



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Desenvolvimento de um Sistema de
Detecção de Desvio e Encurtamento de
Rota nos Transportes Semicolectivos de
Passageiros da Cidade de Maputo**

Trabalho de Licenciatura

Aerson Martinho Salomão Macamo

**Supervisor: Doutor Gonçalves Justino Doho, Engº
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)**

Maputo, Novembro 2024



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**Desenvolvimento de um Sistema de Detecção de
Desvio e Encurtamento de Rota nos Transportes
Semicolectivos de Passageiros da Cidade de Maputo**

Trabalho de Licenciatura

Aerson Martinho Salomão Macamo

**Supervisor: Doutor Gonçalves Justino Doho, Engº
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)**

Maputo, Novembro 2024

AERSON MARTINHO SALOMÃO MACAMO

Desenvolvimento de um Sistema de Detecção de Desvio e Encurtamento de Rota nos Transportes Semicolectivos de Passageiros da Cidade de Maputo

Trabalho de Licenciatura apresentado 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: Doutor Gonçalves Justino Doho, Engº
(UEM, Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Electrotécnica)

Maputo, Novembro 2024

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 Aerson Martinho Salomão Macamo

entregou no dia ____/____/20 ____ as ____ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: _____

intitulado: Desenvolvimento de um Sistema de Detecção de Desvio e Encurtamento de Rota nos Transportes Semicolectivos de Passageiros da Cidade de Maputo

Maputo, _____ de _____ de 20_____

O Chefe de Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Aerson Martinho Salomão Macamo, estudante do curso de Licenciatura em Engenharia Electrónica na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, declaro, sob compromisso de honra, que o presente trabalho de licenciatura intitulado "Desenvolvimento de um Sistema de Detecção de Desvio e Encurtamento de Rota nos Transportes Semicolectivos de Passageiros da Cidade de Maputo" é resultado da minha própria investigação e análise, salvo as fontes devidamente referenciadas, em conformidade com as normas éticas e académicas, e não contém qualquer material previamente submetido a outra instituição para obtenção de grau académico ou qualquer outro tipo de reconhecimento. Reconheço que qualquer violação desta declaração poderá resultar em penalizações académicas, conforme estipulado pelas normas da UEM.



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

FICHA-RESUMO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Referência do tema: _____

Título do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Detecção de Desvio e Encurtamento de Rota nos Transportes Semicolectivos de Passageiros da Cidade de Maputo

Nome do autor: Aerson Martinho Salomão Macamo

Supervisores: Doutor Gonçalves Justino Doho, Engº

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema integrado para a detecção de desvios e encurtamentos de rota nos transportes semicolectivos da cidade de Maputo, como resposta aos desafios de mobilidade urbana e gestão do transporte público. O sistema utiliza tecnologias avançadas como o Arduino Mega, ESP32 e módulos GPS, RFID e GSM, combinados com conceitos da Internet das Coisas (IoT). A integração com o Firebase, MySQL e a API do Google Maps permite monitorar em tempo real a localização dos veículos, garantindo maior precisão e eficiência na gestão. A solução desenvolvida viabiliza a comunicação contínua entre sensores e uma interface web intuitiva, proporcionando aos operadores e gestores a capacidade de visualizar deslocamentos, identificar padrões de rotas e intervir quando necessário para corrigir desvios. Além disso, a coleta e análise de dados em tempo real oferecem suporte à tomada de decisões estratégicas pelas autoridades locais, promovendo maior eficiência operacional e satisfação dos passageiros. Este sistema, que combina hardware e software em um protótipo funcional, não apenas otimiza a fiscalização e gestão do transporte público, mas também contribui para a modernização do setor.

GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA (PELO JÚRI)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante Aerson Martinho Salomão Macamo

Referência do tema _____ Data ____/____/____

Título do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Detecção de Desvio e Encurtamento de Rota nos Transportes Semicolectivos de Passageiros da Cidade de Maputo

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal(max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal(max: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal(max: 50)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante Aerson Martinho Salomão Macamo

Referência do tema _____ Data ____/____/____

Titulo do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Detecção de Desvio e Encurtamento de Rota nos Transportes Semicolectivos de Passageiros da Cidade de Maputo

1. Resumo										
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5					
Secção 1 subtotal (max: 5)										

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal(max: 45)										

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita										
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5					
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5					
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5					
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5					
Secção 4 subtotal(max: 20)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE (PELO SUPERVISOR)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE

Nome do estudante Aerson Martinho Salomão Macamo

Referência do tema _____ Data ____/____/____

Titulo do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Detecção de Desvio e Encurtamento de Rota nos Transportes Semicolectivos de Passageiros da Cidade de Maputo

Indicador	Classificação				
Atitude geral (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)	1	2	3	4	5
Dedicação e comprometimento (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)	1	2	3	4	5
Independência (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)	1	2	3	4	5
Iniciativa (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)	1	2	3	4	5
Flexibilidade (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)	1	2	3	4	5
Sensibilidade (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)	1	2	3	4	5
Criatividade (contribuiu com imaginação e novas ideias)	1	2	3	4	5
Total de pontos (max: 35)					

Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

Total de pontos (max: 35)	
----------------------------------	--

Nota (=Total*20/35)	
----------------------------	--

FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante Aerson Martinho Salomão Macamo

Referência do tema _____ Data ____/____/____

Titulo do tema: Desenvolvimento de um Sistema de Detecção de Desvio e Encurtamento de Rota nos Transportes Semicollectivos de Passageiros da Cidade de Maputo

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO(%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $= (N1 * A + N2 * B) / 100$	
---	--

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

TERMO DE ADTRIBUIÇÃO DO TEMA DO TL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DE TRABALHO DE LICENCIATURA

REFERÊNCIA DO TEMA:

DATA:

21/04/2024

1. TÍTULO DO TEMA

Desenvolvimento de um Sistema de Detecção de Desvio e Encurtamento de Rota nos Transportes Semicolectivos de Passageiros da Cidade de Maputo

2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER

2.1. Definição do Problema

Em Maputo, grande parte da população não possui um meio de transporte próprio para o seu deslocamento diário, recorrendo assim, na sua grande maioria, aos transportes públicos. No passado estes serviços eram usualmente fornecidos pelo sector público de transporte colectivo, mas este passou a não dispor de capacidade para satisfazer toda uma grande e sempre crescente demanda, o que levou ao surgimento e/ou florescimento de transportadores privados de passageiros de diversa índole.

O aparecimento de tais transportadores privados de passageiros trouxe melhorias no acesso do público ao transporte. Deste grupo, destacam-se os transportadores semicolectivos, vulgo “chapas” passando a ser o meio alternativo mais usado para o transporte de passageiros. Contudo, vantagens vêm sempre acompanhadas de desvantagens, onde para o caso vertente a principal é o desvio e encurtamento de rotas, a qual, em Maputo assim como em outras grandes urbes moçambicanas, tornou-se comum entre os transportes semicolectivos de passageiros, que para cima disso, com muita frequência transgridem as normas

básicas de segurança rodoviária e em particular, as regras estabelecidas na s/-licença de exploração prejudicando os utentes desses serviços.

Acontece também que nem todas as rotas apresentam condições para a circulação dos autocarros de maior capacidade, o que se acresce ao seu número muito reduzido, levando à existência de transportadores privados não licenciados com nível de serviço e de segurança extremamente baixo como os veículos de caixa aberta vulgo “MyLove”. Este quadro é corolário de como os utentes não têm alternativas para os diversos abusos dos “chapas”, incluindo sobremaneira o encurtamento de rotas, fazendo com que eles tenham de incorrer em custos adicionais e no inconveniente de terem de desembarcar de um “chapa” para outro, entre outras vicissitudes.

Para abordar algumas dessas preocupações, em Maputo, a edilidade, através da Polícia Municipal implementou medidas de fiscalização nos terminais rodoviários e ao longo das rotas dos transportadores semicolectivos. No entanto, a eficácia dessas iniciativas é limitada pelas restrições humanas de número, ao que se acresce a sofisticação dos prevaricadores, entre outros desafios relacionados à regularidade, consistência e eficiência do processo de fiscalização, incluindo possíveis práticas corruptas, comprometendo a segurança e a qualidade dos serviços de transporte.

