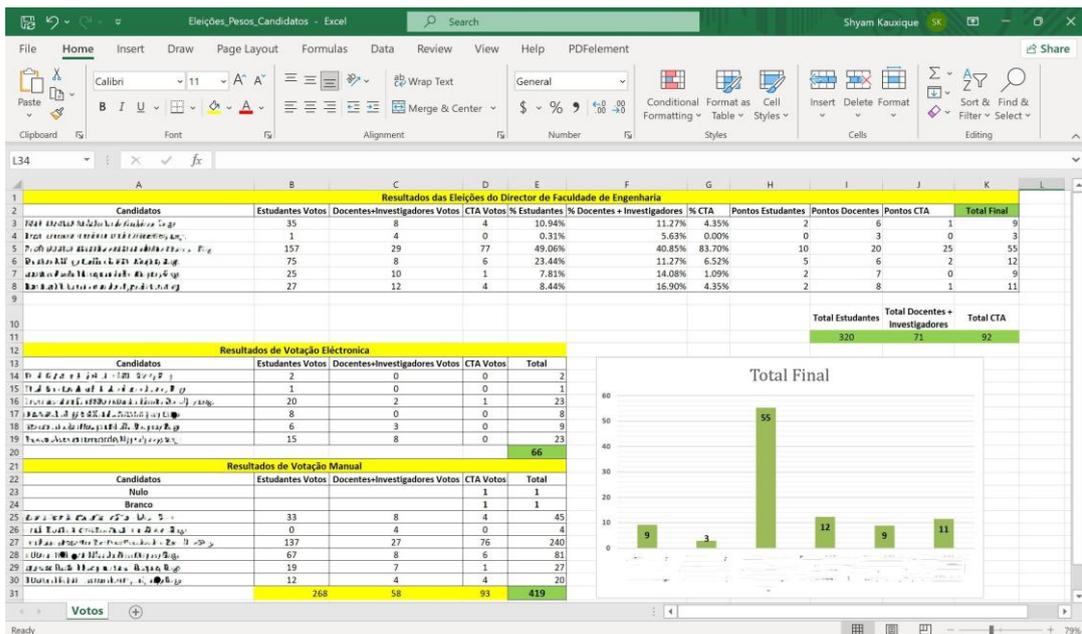


Figura 4.17: Planilha de apuramento de resultados com cálculo ponderado de votos. Fonte: [Autor]

Capítulo 5

Conclusões e Recomendações

5.1 Conclusão

O projecto de desenvolvimento de uma urna electrónica e software de escrutínio em tempo real oferece uma solução inovadora para o processo eleitoral, permitindo um monitoramento seguro e eficiente em tempo real dos votos registrados. A integração do microcomputador Raspberry Pi 5, módulos de captura facial, QR Code, display touchscreen e API de reconhecimento facial permitiu a construção de uma plataforma robusta, capaz de garantir a autenticação confiável dos eleitores e o registro preciso dos votos.

A utilização de uma interface web dinâmica, aliada a um banco de dados MySQL via PhpMyAdmin, possibilitou a actualização em tempo real dos resultados, oferecendo aos gestores eleitorais uma visão clara do processo, com capacidade para detectar e corrigir falhas de forma imediata. Além da segurança e da confiabilidade, o sistema mostrou-se escalável e flexível, permitindo a implementação de futuras melhorias, como a geração automática de relatórios em PDF, análises estatísticas de desempenho e monitoramento remoto da votação.

A união das tecnologias de hardware e software permitiu alcançar com sucesso os objetivos propostos para o projecto, demonstrando que a aplicação de sistemas electrónicos em votações pode melhorar significativamente a transparência, segurança e confiabilidade dos resultados eleitorais.

5.2 Dificuldades Encontradas

Durante o desenvolvimento do projecto, foram enfrentadas diversas dificuldades. Uma das principais foi a criação da página web, que exigiu que o autor se aprofundasse no desenvolvimento de páginas responsivas utilizando PHP, CSS, HTML e MySQL. Embora esse desafio tenha sido inicialmente complexo, foi superado por meio de estudos, leitura de documentações e consultas a tutoriais e vídeos no YouTube.

Outra dificuldade significativa foi a integração do sistema de reconhecimento facial, utilizando a API Face++. O processo envolveu a necessidade de se obter uma API Key e um API Secret válidos, além de assegurar que os tokens de acesso estivessem sempre activos e funcionais para permitir a comunicação entre a aplicação web e os servidores da Face++. Foram implementadas rotinas de verificação periódica da validade dos tokens, a fim de garantir o funcionamento contínuo do sistema, especialmente durante os momentos críticos da votação.

Importa referir que, surgiram desafios no envio das imagens capturadas pela webcam para a API, bem como no tratamento da resposta JSON retornada, que continha as coordenadas faciais e os percentuais de similaridade utilizados na verificação da identidade do eleitor. Estes obstáculos exigiram uma abordagem persistente e detalhista, permitindo ao autor aprimorar suas habilidades em integrações com APIs externas, segurança de dados e automação de processos em tempo real.

5.3 Recomendações

Para projectos futuros recomenda-se:

- Inserção de um sensor biométrico Digital Persona, que oferece maior precisão e velocidade na leitura das impressões digitais, tornando o processo de autenticação mais eficiente e confiável;
- Criação de postos de recenseamento específicos para captação dos dados biométricos (digitais e faciais), a fim de garantir a qualidade e consistência das informações utilizadas no processo eleitoral;
- Utilização de APIs mais robustas para reconhecimento facial, com maior estabilidade e capacidade de integração em tempo real com o banco de dados;

- Emprego de técnicas de inteligência artificial para aprimorar o reconhecimento facial, melhorando a precisão da autenticação e reduzindo falsos positivos ou negativos;
- Desenvolvimento de um aplicativo multiplataforma (mobile e desktop) que permita o acesso ao sistema de votação por eleitores e a gestão de dados pelos administradores, mesmo offline ou em locais com conexão instável;
- Implementação de mecanismos avançados de segurança e protecção de dados, como criptografia ponta a ponta, autenticação multifactor e políticas de privacidade rigorosas;
- Estabelecimento de um canal de comunicação eficiente entre o centro de controle e os administradores locais, garantindo suporte técnico em tempo real;
- Treinamento e capacitação contínuos dos operadores e administradores do sistema, assegurando o uso adequado da tecnologia e a resposta rápida a problemas operacionais.

Referências Bibliográficas

1. Anil, JAIN (2000). "Statistical Pattern Recognition: A. IEEE =Transactions on Pattern Analysis and machine". Em: ed. por MAO JAIN DUIN.
2. Becker, Wendy (2024). Em: URL: <https://www.logitech.com/pt-br/products/webcams/c922-pro-stream-webcam.960-001087.html>.
3. Carter, Jimmy (2004). "OBSERVAÇÃO DAS ELEIÇÕES DE MOÇAMBIQUE". Em: *Carter Center*. Ed. por Carolyn Marsan. Acessado em 19/03/2025. URL: [Em%20Portugu%C3%AAs%20-%20Observing%20the%202004%20Mozambique%20Elections%20\(cartercenter.org\)](Em%20Portugu%C3%AAs%20-%20Observing%20the%202004%20Mozambique%20Elections%20(cartercenter.org)).
4. Commission, U.S. Election Assistance (2002). "Normas e regulamentos para votação electrónica nos Estados Unidos". Em: Acessado em 25/03/2025. URL: <https://www.eac.gov/>.
5. Compulink Business Systems, Inc. (2014). *Fingerprint Reader Installation: Digital Persona U.are.U 4500*. URL: <https://client.compulinkadvantage.com/wp-content/uploads/FingerPrintReader-UareU4500.pdf>.
6. Correia, Prof. Dr. Adérito (2002). "Sistemas e Processos Eleitorais". Em: *Sistemas Eleitorais*. Ed. por Representação em Angola Universidade Católica de Angola Faculdade de Direito/Fundação Friedrich Ebert. Acessado em 17/04/2025.
7. Deitel, H. M., P. J. Deitel e A. B. Goldberg (2004). *Internet and World Wide Web. How to program*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, Inc. ISBN: 0-13-14-5091-3.
8. Dogan Ibrahim (2024). *Raspberry Pi 5 Essentials: Program, build, and master over 60 projects with Python*. Acessado em 28/05/2025. Elektor International Media. ISBN: 978-3-89576-587-2. URL: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9783895765872_A48345779/preview-9783895765872_A48345779.pdf.

9. EUROPEIA, UNIÃO (2014). “MISSÃO DE OBSERVAÇÃO ELEITORAL”. Em: URL: https://www.eods.eu/library/eueom_mozambique_2014_finalreport_pt.pdf.
10. GREGORY Peter; SIMNO, Michael (2008). “Biometrics for Dummies”. Em: ed. por Wiley.
11. HID Global (2025). *HID® DigitalPersona® 4500 Reader Datasheet*. Acessado em 29/05/2025. URL: <https://www.hidglobal.com/documents/hid-digitalpersona-4500-reader-datasheet>.
12. HOUSE, ANNA (2009). Em: URL: <http://annabuildsahouse.files.wordpress.com/2009/11/fingerprint-lock-2.jpg>.
13. MCHobby (2025). *Raspberry Pi 5 - 8 Go RAM*. Acessado em 26/05/2025. URL: <https://shop.mchobby.be/fr/cartes-meres/2589-raspberry-pi-5-8-go-ram-3232100025899.html>.
14. Megvii Technology (2024). *Megvii Face Recognition Solutions*. Acessado em 29/07/2025. URL: https://en.megvii.com/technologies/face_recognition.
15. Megvii Technology Limited (2024). *Face++ API Documentation*. Acessado em 29/07/2025. URL: <https://console.faceplusplus.com/documents/5679127>.
16. Missão de Observação Eleitoral da União Europeia (2024). “Declaração Preliminar - Eleições Gerais e das Assembleias Provinciais em Moçambique”. Em: *MOE-UE Moçambique*. Acessado em 19/05/2025. URL: <https://www.cipeleicoes.org/wp-content/uploads/2024/10/MOE-UE-Mocambique-Declaracao-Preliminar-PT.pdf?>
17. MySQLNotes (2017). *MySQL Notes for Professionals*. Acessado em 28/06/2025. GoalKicker. URL: <https://goalkicker.com/MySQLBook>.
18. PEREIRA, Leonardo de Pádua Costa (2003). “Mapeamento de Imagens Binárias: Um. 57p. Monografia”. Em: Acessado em 27/03/2025.
19. Raspberry Pi (2024). *Touch Display 2 – Raspberry Pi Documentation*. URL: <https://www.raspberrypi.com/documentation/accessories/touch-display-2.html>.
20. Raspberry Pi Foundation (2024). *Raspberry Pi 5 Pinout, Especificações, Datasheet e Projetos*. URL: <https://www.richardelectronics.com/blog/projects/raspberry%20pi/raspberry-pi-5-pinout-specs-datasheet-projects>.

21. Superior, Tribunal Eleitoral (2021). “Urna eletrônica 25 anos: lançado em 1996, equipamento é o protagonista da maior eleição informatizada do mundo”. Em: Acessado em 27/05/2025. URL: <https://www.tse.jus.br/comunicacao/noticias/2021/Maio/urna-eletronica-25-anos-lancado-em-1996-equipamento-e-o-protagonista-da-maior-eleicao-informatizada-do-mundo>.
22. W3Schools (2024). *CSS Tutorial*. Acessado em 15 de Maio de 2025. URL: <https://www.w3schools.com/css/>.

Anexos

Anexo 1

Códigos

1.1 Microcomputador



Figura 1.1: Tela inicial do Raspberry Pi Imager, onde é selecionado o modelo do dispositivo (Raspberry Pi 5). Fonte: **[Autor]**

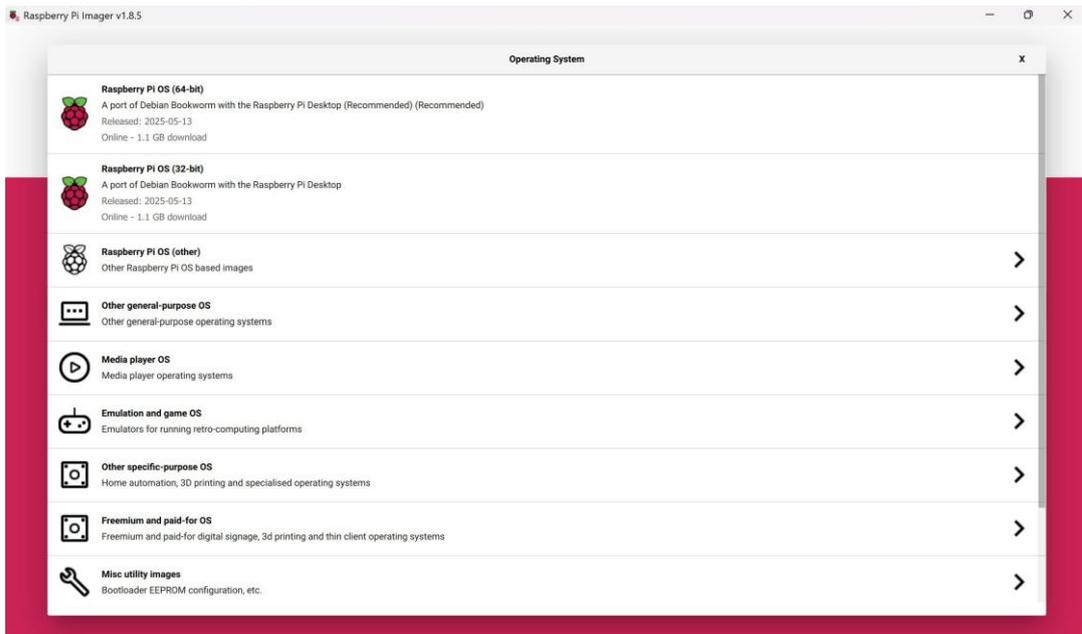


Figura 1.2: Tela de selecção do sistema operacional, mostrando diversas opções como Raspberry Pi OS 64-bit, 32-bit, entre outros. Fonte: [Autor]

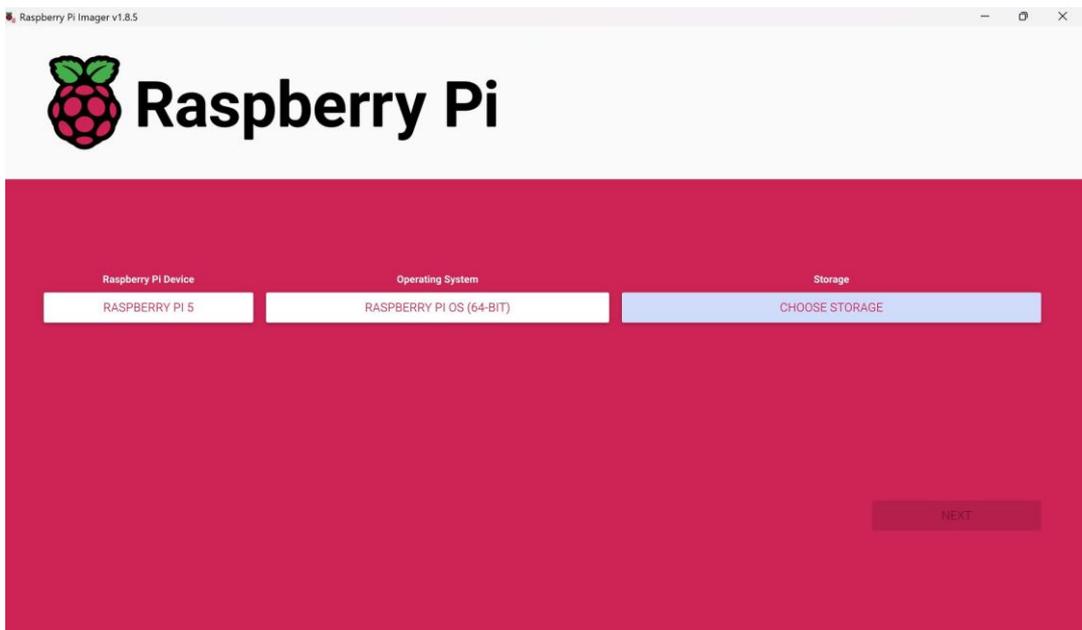


Figura 1.3: Tela com o dispositivo e o sistema operacional já seleccionados, aguardando a escolha do armazenamento. Fonte: [Autor]