Diante desse cenário complexo de constrangimentos que afectam os usuários, este trabalho propõe-se a pesquisar e desenvolver o protótipo de um sistema de detecção dos desvios e encurtamentos de rotas baseado em tecnologias digitais embarcadas e na Internet das Coisas (*IoT*). A intenção é criar uma solução tecnológica que permita o monitoramento automatizado e em tempo real das rotas dos transportadores semicolectivos, com a opção de incluir acções de mitigação em tempo real, a par de oferecer suporte à decisão e administração, e dessa forma aprimorar a regularidade, eficiência, segurança e qualidade de serviço do transporte público semicolectivo em Maputo, experiência que poderá certamente ser extendida a outras urbes e/ou contextos.

2.2. Relevância da pesquisa

Embora a provisão de transporte público seja da responsabilidade do Estado, está patente a sua incapacidade em responder a demanda por transporte, sendo

que o número de utentes dos “chapas” tem vindo a aumentar e o quadro discutido acima é cada vez mais agudo e onnipresente, fazendo com que as práticas nocivas referenciadas, sobretudo o encurtamento de rotas, causem continuamente, prejuízos diversos desde o extremo desconforto até a duplicação do esforço financeiro necessário para cobrir as suas diárias necessidades em transporte.

Para resolver grande problema do desvio e encurtamento de rota, é necessário o uso de um sistema automatizado de registo em tempo real da geolocalização dos objectos móveis (“chapas”) e de detecção do seu eventual afastamento relativo à rota pre-estabelecida com menor intervenção do homem, permitindo maior flexibilidade e eficácia no controle dos “chapas”, sendo também possível obter estatísticas sobre os dados recolhidos podendo por exemplo, com isso identificar focos regionais de incidência na prática desta ilegalidade entre outras informações de apoio à decisão para os sistemas de gestão.

Esta solução visa também melhorar a eficiência do sistema de transporte semi-colectivo, proporcionar uma experiência mais positiva aos passageiros, reduzir o impacto ambiental e contribuir para um ambiente urbano mais bem planejado e regulamentado. Com uso deste sistema será possível:

- **Para os passageiros:** O projecto irá reduzir os desvios e encurtamentos de rota, o que reduzirá a insatisfação dos utentes;
- **Para o Conselho Municipal:** Com a implementação bem-sucedida desse sistema os motoristas licenciados passarão a seguir as rotas estabelecidas pelas autoridades, contribuindo para uma operação mais regulamentada e justa, garantindo que os serviços de transporte sigam as regras definidas. Também com coleta de dados sobre os desvios e o comportamento dos transportes semicolectivos pode fornecer informações valiosas para as autoridades municipais e operadores de transporte, isso pode ajudar na tomada de decisões informadas para melhorar a infraestrutura viária, planeamento urbano e políticas de transporte.

2.3. Objectivos

2.3.1. Objectivos Gerais

- Desenvolver um sistema automatizado para detecção e mitigação de desvios e encurtamento de rotas nos transportadores semicolectivos de passageiros.

2.3.2. Objectivos Específicos

- a. Analisar o cenário atual do funcionamento dos transportes públicos e privados de passageiros e apresentar os principais constrangimentos no funcionamento dos transportes semicolectivos de passageiros;
- b. Explorar sistemas de informação geográficos e de geolocalização e rastreamento de objetos móveis;
- c. Identificar sistemas usados para detecção dos desvios de rotas pré-estabelecidas;
- d. Desenvolver e apresentar um protótipo funcional de detecção de desvio e encurtamento de rota e sua possível mitigação tanto eletrónica em tempo real como administrativa à posteriori.

2.4. Metodologia

A elaboração deste projecto obedeceu a seguinte metodologia:

- **Quanto à abordagem:** Trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa, visando realizar entrevistas ou pesquisas com potenciais usuários para avaliar a relevância do sistema proposto bem como a provável usabilidade da interface do sistema e realizar métricas de interesse, tais como por exemplo a precisão na detecção de desvio da rota e tempo economizado;
- **Quanto à natureza:** Trata-se de uma pesquisa básica, visando aprimorar os conhecimentos e contribuir para uma sociedade cada vez mais avançada e sensível aos desafios da humanidade.
- **Quanto ao objectivo:** Trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva, permitindo, por um lado colectar informações preliminares sobre as tecnologias e ferramentas relevantes para o projecto; e por outro, explorar casos de uso semelhantes em implementações reais para identificar desafios comuns e soluções existentes. É uma meta preliminar, descrever detalhadamente os requisitos funcionais e técnicos do sistema, as especificações

do protótipo, incluindo sobremaneira as funcionalidades de detecção de desvio, sua possível mitigação técnica em tempo real e terminando na optimização de rotas.

O inquérito revelou que 57,9% acreditam que a implementação dessas tecnologias pode melhorar a confiabilidade e a segurança no transporte público, enquanto 40,4% demonstraram incerteza, e uma minoria de 1,8% não acredita nessa melhoria. Esses resultados reforçam a viabilidade do sistema e orientam a definição de requisitos funcionais e técnicos do protótipo.

- **Quanto ao procedimento:** Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, experimental e de estudo de caso, onde se recorrerá a diversas fontes bibliográficas para poder compreender as teorias e conceitos relacionados ao tema. Estudar-se-á o caso da Cidade de Maputo, no período do semestre lectivo 1 de 2024, sendo essa uma delimitação espacio-temporal necessária para comprimir e compreender melhor o problema e daí poder melhor determinar a forma de o resolver. Proceder-se-á também à implementação do protótipo do sistema com base nos requisitos definidos e nesse âmbito serão realizados ensaios e experimentos para testar a proficiência e eficácia da detecção de desvio da rota e doutros processos acessórios ou paralelos, culminando na optimização de rotas e no melhoramento da segurança e da qualidade de serviços no transporte semicolectivo, experiência que se espera emulável noutras urbes e/ou noutros contextos.

3. LOCAL DE REALIZAÇÃO

--

4. SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Doutor Gonçalves Justino Doho, Engº	
Da Instituição		

5. DATAS CHAVE

Entrega do tema	04/04/2024	Previsão da conclusão	31/08/2024
-----------------	------------	-----------------------	------------

Maputo, _____ de _____ de 20_____

Chefe da Comissão Científica

Visto do chefe do departamento

Declaro que recebi o tema do Trabalho de Licenciatura na data acima indicada

Nome: _____

Assinatura: _____

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:

DATA:

14/03/2024

1. AGENDA:

Apresentação da proposta de tema de projeto da parte da estudante e reformulação do tema por parte do supervisor.

2. PRESENÇAS:

Supervisor	Doutor Gonçalves Justino Doho, Eng ^o
Co-Supervisor	
Estudante	Aerson Martinho Salomão Macamo
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Durante o encontro com o supervisor, apresentei o projeto de licenciatura intitulado "Desenvolvimento de um Sistema de Detecção de Desvios e Encurtamentos de Rotas nos Transportes Semicolectivos de Passageiros". Expliquei os principais objetivos do projeto, que incluem a criação de um sistema para monitorar e identificar desvios e encurtamentos de rotas em serviços de transporte, visando melhorar a eficiência e a gestão das rotas.

Descrevi a abordagem proposta, destacando as tecnologias e metodologias a serem utilizadas, bem como as etapas do desenvolvimento, desde a concepção até a implementação. O supervisor forneceu feedback construtivo e sugeriu diretrizes adicionais para aprimorar o planejamento do projeto. O encontro ajudou a alinhar expectativas e a definir os próximos passos.

4. RECOMENDAÇÕES:

O supervisor recomendou fazer o Anexo 5, que deve detalhar os seguintes aspectos: problema de estudo, relevância, objetivos e metodologia.

5. Observações

--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

21/03/2024

ACTA DE ENCONTROS REGULARES



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:

DATA:

21/03/2024

1. AGENDA:

Entrega do Anexo 5

2. PRESENÇAS:

Supervisor	Doutor Gonçalves Justino Doho, Eng ^o
Co-Supervisor	
Estudante	Aerson Martinho Salomão Macamo
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Na reunião, foi entregue ao supervisor o Anexo 5, para análise detalhada.

4. RECOMENDAÇÕES:

5. Observações

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

04/04/2024

EPÍGRAFE

*Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não
temeria mal algum, porque tu estás comigo. Salmos 23:4*

DEDICATÓRIA

A minha mãe,; aos meus irmãos Euler de Araújo Salomão Macamo, Piola de Jesus Belda Macamo, Thainara da Márcia Belda Macamo e Salomão Romão Júnior; e a todos que deste trabalho se vão beneficiar. Dedico este trabalho, em primeiro lugar, a Deus, pela força e sabedoria concedidas durante toda a jornada. Aos meus pais, Belda Martinho Magenje e Salomão Romão, pela educação, apoio incondicional e por acreditarem nos meus sonhos, aos meus irmãos e primos, por serem fonte constante de inspiração e motivação, aos amigos, colegas e todos que estiveram ao meu lado durante esta caminhada, oferecendo encorajamento e compreensão nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

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

Agradeço imensuravelmente à minha mãe, Belda Martinho Magenje que deu tudo de si para prover condições financeiras, ambientais e emocionais para que fosse possível levar a cabo a minha carreira acadêmica. Junto dela, agradeço com igual fervor aos meus irmãos que foram sempre uma fonte de apoio, suporte e motivação.

Quero agradecer ao meu supervisor Doutor Gonçalves Justino Doho, Engº, por um lado na posição de supervisor, que foi desde o início do trabalho um bom orientador, e por outro, como docente. Agradeço por toda orientação e incentivo em investir na minha carreira profissional.

Agradeço em especial Gizela Mocumba, Hermenegildo Fombe, Manuel Carlos Romão e Kayna Manguze, e todos meus amigos e colegas 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 um Sistema de Detecção de Desvio e Encurtamento de Rota nos Transportes Semicolectivos de Passageiros da Cidade de Maputo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema integrado para a detecção de desvios e encurtamentos de rota nos transportes semicoletivos da cidade de Maputo, como resposta aos desafios de mobilidade urbana e gestão do transporte público. O sistema utiliza tecnologias avançadas como o Arduino Mega, ESP32 e módulos GPS, RFID e GSM, combinados com conceitos da Internet das Coisas (IoT). A integração com o Firebase, MySQL e a API do Google Maps permite monitorar em tempo real a localização dos veículos, garantindo maior precisão e eficiência na gestão. A solução desenvolvida viabiliza a comunicação contínua entre sensores e uma interface web intuitiva, proporcionando aos operadores e gestores a capacidade de visualizar deslocamentos, identificar padrões de rotas e intervir quando necessário para corrigir desvios. Além disso, a coleta e análise de dados em tempo real oferecem suporte à tomada de decisões estratégicas pelas autoridades locais, promovendo maior eficiência operacional e satisfação dos passageiros. Este sistema, que combina hardware e software em um protótipo funcional, não apenas otimiza a fiscalização e gestão do transporte público, mas também contribui para a modernização do setor.

Palavras Chaves: IoT, Transporte Público, Monitoramento, Controle, Hardware, Software, Banco de Dados, Atuadores, Eficiência Operacional.

ABSTRACT

Desenvolvimento de um Sistema de Detecção de Desvio e Encurtamento de Rota nos Transportes Semicolectivos de Passageiros da Cidade de Maputo

This work presents the development of an integrated system for detecting route deviations and shortcuts in the semi-collective transport sector of Maputo city, addressing challenges in urban mobility and public transport management. The system employs advanced technologies such as Arduino Mega, ESP32, and GPS, RFID, and GSM modules, combined with Internet of Things (IoT) concepts. Integration with Firebase, MySQL and the Google Maps API enables real-time vehicle tracking, ensuring greater accuracy and efficiency in management. The developed solution facilitates continuous communication between sensors and an intuitive web interface, allowing operators and managers to monitor routes, identify travel patterns, and intervene when necessary to correct deviations. Additionally, real-time data collection and analysis provide strategic decision-making support for local authorities, enhancing operational efficiency and passenger satisfaction. By combining hardware and software into a functional prototype, this system not only optimizes oversight and management of public transport but also contributes to the modernization of the sector

Keywords: IoT, Public Transportation, Monitoring, Control, Hardware, Software, Database, Actuators, Operational Efficiency.

Índice de Conteúdo

Índice	xxii
Lista de Figuras	xxii
Lista de Acrónimos	xxv
1 Introdução	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Formulação do problema	2
1.3 Justificativa	3
1.4 Objectivos	4
1.5 Metodologia de investigação	5
1.6 Estrutura do trabalho	6
2 Revisão Teórica	7
2.1 Transportes públicos	7
2.1.1 Desvios e Encurtamento de Rotas	8
2.1.2 Sistema gerenciamento de transportes	9
2.1.2.1 Sistema De Gerenciamento De Transporte (<i>TMS</i>)	10
2.1.2.2 Sistema de gerenciamento de transportes públicos em Moçambique	12
2.2 Sistemas de Informação Geográficos (SIG) e Geolocalização	13
2.2.1 Sistemas de Informação Geográficos (SIG)	13
2.2.1.1 Estrutura de SIG	15
2.2.2 Geolocalização	15
2.2.2.1 Principais funcionalidades da geolocalização	17
2.2.2.2 Aplicações em Transportes	17
2.3 Sistema de Posicionamento Global (GPS)	18
	xxii

2.3.1	Sistema GPS (Componentes)	19
2.3.2	Os tipos de GPS	20
2.3.3	Módulo GPS Ublox NEO-6M	21
2.4	Circuito Fechado De Televisão (CCTV)	22
2.4.1	Câmaras de Segurança	25
2.4.1.1	Tipos de Câmara de Segurança	26
2.5	Microcontroladores	30
2.5.1	Arduino	31
2.5.2	Espressif Systems (ESP)	32
2.5.2.1	ESP8266	32
2.5.2.2	ESP32	32
2.6	Identificação por Radiofrequência (RFID)	33
2.6.1	Módulo RFID	34
2.6.1.1	Módulo RFID Mfrc522	35
2.7	Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM)	36
2.7.1	Serviço Geral de Rádio por Pacotes (GPRS)	37
2.7.1.1	Comutação de circuitos vs comutação de pacotes	38
2.7.2	Protocolos de Camada de Aplicação e Transporte	39
2.7.3	Protocolos de Camada de Rede	39
2.7.4	Protocolos de Camada de Enlace e Físicas	39
2.7.5	Arquitetura do GPRS	40
2.7.6	Módulo GPRS GSM SIM800L	41
2.8	Internet das coisas (IoT, <i>Internet of Things</i>)	41
2.8.1	Blocos Básicos de Construção da IoT	42
2.8.2	Arquitetura da IoT	43
2.9	Base de dados	46
2.9.1	Linguagem de Consulta Estruturada (SQL, Structured Query Language)	47
2.9.2	NoSQL (Não apenas SQL)	47
3	Desenvolvimento da Solução e Implementação do Protótipo	49
3.1	Análise do sistema actual	49
3.1.1	Falhas do Sistema Atual	50
3.1.2	Necessidades dos utilizadores	50

3.1.3	Requisitos do sistema	51
3.2	Descrição Solução	51
3.2.1	Microcontrolador	52
3.2.1.1	Arduino Mega 2560	53
3.2.1.2	ESP32	54
3.2.2	Módulo <i>RFID</i> MFRC522	56
3.2.3	Módulo GPS NEO-6M	57
3.2.4	Módulo GSM SIM800L	59
3.2.5	Câmara Web	60
3.2.6	Desenvolvimento da página Web	61
3.2.6.1	HTML	61
3.2.6.2	CSS	62
3.2.6.3	Google API	62
3.2.7	Funcionamento	62
3.3	Custos e Mão-de-obra	65
4	Testes e Resultados	66
4.1	Página Principal	67
5	Conclusões e Recomendações	72
5.1	Conclusão	72
5.2	Dificuldades Encontradas	72
5.3	Recomendações	73
	Anexos	81
1	Anexos	1
1.1	Códigos do Microcontrolador	1
1.1.1	Código do Esp32	1
1.1.2	Código do Arduino Mega2560	4
1.1.3	Código da Página Web	6
1.2	Circuitos	6
1.3	Inquérito	7