Figura 1.4: Tela com o dispositivo, sistema operacional e armazenamento já selecionados, pronto para instalar. Fonte: [Autor]

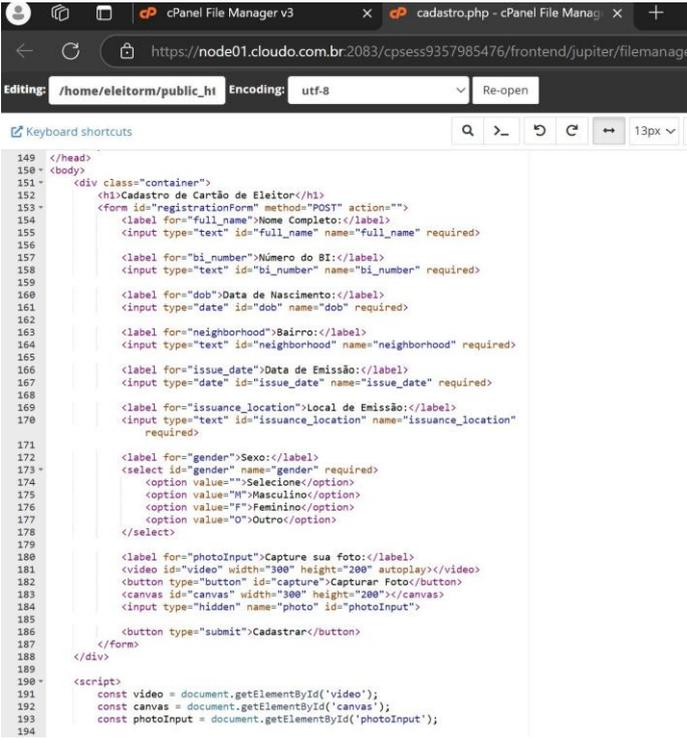
1.2 Página Web

1.2.1 Página Inicial

```
Área do Cliente | Meu MozOut x cPanel File Manager v3 x index.html - cPanel File Manager x +
https://srv1.mozout.com.mz:2083/cpsess7702891823/frontend/jupiter/filemanager/editit.html?file=index.html&
Editing: /home/eleitorm/public_ht Encoding: utf-8 Re-open
Keyboard shortcuts
324 </head>
325 <body>
326 <!-- Navbar Responsiva -->
327 <nav class="navbar navbar-expand-lg navbar-dark">
328 <a class="navbar-brand" href="#">Plataforma de Urna Electrónica e
Escrutínio em Tempo Real</a>
329 <button class="navbar-toggler" type="button" data-toggle="collapse" data
-target="#navbarNav" aria-controls="navbarNav" aria-expanded="false"
aria-label="Toggle navigation">
330 <span class="navbar-toggler-icon"></span>
331 </button>
332 <div class="collapse navbar-collapse" id="navbarNav">
333 <ul class="navbar-nav ml-auto">
334 <li class="nav-item">
335 <a class="nav-link" href="#">Cadastro do Estudante</a>
336 </li>
337 <li class="nav-item">
338 <a class="nav-link" href="verificar_estudante.php">Verificação de Registro do Estudante</a>
339 <!-- verificar_estudante.php -->
340 </li>
341 <li class="nav-item">
342 <a class="nav-link" href="#">Cadastro do Funcionário</a>
343 </li>
344 <!-- cadastro_docente_eleitor.php -->
345 </li>
346 <li class="nav-item">
347 <a class="nav-link" href="verificar_docente.php">Verificação
de Registro do Funcionário</a>
348 <!-- verificar_registro.php -->
349 </li>
350 <li class="nav-item">
351 <a class="nav-link" href="login.php">Admin</a>
352 </li>
353 </ul>
354 </div>
355 </nav>
356 <!-- Mensagem sobre o projeto -->
357 <div class="info-message">
358 Site para Trabalho de Licenciatura
359 </div>
360 </body>
361 </html>
```

Figura 1.5: Código da página inicial da plataforma. Fonte: [Autor]

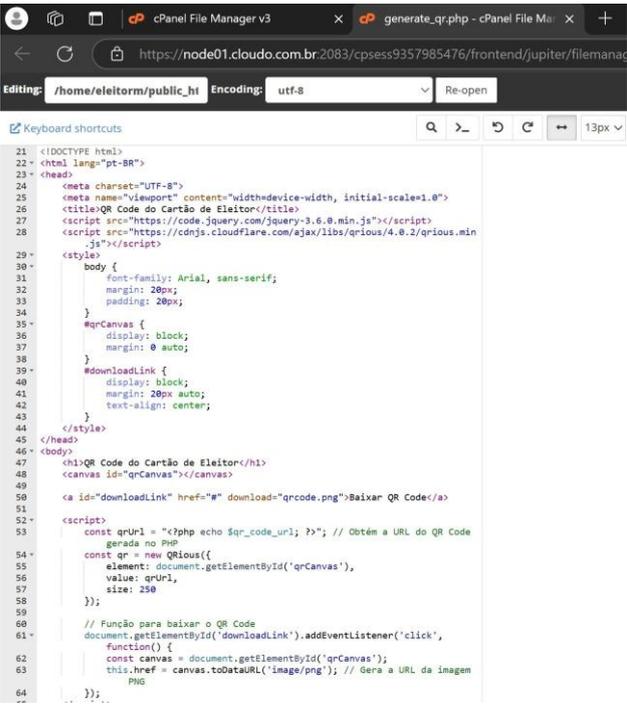
1.2.2 Cadastro do Eleitor



```
149 </head>
150 <body>
151 <div class="container">
152 <h1>Cadastro de Cartão de Eleitor</h1>
153 <form id="registrationForm" method="POST" action="">
154 <label for="full_name">Nome Completo:</label>
155 <input type="text" id="full_name" name="full_name" required>
156
157 <label for="bi_number">Número do BI:</label>
158 <input type="text" id="bi_number" name="bi_number" required>
159
160 <label for="dob">Data de Nascimento:</label>
161 <input type="date" id="dob" name="dob" required>
162
163 <label for="neighborhood">Bairro:</label>
164 <input type="text" id="neighborhood" name="neighborhood" required>
165
166 <label for="issue_date">Data de Emissão:</label>
167 <input type="date" id="issue_date" name="issue_date" required>
168
169 <label for="issuance_location">Local de Emissão:</label>
170 <input type="text" id="issuance_location" name="issuance_location"
171   required>
172
173 <label for="gender">Sexo:</label>
174 <select id="gender" name="gender" required>
175 <option value="">Selecione</option>
176 <option value="M">Masculino</option>
177 <option value="F">Feminino</option>
178 <option value="O">Outro</option>
179 </select>
180
181 <label for="photoInput">Capture sua foto:</label>
182 <video id="video" width="300" height="200" autoplay></video>
183 <button type="button" id="capture" value="Capturar Foto"></button>
184 <canvas id="canvas" width="300" height="200"></canvas>
185 <input type="hidden" name="photo" id="photoInput">
186
187 <button type="submit">Cadastrar</button>
188 </form>
189
190 <script>
191 const video = document.getElementById('video');
192 const canvas = document.getElementById('canvas');
193 const photoInput = document.getElementById('photoInput');
194
```