Lista de Figuras

2.1	Componentes do SIG: Pin-out. Fonte: [Componentes do SIG]	14
2.2	Arquitetura do SIG. Fonte: [SIG]	15
2.3	Ilustração de vários pontos de localização. Fonte: [Funcionamento GPS]	18
2.4	(a) Latitude, (b) Longitude e (c) Constelação de satélites GPS. Fonte: [GPS]	19
2.5	Ublox GPS NEO-6M. Fonte: Adaptado de [Gps Neo]	21
2.6	Estrutura básica de um sistema de monitoramento. Fonte: [CÂMERAS DE SEGURANÇA]	
2.7	Exemplo da utilização de Câmara IP. Fonte: [CÂMERAS DE SEGURANÇA]	24
2.8	Exemplo de uma arquitetura de monitoramento por câmaras completo. Fonte: [CÂMERAS DE SEGURANÇA]	25
2.9	Câmara Infravermelho. Fonte: [Câmeras de segurança]	26
2.10	Câmara <i>bullet</i> . Fonte: [CÂMERA BULLET]	27
2.11	Câmara <i>IP</i> . Fonte: [Câmera IP]	27
2.12	Câmara Wifi. Fonte: [Câmera WiFi]	28
2.13	Câmara Wifi. Fonte: [Câmera Web]	28
2.14	Câmara camuflada. Fonte: [Câmera Camuflada]	29
2.15	Câmara dome. Fonte: [Câmera Dome]	29
2.16	Câmara speed dome. Fonte: [Câmera Speed Dome]	30
2.17	Arduino Mega: Pin-out. Fonte: [Introduction to Arduino Mega 2560]	31
2.18	ESP32: Pin-out. Fonte: [AUTOMATED GRAIN REPOSITORY USING IOT]	33
2.19	Módulo RFID Mfrc522 13.56 MHz. Fonte: [MÓDULO RFID]	35
2.20	Arquitetura GSM. Fonte: [ARQUITETURA DA REDE GSM]	37
2.21	Arquitetura GPRS. Fonte: Adaptado de [Redes]	38
2.22	Arquitetura GPRS. Fonte: Adaptado de [Arquitetura GPRS]	40
2.23	Módulo GSM SIM800L. Fonte: [Módulo GSM]	41
2.24	Internet das Coisas. Fonte: Adaptado de [Melhoramento de variáveis]	42
2.25	Blocos básicos da IoT. Fonte: [Silva2016]	44

2.26	Arquitectura em camadas da Internet das Coisas. Fonte: [Recommendation ITU-T Y.2060, 2012, p. 7]	44
3.1	Diagrama da estrutura do protótipo. Fonte: Adaptado de [Autor]	52
3.2	Diagrama da arquitectura da página Web do protótipo. Fonte: Adaptado de [Autor]	61
3.3	Fluxograma do microcontrolador. Fonte: Adaptado de [Autor]	63
3.4	Fluxograma do microcontrolador. Fonte: Adaptado de [Autor]	64
4.1	Protótipo do sistema real. Fonte: [Autor]	66
4.2	Tela Login. Fonte: [Autor]	67
4.3	Tela Principal. Fonte: [Autor]	67
4.4	Rotas salvas no banco de dados. Fonte: [Autor]	68
4.5	Carros registrados no banco de dados. Fonte: [Autor]	68
4.6	Pontos estrategicos salvos no banco de dados. Fonte: [Autor]	68
4.7	Estrutura dos nós do firebase. Fonte: [Autor]	69
4.8	Deteção de encurtamento rota. Fonte: [Autor]	69
4.9	Deteção de Desvio de Rota. Fonte: [Autor]	70
4.10	Deteção de Desvio de Rota. Fonte: [Autor]	70
4.11	Deteção de Desvio de Rota. Fonte: [Autor]	70
4.12	Deteção de Desvio de Rota. Fonte: [Autor]	71
4.13	Interface de Relatório de Infrações. Fonte: [Autor]	71
1.1	Circuito Electrico. Fonte: [Autor]	6
1.2	Circuito de montagem e ensaio. Fonte: [Autor]	6

Lista de Tabelas

2.1	Diferenças entre SQL e NoSQL. Fonte: Adaptado de [Autor]	48
3.1	Comparação dos microcontroladores. Fonte: [Espressif (2023) e Arduino]	53
3.2	Custo dos componentes do protótipo. Fonte: [Autor]	65

Lista de Acrónimos

BSC *Base Station Controller.* 37

BSS *Base Station Subsystem.* 37

BTS *Base Transceiver Station.* 37

CCTV *Circuito Fechado de Televisão -Closed Circuit TeleVision.* 22

CRM *Customer Relationship Management - Gestão do Relacionamento com o Cliente.*
9

CSS *Folhas de Estilo em Cascata - Cascading Style Sheets.* 62

DBMS *Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados - Database Management System.*
46

DPTC *Direcção Provincial dos Transportes e Comunicações.* 8

DVR *Digital Video Recorder - Gravador de Vídeo Digital.* 24

EMTM *Empresa Municipal de Transportes Rodoviários de Maputo.* 8

ESP *Espressif Systems.* 32

EXI *Efficient XML Interchange.* 43

FDMA *Frequency Division Multiple Access.* 36

FEMATRO *Federação Moçambicana das Associações dos Transportadores Rodoviários.* 8

GGSN *Gateway GPRS Support Node.* 39

GPRS *General Packet Radio Service - Serviço Geral de Rádio por Pacotes.* 37

GPS Sistema de Posicionamento Global - *Global Positioning System*. 18

GSM *Global System for Mobile Communication* - Sistema Global para Comunicações Móveis. 36

GTP *GPRS Tunneling Protocol*. 39

HTML Linguagem de Marcação de HiperTexto - *HyperText Markup Language*. 61

HTTP *Hypertext Transfer Protocol*. 39

IDE Ambiente de Desenvolvimento Integrado - *Integrated Development Environment*. 31

IoT *Internet das coisas* - *Internet of Things*. 2

IP Protocolo de Internet - *Internet Protocol*. 23

IR infravermelho. 26

LED *Light-emitting Diode*. 29

LLC *Logical Link Control*. 39

NoSQL Não apenas Linguagem de Consulta Estruturada - *Not only Structured Query Language*. 47

NSS *Network and Switching Subsystem*. 36

OMS *Operations and Maintenance System*. 36

OWL Web Ontology Language. 43

RDF Resource Description Framework. 43

RFID - Radio-Frequency Identification Identificação por rádio frequência. 33

SGSN *Serving GPRS Support Node*. 39

SIG Sistemas de Informação Geográficos. 13

SMTP *Simple Mail Transfer Protocol*. 39

SQL Linguagem de Consulta Estruturada - *Structured Query Language*. 46

TCP *Transmission Control Protocol*. 39

TDMA *Time Division Multiple Access*. 36

TMS Sistema de Gerenciamento de Transporte - *Transportation Management System*.
10

UART Receptor/Transmissor Assíncrono Universal. 21

UDP *User Datagram Protocol*. 39

WiFi Fidelidade Sem Fio - *Wireless Fidelity*. 16

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização

A urbanização global tem avançado a um ritmo acelerado. Em 1950, 30% da população mundial vivia em áreas urbanas, esse número aumentou para 54% em 2014 e pode chegar a 60% em 2030 e 66% em 2050 (*UN-Population Division*, 2015). Cerca de 90% desse crescimento urbano nas próximas décadas ocorrerá em países em desenvolvimento, particularmente na Ásia e África. Nesses países, o crescimento urbano muitas vezes resulta em um aumento populacional sem o correspondente avanço nas condições de vida, criando uma série de desafios.

Em países como Moçambique, esse rápido crescimento urbano tem gerado dificuldades significativas na mobilidade urbana. Em Maputo, a migração de áreas rurais e outras províncias em busca de melhores oportunidades tem aumentado a população urbana, enquanto a infraestrutura de transporte público não acompanhou esse crescimento. Como resultado, surgiram os "transportes semicoletivos de passageiros", conhecidos como "chapas".

Durante anos, os serviços de "chapas" operaram de forma irregular, sem regulamentação adequada e com falta de sistemas eficazes de controle. As rotas eram frequentemente definidas de forma arbitrária, as paradas eram alteradas sem aviso prévio, e os itinerários não atendiam às necessidades dos passageiros, resultando em uma experiência de transporte pública precária. Esses problemas operacionais foram, em parte, solucionados por meio de regulamentações e melhorias na gestão dos serviços. No entanto, desafios significativos ainda persistem.

Apesar dos esforços para regularizar e melhorar o funcionamento dos "chapas", a infra-

estrutura continua a ser inadequada, e os mecanismos de controle e fiscalização ainda enfrentam limitações. Nesse contexto, os avanços na tecnologia digital e na Internet das Coisas (*Internet of Things*, *Internet das coisas* - Internet of Things (*IoT*)) oferecem novas oportunidades para enfrentar esses desafios de maneira mais eficaz. A digitalização, que envolve a conversão de processos analógicos em digitais, juntamente com a IoT, que conecta objetos físicos à internet para coleta e compartilhamento de dados em tempo real, desempenha um papel essencial na modernização do sistema de transporte.

No contexto da detecção de desvios e encurtamentos de rotas, a *IoT* é uma ferramenta crucial. Sensores instalados nos veículos de transporte público podem coletar dados em tempo real sobre localização, velocidade e condições operacionais. Esses dados, transmitidos via internet, permitem o monitoramento contínuo dos veículos, facilitando a detecção imediata de desvios e encurtamentos de rotas.

Os dados coletados pela *IoT* podem ser analisados para otimizar o planejamento de rotas, melhorar a eficiência operacional e reduzir o impacto ambiental, diminuindo o tempo de espera e o consumo de combustível.

1.2 Formulação do problema

Em Maputo, grande parte da população não possui um meio de transporte próprio para o seu deslocamento diário, recorrendo assim, na sua grande maioria, aos transportes públicos. No passado estes serviços eram usualmente fornecidos pelo sector público de transporte colectivo, mas este passou a não dispor de capacidade para satisfazer toda uma grande e sempre crescente demanda, o que levou ao surgimento e/ou florescimento de transportadores privados de passageiros de diversa índole.

O aparecimento de tais transportadores privados de passageiros trouxe melhorias no acesso do público ao transporte. Deste grupo, destacam-se os transportadores semicolectivos, vulgo “chapas” passando a ser o meio alternativo mais usado para o transporte de passageiros. Contudo, vantagens vêm sempre acompanhadas de desvantagens, onde para o caso vertente a principal é o desvio e encurtamento de rotas, a qual, em Maputo assim como em outras grandes urbes moçambicanas, tornou-se comum entre os transportes semicolectivos de passageiros, que para cima disso, com muita frequência transgridem as normas básicas de segurança rodoviária e em particular, as regras estabelecidas na s/licença de exploração prejudicando os utentes desses serviços.

Acontece também que nem todas as rotas apresentam condições para a circulação dos autocarros de maior capacidade, o que se acresce ao seu número muito reduzido, levando à existência de transportadores privados não licenciados com nível de serviço e de segurança extremamente baixo como os veículos de caixa aberta vulgo “MyLove”. Este quadro é corolário de como os utentes não têm alternativas para os diversos abusos dos “chapas”, incluindo sobremaneira o encurtamento de rotas, fazendo com que eles tenham de incorrer em custos adicionais e no inconveniente de terem de desembarcar de um “chapa” para outro, entre outras vicissitudes.

Para abordar algumas dessas preocupações, em Maputo, a edilidade, através da Polícia Municipal implementou medidas de fiscalização nos terminais rodoviários e ao longo das rotas dos transportadores semicolectivos. No entanto, a eficácia dessas iniciativas é limitada pelas restrições humanas de número, ao que se acresce a sofisticação dos prevaricadores, entre outros desafios relacionados à regularidade, consistência e eficiência do processo de fiscalização, incluindo possíveis práticas corruptas, comprometendo a segurança e a qualidade dos serviços de transporte. Diante desse cenário complexo de constrangimentos que afectam os usuários surge a seguinte questão de pesquisa: **Que mecanismos podem ser implementados de forma a melhorar o controle dos transportes semicolectivos de passageiros e a gestão dos desvios e encurtamento de rota dos mesmo?**

1.3 Justificativa

Embora a provisão de transporte público seja da responsabilidade do Estado, está patente a sua incapacidade em responder a demanda por transporte, sendo que o número de utentes dos “chapas” tem vindo a aumentar e o quadro discutido acima é cada vez mais agudo e onnipresente, fazendo com que as práticas nocivas referenciadas, sobretudo o encurtamento de rotas, causem continuamente, prejuízos diversos desde o extremo desconforto até a duplicação do esforço financeiro necessário para cobrir as suas diárias necessidades em transporte.

Para resolver grande problema do desvio e encurtamento de rota, é necessário o uso de um sistema automatizado de registo em tempo real da geolocalização dos objectos móveis (chapas) e de detecção do seu eventual afastamento relativo à rota pre-estabelecida com menor intervenção do homem, permitindo maior flexibilidade e eficácia no controle

dos “chapas”, sendo também possível obter estatísticas sobre os dados recolhidos podendo por exemplo, com isso identificar focos regionais de incidência na prática desta ilegalidade entre outras informações de apoio à decisão para os sistemas de gestão.

Esta solução visa também melhorar a eficiência do sistema de transporte semicolectivo, proporcionar uma experiência mais positiva aos passageiros, reduzir o impacto ambiental e contribuir para um ambiente urbano mais bem planeado e regulamentado. Com uso deste sistema será possível:

- **Para os passageiros:** O projecto irá reduzir os desvios e encurtamentos de rota, o que reduzirá a insatisfação dos utentes;
- **Para o Conselho Municipal:** Com a implementação bem-sucedida desse sistema os motoristas licenciados passarão a seguir as rotas estabelecidas pelas autoridades, contribuindo para uma operação mais regulamentada e justa, garantindo que os serviços de transporte sigam as regras definidas. Também com coleta de dados sobre os desvios e o comportamento dos transportes semicolectivos pode fornecer informações valiosas para as autoridades municipais e operadores de transporte, isso pode ajudar na tomada de decisões informadas para melhorar a infraestrutura viária, planejamento urbano e políticas de transporte.

1.4 Objectivos

2.3.1. Objectivos Gerais

- Desenvolver um sistema automatizado para detecção e mitigação de desvios e encurtamento de rotas nos transportadores semicolectivos de passageiros.

2.3.2. Objectivos Específicos

- a. Analisar o cenário atual do funcionamento dos transportes públicos e privados de passageiros e apresentar os principais constrangimentos no funcionamento dos transportes semicolectivos de passageiros;
- b. Explorar sistemas de informação geográficos e de geolocalização e rastreamento de objetos móveis;
- c. Identificar sistemas usados para detecção dos desvios de rotas pré-estabelecidas;

- d. Desenvolver e apresentar um protótipo funcional de detecção de desvio e encurtamento de rota e sua possível mitigação tanto eletrónica em tempo real como administrativa à posteriori.