Figura 1.6: Código do formulário de cadastro do eleitor. Fonte: [Autor]

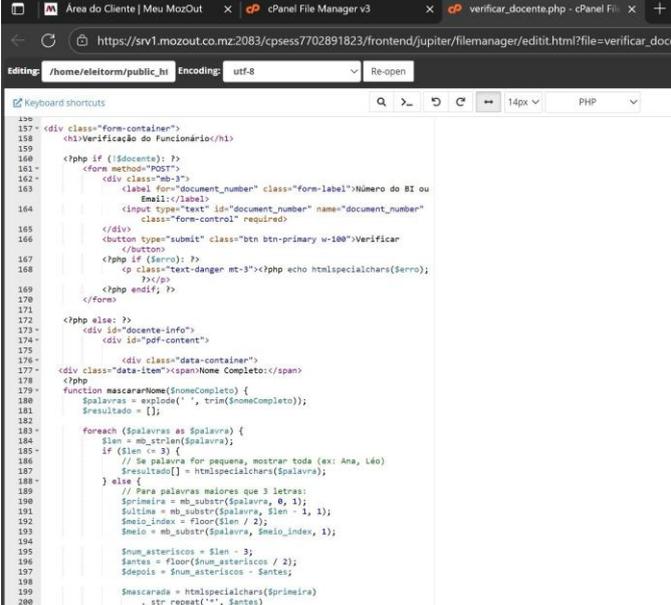
1.2.3 QR Code do Eleitor



```
21 <!DOCTYPE html>
22 <html lang="pt-BR">
23 <head>
24 <meta charset="UTF-8">
25 <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
26 <title>QR Code do Cartão de Eleitor</title>
27 <script src="https://code.jquery.com/jquery-3.6.0.min.js"></script>
28 <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/qrious/4.0.2/qrious.min
29   .js"></script>
30 <style>
31   body {
32     font-family: Arial, sans-serif;
33     margin: 20px;
34     padding: 20px;
35   }
36   #qrCanvas {
37     display: block;
38     margin: 0 auto;
39   }
40   #downloadLink {
41     display: block;
42     margin: 20px auto;
43     text-align: center;
44   }
45 </style>
46 </head>
47 <body>
48 <h1>QR Code do Cartão de Eleitor</h1>
49 <canvas id="qrCanvas"></canvas>
50 <a id="downloadLink" href="#" download="qrcode.png">Baixar QR Code</a>
51
52 <script>
53 const qrUrl = "<?php echo $qr_code_url; ?"; // Obtém a URL do QR Code
54   gerada no PHP
55 const qr = new QRious({
56   element: document.getElementById('qrCanvas'),
57   value: qrUrl,
58   size: 250
59 });
60
61 // Função para baixar o QR Code
62 document.getElementById('downloadLink').addEventListener('click',
63   function() {
64     const canvas = document.getElementById('qrCanvas');
65     this.href = canvas.toDataURL('image/png'); // Gera a URL da imagem
66     PNG
67   });
68
```

Figura 1.7: Código para gerar QRCode do eleitor após o cadastro. Fonte: [Autor]

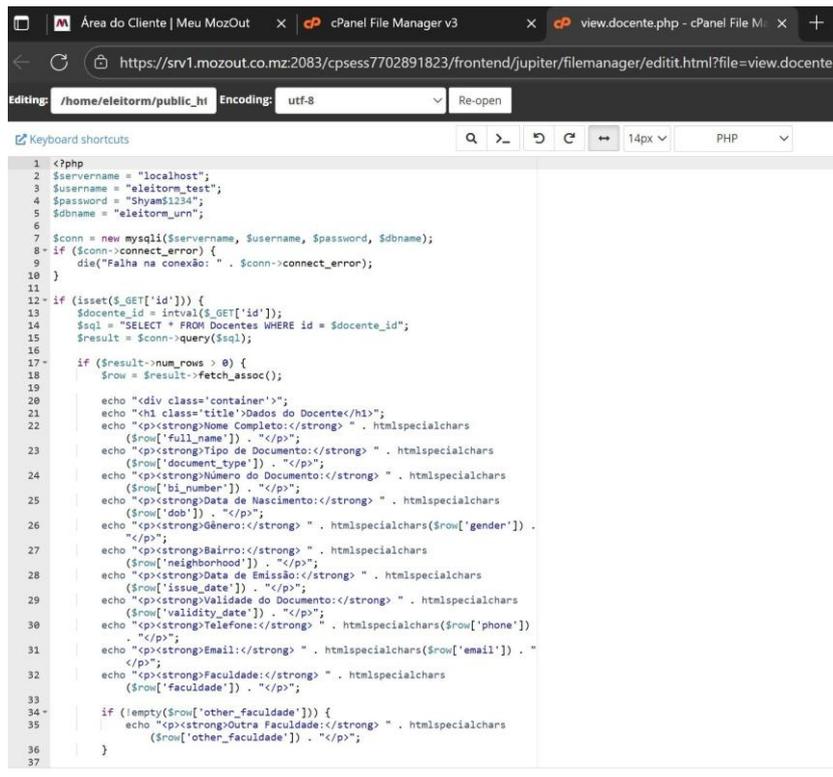
1.2.4 Página de Verificação do Eleitor



```
157 <div class="form-container">
158 <h1>Verificação do Funcionário</h1>
159
160 <?php if (!isset($docente)): ?>
161 <form method="POST">
162 <div class="mb-3">
163 <label for="document_number" class="form-label">Número do BI ou
164 <input type="text" id="document_number" name="document_number"
165 </div>
166 <button type="submit" class="btn btn-primary w-100">Verificar
167 <?php if ($erro): ?>
168 <p class="text-danger mt-3"><?php echo htmlspecialchars($erro);
169 </p>
170 </form>
171
172 <?php else: ?>
173 <div id="docente-info">
174 <div id="pdf-content">
175
176 <div class="data-container">
177 <div class="data-item"><span>Nome Completo:</span>
178 <?php
179 function mascararNome($nomeCompleto) {
180 $palavras = explode(" ", trim($nomeCompleto));
181 $resultado = [];
182
183 foreach ($palavras as $palavra) {
184 $len = mb_strlen($palavra);
185 if ($len <= 3) {
186 // Se palavra for pequena, mostrar toda (ex: Ana, Léo)
187 $resultado[] = htmlspecialchars($palavra);
188 } else {
189 // Para palavras maiores que 3 letras:
190 $primeira = mb_substr($palavra, 0, 1);
191 $sollime = mb_substr($palavra, $len - 1, 1);
192 $meio_index = floor($len / 2);
193 $meio = mb_substr($palavra, $meio_index, 1);
194
195 $num_asteriscos = $len - 3;
196 $santes = floor($num_asteriscos / 2);
197 $depois = $num_asteriscos - $santes;
198
199 $mascarado = htmlspecialchars($primeira)
200 . str_repeat('*', $santes)
---
```

Figura 1.8: Código da página de verificação do registro do eleitor. Fonte: [Autor]

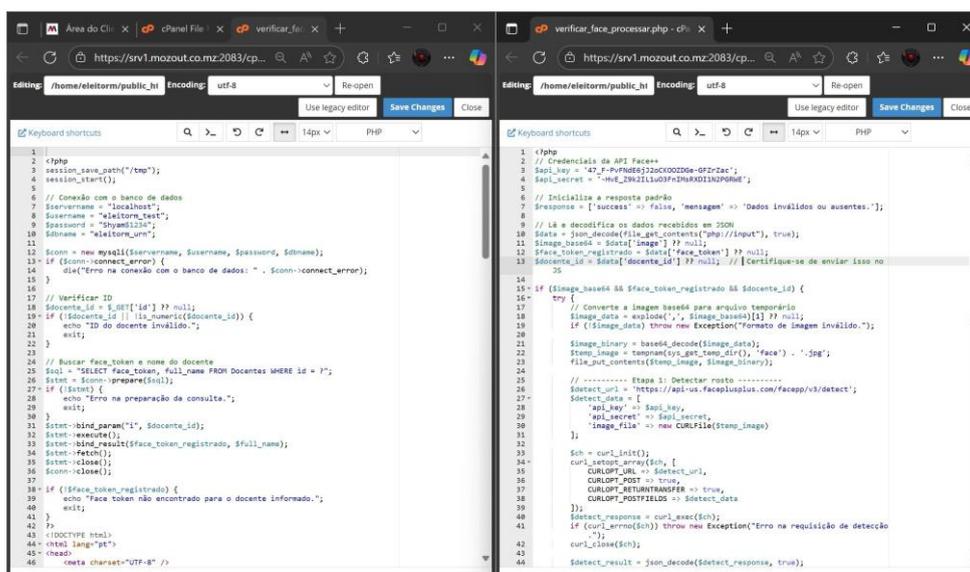
1.2.5 Página de Visualização do Eleitor



```
1 <?php
2 $servername = "localhost";
3 $username = "eleitorm_test";
4 $password = "Shyafsi234";
5 $dbname = "eleitorm_urn";
6
7 $conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);
8 if ($conn->connect_error) {
9     die("Falha na conexão: " . $conn->connect_error);
10 }
11
12 if (isset($_GET['id'])) {
13     $docente_id = intval($_GET['id']);
14     $sql = "SELECT * FROM Docentes WHERE id = $docente_id";
15     $result = $conn->query($sql);
16
17     if ($result->num_rows > 0) {
18         $row = $result->fetch_assoc();
19
20         echo "<div class='container'>";
21         echo "<h1 class='title'>Dados do Docente</h1>";
22         echo "<p><strong>Nome Completo:</strong> " . htmlspecialchars($row['full_name']) . "</p>";
23         echo "<p><strong>Tipo de Documento:</strong> " . htmlspecialchars($row['document_type']) . "</p>";
24         echo "<p><strong>Número do Documento:</strong> " . htmlspecialchars($row['id_number']) . "</p>";
25         echo "<p><strong>Data de Nascimento:</strong> " . htmlspecialchars($row['dob']) . "</p>";
26         echo "<p><strong>Gênero:</strong> " . htmlspecialchars($row['gender']) . "</p>";
27         echo "<p><strong>Bairro:</strong> " . htmlspecialchars($row['neighborhood']) . "</p>";
28         echo "<p><strong>Data de Emissão:</strong> " . htmlspecialchars($row['issue_date']) . "</p>";
29         echo "<p><strong>Validade do Documento:</strong> " . htmlspecialchars($row['validity_date']) . "</p>";
30         echo "<p><strong>Telefone:</strong> " . htmlspecialchars($row['phone']) . "</p>";
31         echo "<p><strong>Email:</strong> " . htmlspecialchars($row['email']) . "</p>";
32         echo "<p><strong>Faculdade:</strong> " . htmlspecialchars($row['faculdade']) . "</p>";
33
34         if (empty($row['other_faculdade'])) {
35             echo "<p><strong>Outra Faculdade:</strong> " . htmlspecialchars($row['other_faculdade']) . "</p>";
36         }
37     }
38 }
```

Figura 1.9: Código da página de visualização do eleitor após leitura do QR Code. Fonte: [Autor]

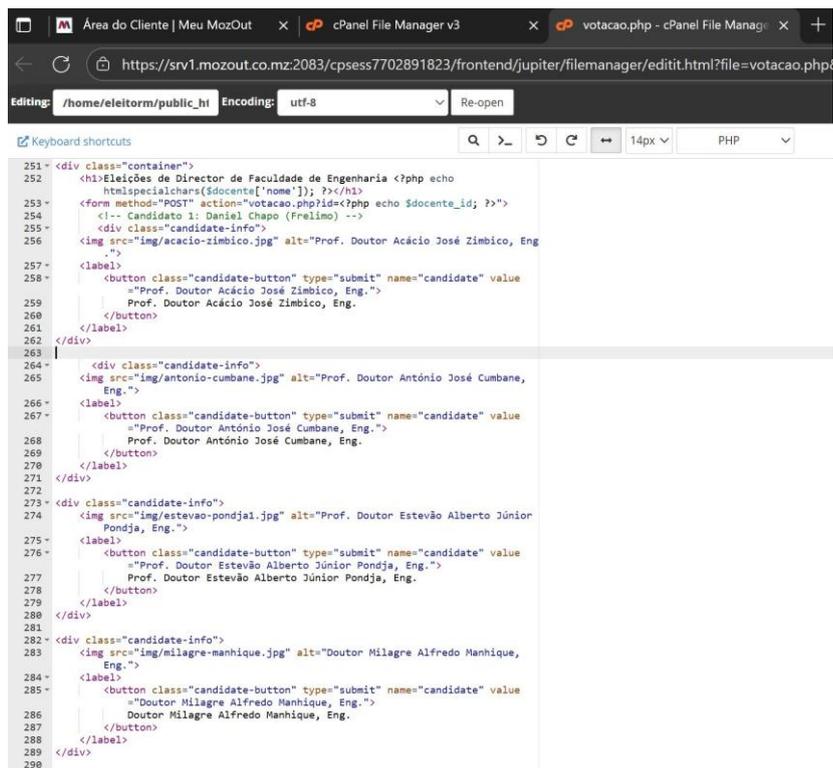
1.2.6 Código de Reconhecimento Facial



```
1 <?php
2 session_save_path("/tmp");
3 session_start();
4
5 // Conexão com o banco de dados
6 $servername = "localhost";
7 $username = "eleitorm_test";
8 $password = "Shyafsi234";
9 $dbname = "eleitorm_urn";
10
11 $conn = new mysqli($servername, $username, $password, $dbname);
12 if ($conn->connect_error) {
13     die("Erro na conexão com o banco de dados: " . $conn->connect_error);
14 }
15
16 // Verificar ID
17 $docente_id = $_GET['id'] ?? null;
18 if ($docente_id || is_numeric($docente_id)) {
19     $sql = "SELECT * FROM Docentes WHERE id = ?";
20     $stmt = $conn->prepare($sql);
21     $stmt->execute();
22     $row = $stmt->fetch_assoc();
23     if (!$row) {
24         echo "ID do docente inválido.";
25     }
26 }
27
28 // Buscar face_token e nome do docente
29 $sql = "SELECT face_token, full_name FROM Docentes WHERE id = ?";
30 $stmt = $conn->prepare($sql);
31 $stmt->bind_param("i", $docente_id);
32 $stmt->execute();
33 $row = $stmt->fetch_assoc();
34 $face_token = $row['face_token'];
35 $full_name = $row['full_name'];
36 $conn->close();
37
38 if (!$face_token || !$full_name) {
39     echo "Face token não encontrado para o docente informado.";
40 }
41
42 // Inicializar o reconhecimento facial
43 $curl = curl_init();
44 curl_setopt($curl, CURLOPT_URL, "https://api-us.faceplusplus.com/facepp/v3/detect");
45 curl_setopt($curl, CURLOPT_RETURNTRANSFER, true);
46 curl_setopt($curl, CURLOPT_HTTPHEADER, array(
47     "Content-Type: application/json",
48     "X-Api-Id: $api_id",
49     "X-Api-Secret: $api_secret"
50 ));
51 $response = curl_exec($curl);
52 $detect_data = json_decode($response, true);
53 $detect_result = $detect_data['faces'];
54 $face_token_registrado = $face_token;
55 $docente_id_registrado = $docente_id;
56
57 if (isset($detect_result[0]['face_token'])) {
58     $face_token_registrado = $detect_result[0]['face_token'];
59     $docente_id_registrado = $detect_result[0]['docente_id'];
60 }
61
62 if ($face_token_registrado == $face_token || $docente_id_registrado == $docente_id) {
63     echo "Reconhecimento facial bem-sucedido. Acesso concedido.";
64 } else {
65     echo "Reconhecimento facial falhou. Acesso negado.";
66 }
```