1.5 Metodologia de investigação

A elaboração deste projecto obedeceu a seguinte metodologia:

- **Quanto à abordagem:** Trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa, visando realizar entrevistas ou pesquisas com potenciais usuários para avaliar a relevância do sistema proposto bem como a provável usabilidade da interface do sistema e realizar métricas de interesse, tais como por exemplo a precisão na detecção de desvio da rota e tempo economizado;
- **Quanto à natureza:** Trata-se de uma pesquisa básica, visando aprimorar os conhecimentos adquiridos durante a formação e contribuir para uma sociedade cada vez mais avançada e sensível aos desafios da humanidade.
- **Quanto ao objectivo:** Trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva, permitindo, por um lado colectar informações preliminares sobre as tecnologias e ferramentas relevantes para o projecto; e por outro, explorar casos de uso semelhantes em implementações reais para identificar desafios comuns e soluções existentes. É uma meta preliminar, descrever detalhadamente os requisitos funcionais e técnicos do sistema, as especificações do protótipo, incluindo sobremaneira as funcionalidades de detecção de desvio, sua possível mitigação técnica em tempo real e terminando na optimização de rotas.

O inquérito revelou que 57,9% acreditam que a implementação dessas tecnologias pode melhorar a confiabilidade e a segurança no transporte público, enquanto 40,4% demonstraram incerteza, e uma minoria de 1,8% não acredita nessa melhoria. Esses resultados reforçam a viabilidade do sistema e orientam a definição de requisitos funcionais e técnicos do protótipo.

- **Quanto ao procedimento:** Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, experimental e de estudo de caso, onde se recorrerá a diversas fontes bibliográficas para poder compreender as teorias e conceitos relacionados ao tema. Estudar-se-á o caso da Cidade de Maputo, no período do semestre lectivo 1 de 2024, sendo essa uma

delimitação espacio-temporal necessária para comprimir e compreender melhor o problema e daí poder melhor determinar a forma de o resolver. Proceder-se-á também à implementação do protótipo do sistema com base nos requisitos definidos e nesse âmbito serão realizados ensaios e experimentos para testar a proficiência e eficácia da detecção de desvio da rota e doutros processos acessórios ou paralelos, culminando na otimização de rotas e no melhoramento da segurança e da qualidade de serviços no transporte semicolectivo, experiência que se espera emulável noutras urbes e/ou noutros contextos.

1.6 Estrutura do trabalho

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

- **CAPÍTULO 1** – Nesse capítulo é apresentada a formulação do problema, inclui também os objetivos, 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 discutida.
- **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 Transportes públicos

O transporte público, também conhecido como transporte coletivo, refere-se a sistemas de mobilidade coletiva disponíveis para uso geral pela população. Esses sistemas são projetados para facilitar o deslocamento de pessoas em áreas urbanas e rurais, operando em rotas e horários predefinidos. Normalmente gerenciados por entidades governamentais ou privadas, os transportes públicos representam uma infraestrutura vital para qualquer cidade moderna, contribuindo para a eficiência, sustentabilidade e acessibilidade do transporte urbano. Eles oferecem um meio eficiente e acessível de deslocamento, cobrando uma taxa fixa por viagem e desempenhando um papel crucial na mobilidade da população em geral e os seus bens.

O transporte coletivo é um serviço essencial nas cidades, pois democratiza a mobilidade, constitui um modo de transporte imprescindível para reduzir congestionamentos, os níveis de poluição e o uso indiscriminado de energia automotiva, além de minimizar a necessidade de construção de vias e estacionamentos. A Constituição de 1988 definiu a competência municipal na organização e prestação do transporte coletivo [**Gomide 2006**]. Um sistema de transporte coletivo planejado aperfeiçoa o uso dos recursos públicos, possibilitando investimentos em setores de maior relevância social e uma ocupação mais racional e humana do solo urbano, pois exerce papel de fixador do homem no espaço urbano, podendo influenciar na localização das pessoas, serviços, edificações, rede de infra-estruturas e atividades urbanas [**Cardoso 2008**].

A importância do sistema de transporte para o desenvolvimento das cidades reside na medida em que este permite que as cidades mantenham ligações com várias partes do

mundo exterior, facilitando o fluxo de pessoas, ideias, mercadorias e capitais.

[Costa & Santos 2006a.]

Em Moçambique, aos meios de transportes rodoviários, de passageiros com capacidade de 15 a 34 lugares (assentos) no máximo, recebem o nome de “Chapas”. Esses carros são maioritariamente de pessoas privadas sejam elas singulares ou coletivas. Atualmente, o serviço de transporte público de passageiros é repartido pela Empresa Municipal de Transportes Rodoviários de Maputo Empresa Municipal de Transportes Rodoviários de Maputo (EMTM), outros de propriedade privadas financiados pelo Estado através do Fundo de Desenvolvimento de Transportes e Comunicação (FTC), os vulgos Federação Moçambicana das Associações dos Transportadores Rodoviários (FEMATRO) com vários destinos ou rotas intraurbanas e interurbanas (Maputo e Matola) e por um largo número de operadores privados, que na sua maioria, utilizam os chapas.

Na cidade de Maputo, o licenciamento dos transportes públicos é realizado pela Direcção Provincial dos Transportes e Comunicações Direcção Provincial dos Transportes e Comunicações (DPTC). A emissão de licenças é feita às pessoas singulares e coletivas que reunirem todos os requisitos necessários. Todas as viaturas devem renovar as suas licenças anualmente e serem inspecionadas semestralmente pelo Agência Metropolitana de Transporte de Maputo (AMT). É no acto do licenciamento que são atribuídas as rotas para os operadores e cada viatura licenciada deve operar em uma única rota, indicada no vidro da frente e de trás com os nomes dos terminais de origem e de destino.

[Licenciamento de transportes]

2.1.1 Desvios e Encurtamento de Rotas

Desvio de Rota

Um desvio de rota ocorre quando há uma alteração no caminho inicialmente planeado devido a fatores imprevistos ou novas condições que exigem uma alteração na trajetória. Em sistemas de navegação e logística, os desvios são comuns e podem ser necessários para lidar com situações como: acidentes, obras na estrada, áreas de restrição, condições climáticas e questões de segurança. **[Atlas]**

No contexto do transporte público, um desvio de rota refere-se a uma alteração no trajeto planeado de um meio de transporte. Isso pode ocorrer por várias razões e pode impactar tanto a programação quanto a experiência dos passageiros.

Impacto dos Desvios:

- Tempo de Viagem
- Experiência do Passageiro
- Coordenação e Logística

Encurtamento de Rota

Encurtamento de rota refere-se à redução da distância ou do tempo necessário para percorrer um percurso, tornando-o mais eficiente. No transporte público, isso pode envolver encontrar um caminho mais direto ou otimizar a rota para melhorar a eficiência operacional, resultando em economias de combustível e custos operacionais gerais. Para os transportadores, encurtar uma rota pode significar uma otimização dos serviços e um aumento na capacidade de atender mais passageiros ou realizar mais entregas. Porém, para os passageiros, isso pode prejudicar, pois o transporte pode não chegar ao seu destino previsto, resultando em inconvenientes e possíveis frustrações.

2.1.2 Sistema gerenciamento de transportes

Paula Arriel defende que, sistema de gestão é uma estrutura comprovada para gerenciar e melhorar continuamente as políticas, procedimentos e processos da sua organização. Esses sistemas são conjuntos integrados de ferramentas, processos e práticas que organizações utilizam para administrar, monitorar e otimizar diferentes aspectos de suas operações.

Existem dois tipos principais de sistemas de gestão: *ERP* e *CRP*, cada um com funções distintas.