Figura 1.10: Código de reconhecimento facial para acesso a votação. Fonte: [Autor]

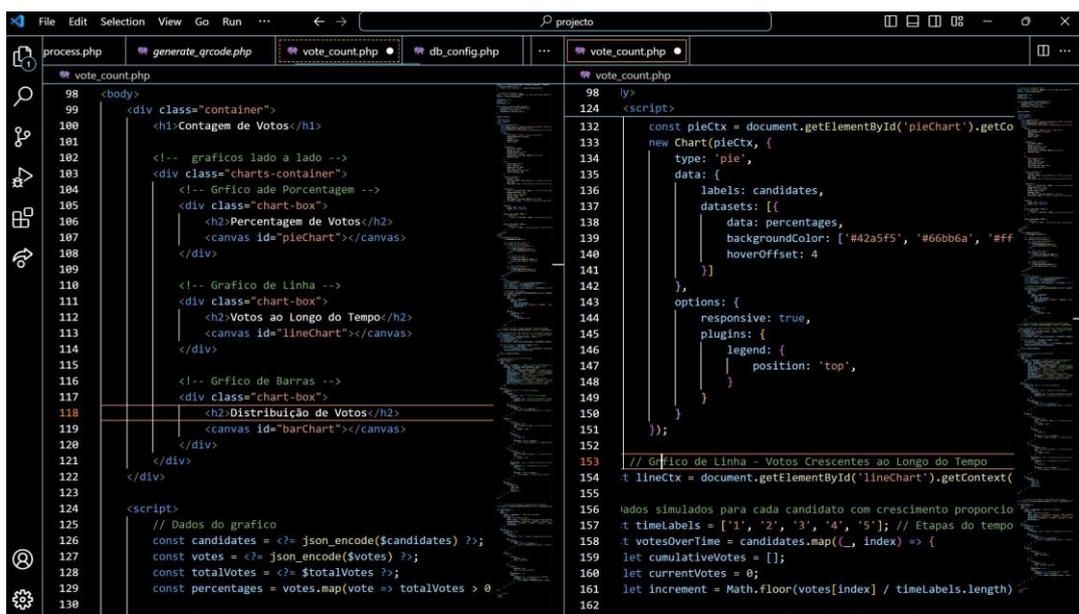
1.2.7 Página de Votação



```
251 <div class="container">
252   <h1>Eleições de Director de Faculdade de Engenharia <?php echo
253     htmlspecialchars($docente['nome']); ?></h1>
254   <form method="POST" action="votacao.php?id=<?php echo $docente_id; ?>">
255     <!-- Candidato 1: Daniel Chapo (Frelimo) -->
256     <div class="candidate-info">
257       
259       <label>
260         <button class="candidate-button" type="submit" name="candidate" value
261           ="Prof. Doutor Acácio José Zimbico, Eng.">
262           Prof. Doutor Acácio José Zimbico, Eng.
263         </button>
264       </label>
265     </div>
266     <div class="candidate-info">
267       
269       <label>
270         <button class="candidate-button" type="submit" name="candidate" value
271           ="Prof. Doutor António José Cumbane, Eng.">
272           Prof. Doutor António José Cumbane, Eng.
273         </button>
274       </label>
275     </div>
276     <div class="candidate-info">
277       
279       <label>
280         <button class="candidate-button" type="submit" name="candidate" value
281           ="Prof. Doutor Estevão Alberto Júnior Pondja, Eng.">
282           Prof. Doutor Estevão Alberto Júnior Pondja, Eng.
283         </button>
284       </label>
285     </div>
286     <div class="candidate-info">
287       
289       <label>
290         <button class="candidate-button" type="submit" name="candidate" value
291           ="Doutor Milagre Alfredo Manhique, Eng.">
292           Doutor Milagre Alfredo Manhique, Eng.
293         </button>
294       </label>
295     </div>
296   </div>
```

Figura 1.11: Código da página de votação. Fonte: [Autor]

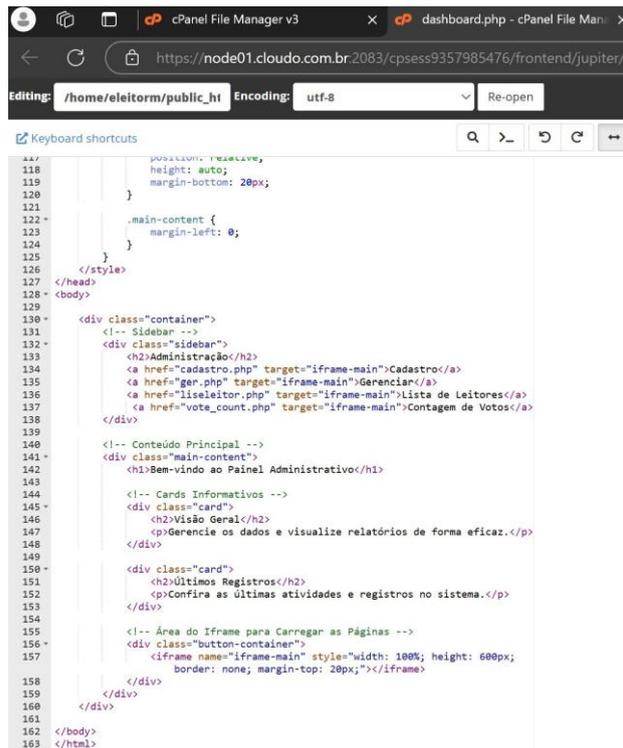
1.2.8 Página de Escrutínio em Tempo Real



```
98 <body>
99 <div class="container">
100   <h1>Contagem de Votos</h1>
101   <!-- graficos lado a lado -->
102   <div class="charts-container">
103     <!-- Gráfico de Percentagem -->
104     <div class="chart-box">
105       <h2>Percentagem de Votos</h2>
106       <canvas id="pieChart"></canvas>
107     </div>
108     <!-- Gráfico de Linha -->
109     <div class="chart-box">
110       <h2>Votos ao Longo do Tempo</h2>
111       <canvas id="lineChart"></canvas>
112     </div>
113     <!-- Gráfico de Barras -->
114     <div class="chart-box">
115       <h2>Distribuição de Votos</h2>
116       <canvas id="barChart"></canvas>
117     </div>
118   </div>
119 </div>
120 </body>
121 </html>
122 <script>
123 // Dados do gráfico
124 const candidates = <?= json_encode($candidates) ?>;
125 const votes = <?= json_encode($votes) ?>;
126 const totalVotes = <?= $totalVotes ?>;
127 const percentages = votes.map(vote => totalVotes > 0
128   ? (vote['votes'] / totalVotes) * 100 : 0);
129 // Configuração do Gráfico de Barras
130 // Configuração do Gráfico de Linha
131 // Configuração do Gráfico de Pie
132 const pieCtx = document.getElementById('pieChart').getContext('2d');
133 new Chart(pieCtx, {
134   type: 'pie',
135   data: {
136     labels: candidates,
137     datasets: [{
138       data: percentages,
139       backgroundColor: ['#42a5f5', '#66bb6a', '#ff9800', '#9c27b0', '#e91e63'],
140       hoverOffset: 4
141     }]
142   },
143   options: {
144     responsive: true,
145     plugins: {
146       legend: {
147         position: 'top',
148       }
149     }
150   }
151 });
152 // Gráfico de Linha - Votos Crescentes ao Longo do Tempo
153 const lineCtx = document.getElementById('lineChart').getContext('2d');
154 new Chart(lineCtx, {
155   type: 'line',
156   data: {
157     labels: ['1', '2', '3', '4', '5'], // Etapas do tempo
158     datasets: candidates.map((c, index) => {
159       let cumulativeVotes = [];
160       let currentVotes = 0;
161       let increment = Math.floor(votes[index] / timeLabels.length);
162     })
163   },
164   options: {
165     responsive: true,
166     plugins: {
167       legend: {
168         position: 'top',
169       }
170     }
171   }
172 });
```

Figura 1.12: Código da página de contagem de votos. Fonte: [Autor]

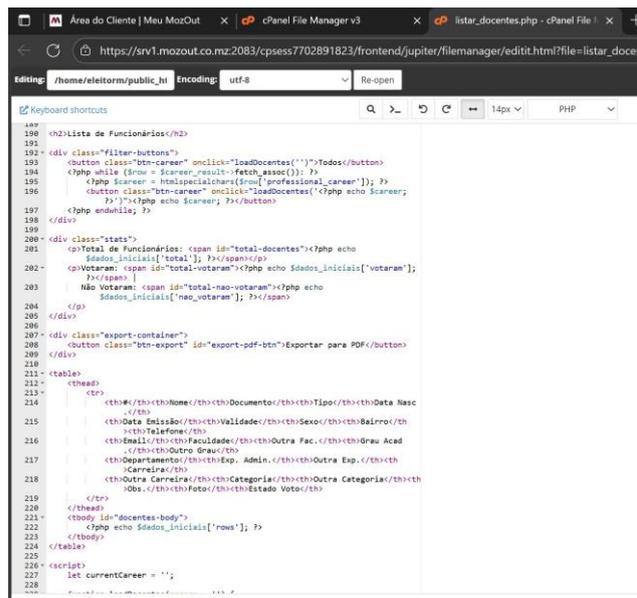
1.2.9 Página de Administrador



```
118     height: auto;
119     margin-bottom: 20px;
120   }
121
122   .main-content {
123     margin-left: 0;
124   }
125 }
126 </style>
127 </head>
128 <body>
129
130 <div class="container">
131   <!-- Sidebar -->
132   <div class="sidebar">
133     <h2>Administração</h2>
134     <a href="cadastro.php" target="iframe-main">Cadastro</a>
135     <a href="ger.php" target="iframe-main">Gerenciar</a>
136     <a href="lisleitor.php" target="iframe-main">Lista de Leitores</a>
137     <a href="vote_count.php" target="iframe-main">Contagem de Votos</a>
138   </div>
139
140   <!-- Conteúdo Principal -->
141   <div class="main-content">
142     <h1>Bem-vindo ao Painel Administrativo</h1>
143
144     <!-- Cards Informativos -->
145     <div class="card">
146       <h2>Visão Geral</h2>
147       <p>Gerencie os dados e visualize relatórios de forma eficaz.</p>
148     </div>
149
150     <div class="card">
151       <h2>Últimos Registros</h2>
152       <p>Confira as últimas atividades e registros no sistema.</p>
153     </div>
154
155     <!-- Área do Iframe para Carregar as Páginas -->
156     <div class="button-container">
157       <iframe name="iframe-main" style="width: 100%; height: 600px;
158         border: none; margin-top: 20px;"></iframe>
159     </div>
160   </div>
161 </body>
162 </html>
163
```

Figura 1.13: Código da página do administrador. Fonte: [Autor]

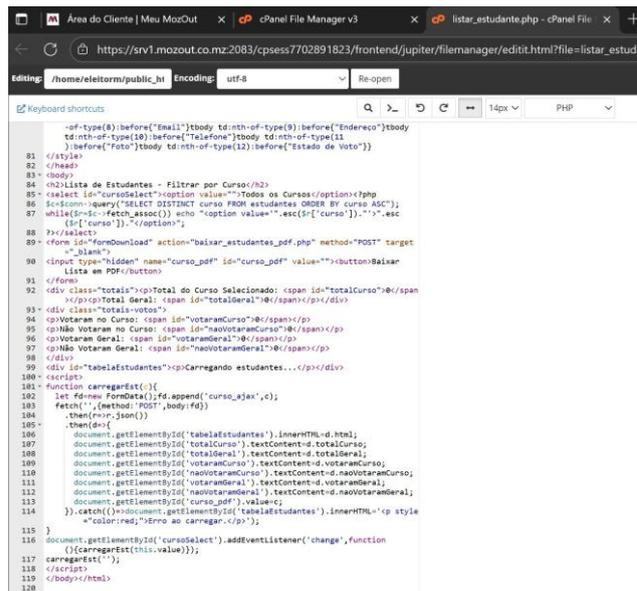
1.2.10 Página de Listagem dos Funcionários



```
190 <h2>Lista de Funcionários</h2>
191
192 <div class="filter-buttons">
193   <button class="btn-career" onclick="loadDocentes('')">Todos</button>
194   <?php echo $row = $career_main->fetch_assoc(); ?>
195   <?php $career = htmlspecialchars($row['professional_career']); ?>
196   <button class="btn-career" onclick="loadDocentes('<?php echo $career;
197   ?>')">?php echo $career; ?></button>
198 </div>
199
200 <div class="stats">
201   <p>Total de Funcionários: <span id="total-docentes"><?php echo
202   $dados_iniciais['total']; ?></span></p>
203   <p>Votaram: <span id="total-votaram"><?php echo $dados_iniciais['votaram'];
204   ?></span></p>
205   <p>Não Votaram: <span id="total-nao-votaram"><?php echo
206   $dados_iniciais['nao_votaram']; ?></span></p>
207 </div>
208 <div class="export-container">
209   <button class="btn-export" id="export-pdf-btn">Exportar para PDF</button>
210 </div>
211 <table>
212   <thead>
213     <tr>
214       <th>#</th><th>Nome</th><th>Documento</th><th>Tipo</th><th>Data Nasc
215       </th>
216       <th>Data Emissão</th><th>Validade</th><th>Sexo</th><th>Bairro</th>
217       <th>Telefone</th>
218       <th>Email</th><th>Faculdade</th><th>Outra Fac.</th><th>Grau Acad
219       </th>
220       <th>Outro Grau</th>
221       <th>Departamento</th><th>Exp. Admin.</th><th>Outra Exp.</th><th>
222       <th>Carreira</th>
223       <th>Outra Carreira</th><th>Categoria</th><th>Outra Categoria</th><th>
224       <th>Obs.</th><th>Foto</th><th>Estado Voto</th>
225     </tr>
226   </thead>
227   <tbody id="docentes-body">
228     <?php echo $dados_iniciais['rows']; ?>
229   </tbody>
230 </table>
231 </div>
232 <script>
233   let currentCareer = '';
234 </script>
235
```

Figura 1.14: Código da página de visualização dos funcionários dentro da administração. Fonte: [Autor]