ERP é a sigla para *Customer Relationship Management* - Gestão do Relacionamento com o Cliente (CRM), este sistema organiza processos relacionados aos diferentes recursos de uma empresa, com foco especial nos recursos financeiros. As atividades geridas por um *ERP* incluem:

- Gestão logística
- Gestão de stocks
- Emissão de faturas
- Pagamento de tributos
- Informações sobre funcionários

CRM é a sigla para CRM, este sistema reúne todas as informações relacionadas ao funil de vendas, centrando-se no cliente. As principais funções de um CRM incluem:

- Melhor previsibilidade de vendas
- Aumento da satisfação do cliente
- Redução da taxa de cancelamento
- Controle sobre o histórico de relacionamento com clientes
- Campanhas de vendas baseadas em dados

2.1.2.1 Sistema De Gerenciamento De Transporte (TMS)

Na visão de Butta, Sistema de Gerenciamento de Transporte - *Transportation Management System* (TMS), é um software para fazer a gestão de toda a logística de transportes. Através desta tecnologia é possível centralizar as informações e visualizar em tempo real todas as operações de transporte. Dessa maneira, o planejamento e controle do processo fica mais estruturado e robusto, facilitando a tomada de ação pelos gestores. O TMS é um sistema que otimiza o fluxo de materiais e informações no processo logístico de transporte. Ele melhora a comunicação entre empresas e clientes, aprimora os processos de armazenagem e distribuição, moderniza os métodos de controle e agiliza a execução das atividades. Este sistema abrange várias áreas, como comerciais, operacionais, SAC, seguros, facturamento, financeira e logística, e é concebido para integrar-se com sistemas ERP. Isso permite a automação da integração financeira, fiscal e contábil ao emitir documentos como CTe ou NFSe. Além disso, o Tomaz argumenta que, o TMS tem como objetivo identificar e controlar os custos associados a cada operação de transporte. Considera não apenas o veículo, mas também a gestão de recursos humanos e materiais, o controle das cargas, os custos de manutenção da frota e as discrepâncias nas entregas. O sistema também lida com várias tabelas de fretes (peso, valor, volume) para apresentar o modelo de custo mais adequado. Os principais benefícios do TMS são:

- **Automatização dos Processos:** automatiza tarefas repetitivas e assegura cada operação, agilizando a logística de transportes e permitindo que a carga operacional seja gerida pelo sistema, com o foco em controlar as informações.

- **Melhor Nível de Serviço ao Cliente:** adoção de um *TMS* melhora o processo de transporte e reduz o tempo de trânsito das entregas, elevando o nível de serviço prestado aos clientes.
- **Redução dos Custos de Operação:** ajuda a identificar oportunidades de otimização na roteirização das cargas, o que reduz os custos com frete. Além disso, diminui o retrabalho e as falhas, resultando em processos mais eficientes e com custos reduzidos.
- **Maior Controle das Operações:** permite acompanhar em tempo real os resultados da logística de transporte, ajudando a garantir que os resultados estejam de acordo com o planejado. O *TMS* facilita o rastreamento das entregas e a gestão da frota, aumentando a segurança e prevenindo problemas. Também possibilita a gestão da documentação relacionada a cargas, motoristas e facturamento.
- **Integração com Outros Sistemas:** um *TMS* eficiente pode ser integrado a sistemas como *ERP*, *WMS* e *YMS*, permitindo que os dados gerados sejam aproveitados em outras áreas do negócio, melhorando a gestão e a tomada de decisões.

O *TMS* pode ser adaptado para o gerenciamento de transportes públicos de passageiros, oferecendo diversas melhorias na eficiência operacional e na qualidade do serviço, tais como:

- Planejamento e Otimização de Rotas;
- Monitorização em Tempo Real;
- Gestão de Frotas;
- Acompanhamento da Qualidade do Serviço;
- Integração com sistemas de bilhetagem;
- Análise de Dados e Relatórios;
- Gestão de Recursos Humanos;
- Segurança e Conformidade.

2.1.2.2 Sistema de gerenciamento de transportes públicos em Moçambique

Em Moçambique, a implementação de sistemas de gerenciamento de transportes públicos está em desenvolvimento, com algumas iniciativas em andamento para melhorar a eficiência e a organização do setor.

Controle e Regulamentação

Polícia Municipal e Polícia de Trânsito: São responsáveis pelo controle e fiscalização das infrações no transporte público. Elas podem aplicar multas e apreender documentos como cartas de condução por violação das leis de trânsito.

O Instituto dos Transportes Rodoviários (INATRO) : Tem um papel crucial na regulamentação e supervisão das atividades de transporte. Os fiscais do INATRO, junto com a polícia, garantem o cumprimento das normas e regulamentos estabelecidos.

Fiscais das Associações: Atuando como intermediários entre os transportadores e as autoridades, eles ajudam a garantir que as operações de transporte estejam em conformidade com as regras e resolvem questões práticas do dia-a-dia.

Operação e Desafios Os transportes semicolectivos de passageiros em Moçambique, especialmente na cidade de Maputo, desempenham um papel essencial na mobilidade urbana. Esses serviços, conhecidos localmente como “chapas”, são operados por veículos com capacidade para 15 a 34 passageiros e são geridos predominantemente por operadores privados. A operação desses veículos está sujeita a um sistema de licenciamento e inspeção rigoroso, realizado pelo Conselho Municipal e pela Agência Metropolitana de Transporte de Maputo (AMT).

Apesar da importância desses serviços, eles enfrentam vários desafios operacionais. Entre os principais problemas estão:

- **Desvios e Encurtamento de Rotas:** Os condutores frequentemente desviam ou encurtam as rotas para maximizar os lucros, evitando áreas congestionadas ou reduzindo a distância percorrida. Isso causa inconvenientes significativos para os passageiros, que são obrigados a procurar alternativas ou a caminhar distâncias maiores para alcançar seus destinos.
- **Sobrelotação:** É comum que os “chapas” operem com excesso de passageiros, comprometendo o conforto e a segurança. A sobrelotação também contribui para a deterioração rápida dos veículos.
- **Manutenção Precária:** Muitos veículos não recebem a manutenção necessária,

resultando em falhas mecânicas frequentes e aumentando o risco de acidentes.

- **Condições das Estradas:** As más condições das estradas em várias áreas agravam os problemas operacionais, causando atrasos e aumentando os custos de manutenção dos veículos.
- **Conflitos com Autoridades:** A fiscalização é um desafio contínuo. A corrupção e a falta de coordenação entre as autoridades responsáveis dificultam a aplicação efetiva das leis e regulamentos.

2.2 Sistemas de Informação Geográficos (SIG) e Geolocalização

2.2.1 Sistemas de Informação Geográficos (SIG)

Os Sistemas de Informação Geográficos (SIG) são ferramentas de software usadas para capturar, armazenar, analisar, gerenciar e apresentar dados geograficamente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido.

Algumas definições:

- Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georeferenciados [ARONOFF 1989].
- Conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real [BURROUGH 1986].
- Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas [COWEN 1988].

Esses sistemas combinam informações espaciais (locações) com dados descritivos para facilitar a visualização, interpretação e compreensão de padrões e relacionamentos geográficos [Goodchild 2006].

Os SIGs englobam hardware, software e procedimentos integrados e projetados para dar suporte ao armazenamento, processamento, análise, modelagem e exibição de dados e/ou informações espacialmente referenciadas, constituídas numa única base de dados.



Figura 2.1: Componentes do SIG: Pin-out. Fonte: [Componentes do SIG]

Dados

Os dados são registos de fenómenos com referência espacial. A localização é um atributo particular que os distingue dos outros tipos de dados. Estes dividem-se em dados espaciais e dados de atributos.

Hardware

O componente de hardware é constituído por elementos físicos que suportam o funcionamento do sistema, como processadores, memórias, dispositivos de armazenamento, scanners, impressoras, estação total, equipamentos GPS, entre outros.

Pessoas

As pessoas são constituídas por desenvolvedores, operadores e administradores do sistema. Estes aplicam as diversas funções do SIG na resolução de problemas do mundo real, desenvolvem novas ferramentas e conhecimento científico a ser utilizado no SIG. As pessoas precisam de adquirir o conhecimento técnico necessário para operar este tipo de sistema.

Metodologia

A metodologia consiste no conjunto de procedimentos que cada utilizador desenvolve num SIG, com o objetivo de alcançar um determinado propósito. A análise espacial com mapas de Kernel é um exemplo de procedimento que pode ser realizado num SIG, sendo particularmente útil quando se pretende evidenciar a concentração ou dispersão de eventos pontuais no espaço.

Software

O software é o elemento mais reconhecido de um SIG. Através dele, é possível manipular

as ferramentas e funções para gerar informação geográfica.