1.2.11 Página de Listagem dos Estudantes



```

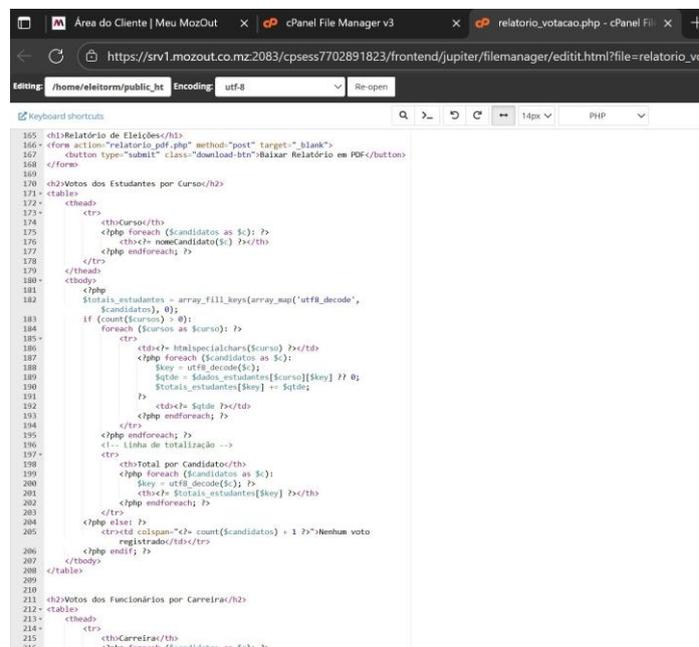
<!-- type(8) before("Email")tbody td:nth-of-type(9) before("Endereço")tbody
td:nth-of-type(10) before("Telefone")tbody td:nth-of-type(11
) before("Foto")tbody td:nth-of-type(12) before("Estado de Voto"))
81 </style>
82 </thead>
83 </tbody>
84 <h2>Lista de Estudantes - Filtrar por Curso</h2>
85 <select id="cursoSelect">option value="">Todos os Cursos</option><?php
86 $curso=query("SELECT DISTINCT curso FROM estudantes ORDER BY curso ASC");
87 while($curso=>fetch_assoc()) echo "<option value='".$curso.">".$curso
88 </select>";
89 <form id="formDownload" action="baixar_estudantes_pdf.php" method="POST" target
90 "blank">
91 <input type="hidden" name="curso_pdf" id="curso_pdf" value=""><button>Baixar
92 Lista em PDF</button>
93 </form>
94 <div class="total"><p>Total do Curso Seleccionado: <span id="totalCurso"></span>
95 </div><div class="total"><p>Total Geral: <span id="totalGeral"></span></div>
96 <p>Votaram no Curso: <span id="votaramCurso"></span></p>
97 <p>Não Votaram no Curso: <span id="naoVotaramCurso"></span></p>
98 <p>Votaram Geral: <span id="votaramGeral"></span></p>
99 <p>Não Votaram Geral: <span id="naoVotaramGeral"></span></p>
100 </div>
101 <div id="tabelaEstudantes"><p>Carregando estudantes...</p></div>
102 </script>
103 <script>
104 function carregarEst(){
105 let formData=new FormData();formData.append("curso_ajax",c);
106 formData.append("method","POST");body.formData()
107 then(ajax=>{
108 document.getElementById("tabelaEstudantes").innerHTML+=html;
109 document.getElementById("totalCurso").textContent+=totalCurso;
110 document.getElementById("totalGeral").textContent+=totalGeral;
111 document.getElementById("votaramCurso").textContent+=votaramCurso;
112 document.getElementById("naoVotaramCurso").textContent+=naoVotaramCurso;
113 document.getElementById("votaramGeral").textContent+=votaramGeral;
114 document.getElementById("naoVotaramGeral").textContent+=naoVotaramGeral;
115 document.getElementById("curso_pdf").value=c;
116 })catch(e=>{document.getElementById("tabelaEstudantes").innerHTML+=cp style
117 ="color:red">Erro ao carregar.</p>});
118 }
119 document.getElementById("cursoSelect").addEventListener("change",function
120 ){carregarEst(this.value)};
121 </script>
122 </body></html>

```

Figura 1.15: Código da página de visualização dos estudantes dentro da administração.

Fonte: [Autor]

1.2.12 Página de Relatório da Apuração dos Votos



```

165 <h1>Relatório de Eleições</h1>
166 <form action="relatorio_pdf.php" method="post" target="blank">
167 <button type="submit" class="download-btn">Baixar Relatório em PDF</button>
168 </form>
169 </div>
170 <h2>Votos dos Estudantes por Curso</h2>
171 <table>
172 <thead>
173 <tr>
174 <th>Curso</th>
175 <th>Candidatos(as)</th>
176 <th>Novos Candidatos(as)</th>
177 <th></th>
178 </thead>
179 </table>
180 <tbody>
181 <?php
182 $total_estudantes = array_fill_keys(array_map('utf8_decode',
183 $candidatos), 0);
184 if (count($cursos) > 0):
185 foreach ($cursos as $curso):
186 <tr>
187 <td><?php echo htmlspecialchars($curso)></td>
188 <td><?php foreach ($candidatos as $c):
189 $key = utf8_decode($c);
190 $td = $total_estudantes[$curso][$key] ?? 0;
191 $total_estudantes[$curso][$key] += $td;
192 </td></td>
193 </td></td>
194 </tr>
195 </td></td>
196 </tr>
197 </tbody>
198 <tr>
199 <td colspan="4">Total por Candidato</td>
200 <td colspan="4"><table border="1">
201 <tr>
202 <th>Candidato</th>
203 <th>Total</th>
204 <td colspan="2"><table border="1">
205 <tr>
206 <td colspan="2"><table border="1">
207 <tr>
208 <td colspan="2"><table border="1">
209 <tr>
210 <td colspan="2"><table border="1">
211 <tr>
212 <td colspan="2"><table border="1">
213 <tr>
214 <td colspan="2"><table border="1">
215 <tr>
216 <td colspan="2"><table border="1">

```

Figura 1.16: Código da página de relatório de apuração dos votos dos funcionários e estudantes. Fonte: [Autor]

1.3 Protótipo



Figura 1.17: Ilustração do protótipo físico. Fonte: **[Autor]**

1.4 Esquema Eléctrico

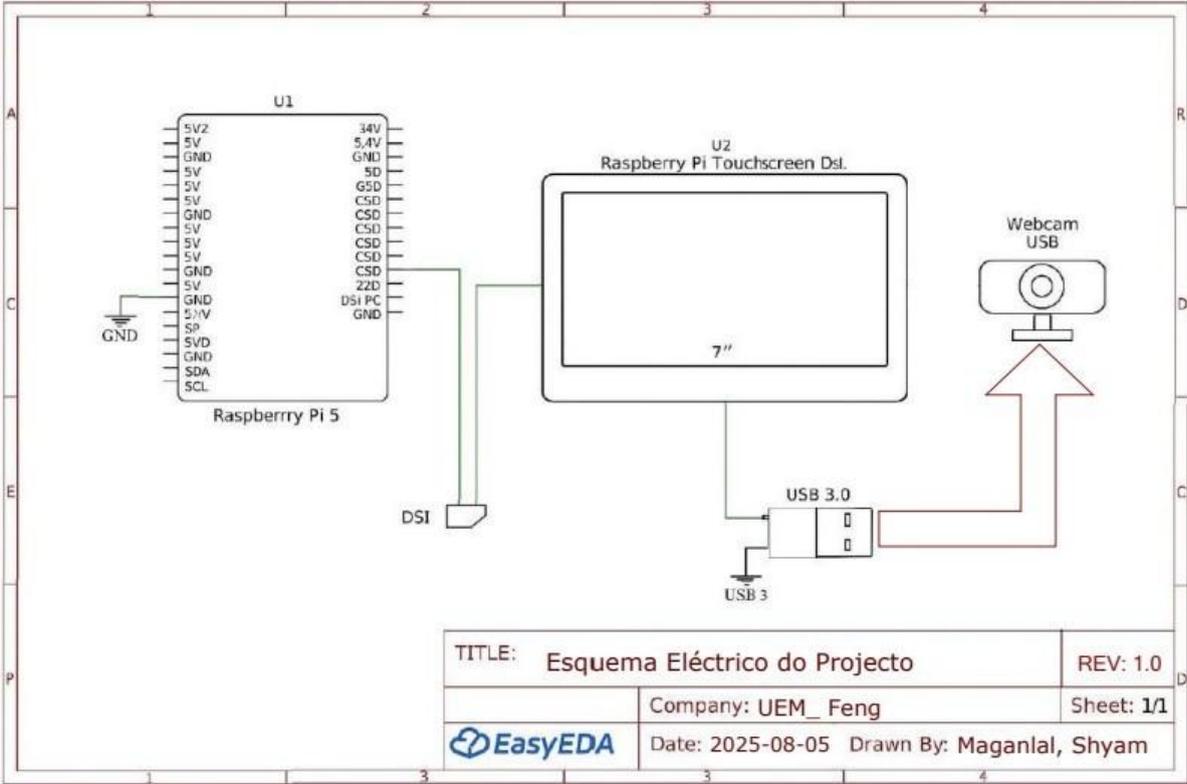


Figura 1.18: Circuito Eléctrico. Fonte: [Autor]