2.2.1.1 Estrutura de SIG

Um SIG, enquanto ambiente computacional, é composto pela seguinte estrutura hierárquica:

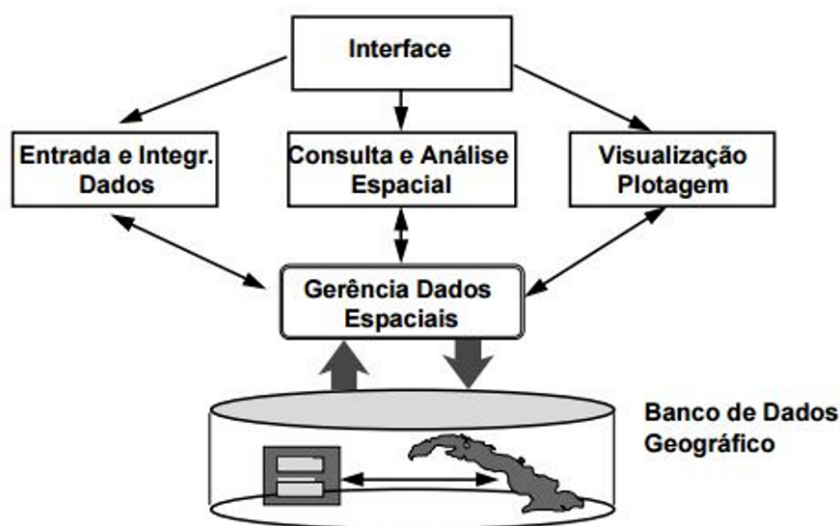


Figura 2.2: Arquitectura do SIG. Fonte: [SIG]

A interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributo

2.2.2 Geolocalização

Na visão de TOTVS, geolocalização, ou georreferenciação, é uma tecnologia que permite determinar a posição geográfica de objetos e pessoas com base em coordenadas obtidas através de sinais de satélite, *WiFi*, radiofrequência e *GPS*.

Hoje em dia, a geolocalização é utilizada para uma variedade de propósitos, como traçar rotas ponto a ponto, rastrear veículos e cargas, planejar rotas, monitorar equipes em campo e em trabalho remoto, entre outras aplicações, incluindo campanhas de marketing.

No entanto, a tecnologia de geolocalização não surgiu com esses objetivos. Na verdade, o seu desenvolvimento começou no contexto da Guerra Fria, onde foi utilizada como uma das estratégias para a identificação de tropas rivais.

A geolocalização pode ser realizada de várias formas, dependendo do tipo de dispositivo utilizado:

Sistema de Posicionamento Global (GPS): *Global Positioning System* é o método mais conhecido de geolocalização. Funciona captando dados de satélites que orbitam a Terra. Para determinar a posição exata de um objeto, são necessários pelo menos três satélites para captar o sinal e realizar a triangulação dos dados, garantindo uma localização precisa.

Radiofrequência: utiliza ondas de rádio para determinar a localização. As informações são obtidas a partir dos dados fornecidos por torres de telefonia móvel. Este método tem uma área de cobertura bastante extensa e permite rastrear qualquer aparelho celular que esteja conectado à rede de uma operadora, mesmo sem *GPS*.

GPS Assistido (AGPS): o AGPS combina dados de *GPS* e radiofrequência para fornecer uma geolocalização mais precisa. A principal diferença em relação ao *GPS* é a velocidade: o AGPS consegue encontrar a localização mais rapidamente, pois utiliza também dados das redes de telefonia móvel, que são comuns e estáveis na maioria dos lugares.

Fidelidade Sem Fio - Wireless Fidelity (WiFi): a geolocalização via *WiFi* é utilizada principalmente em ambientes internos. Determina a localização com base na intensidade do sinal de redes sem fio. Neste método, o *GPS* não é necessário para mapear a localização, já que a intensidade da rede *WiFi* é suficiente para identificar a posição de um objeto ou pessoa.

Cada um desses métodos tem suas próprias características e é escolhido com base nas necessidades específicas de localização e cobertura.

Vantagens da geolocalização

- **Monitorização dos produtos:** a geolocalização permite o acompanhamento em tempo real de produtos ao longo de toda a cadeia de operação. Isso ajuda a evitar atrasos e identificar rotas alternativas para contornar imprevistos.
- **Otimização das operações:** Reduz o trabalho manual e outros custos, permitindo o planeamento de rotas mais eficientes e diminuindo gastos com pedágios e outras despesas operacionais.
- **Planeamento de rotas:** Facilita o planeamento de entregas, encontrando as me-

lhores rotas e economizando combustível, o que contribui para a saúde financeira a longo prazo da empresa.

- **Análise de dados:** Permite converter endereços e coordenadas em elementos visíveis em mapas, possibilitando uma análise detalhada dos trajetos dos motoristas e decisões mais precisas sobre a otimização das rotas e redução de custos.

Desvantagens da Geolocalização

A principal desvantagem é o sentimento de insegurança e invasão de privacidade. Os utilizadores podem sentir que as suas informações pessoais estão a ser compartilhadas sem autorização.

2.2.2.1 Principais funcionalidades da geolocalização

Geoprocessamento: envolve a coleta, análise e interpretação de dados geoespaciais. Ele utiliza tecnologias e ferramentas para transformar informações brutas de localização em dados úteis e acionáveis. Esta funcionalidade é fundamental para muitos setores que dependem da gestão de dados espaciais para a tomada de decisões.

Geomarketing: aplica dados de localização para entender e atingir melhor o público-alvo. Ele combina informações geográficas com dados de comportamento do consumidor para ajudar as empresas a desenvolver estratégias de marketing mais eficazes.

Geobehavior: envolve o estudo e a análise dos padrões de comportamento das pessoas com base em sua localização. Ele é usado para entender como os comportamentos e preferências dos consumidores variam em diferentes locais e ao longo do tempo.

2.2.2.2 Aplicações em Transportes

Monitoramento de Transportes Públicos: As tecnologias SIG e de geolocalização são amplamente utilizadas no monitoramento e gerenciamento de sistemas de transporte público, oferecendo inúmeros benefícios e aplicações práticas. Algumas das principais aplicações incluem:

- Rastreamento de Veículos em Tempo Real
- Planejamento e Otimização de Rotas
- Análise de Padrões de Mobilidade
- Gestão de Infraestrutura

- Informação ao Passageiro

2.3 Sistema de Posicionamento Global (GPS)

O Sistema de Posicionamento Global - *Global Positioning System* (GPS) é um sistema que nos dá as coordenadas de um lugar na Terra, desde que tenhamos um receptor de sinais de GPS. Segundo Hofmann-Wellenhof et al. (2008), "o GPS é um sistema baseado em satélites que fornece informações de posição, navegação e tempo para usuários em qualquer parte do mundo, desde que possuam um receptor apropriado". Este sistema foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa Americano para ser utilizado com fins civis e militares.

A nossa posição sobre a Terra é referenciada em relação ao equador e ao meridiano de Greenwich e traduz-se por três números: A latitude, a longitude e a altitude. Assim, para saber a nossa posição na Terra basta saber a latitude a longitude e a altitude. Devido



Figura 2.3: Ilustração de vários pontos de localização. Fonte: [Funcionamento GPS]

ao desenvolvimento das tecnologias associadas aos satélites artificiais, atualmente, é possível haver um sistema de posicionamento global. São ao todo 24 satélites que dão uma volta à Terra em cada 12 horas e que enviam continuamente sinais de rádio. Em cada ponto da Terra estão sempre visíveis quatro satélites e com os diferentes sinais desses quatro satélites o receptor GPS calcula a latitude, longitude e altitude do lugar onde se encontra.

Latitude

A latitude é a distância ao Equador medida ao longo do meridiano de Greenwich. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 90° para Norte ou para Sul.

Longitude

A longitude é a distância ao meridiano de Greenwich medida ao longo do Equador. Esta distância mede-se em graus, podendo variar entre 0° e 180° para Este ou para Oeste.

Altitude

A Terra é aproximadamente esférica, com um ligeiro achatamento nos pólos. Para se definir a altitude de um ponto sobre a Terra define-se uma esfera geóide com um raio de 6378 km. A altitude num ponto da Terra é a distância na vertical à superfície deste geóide.

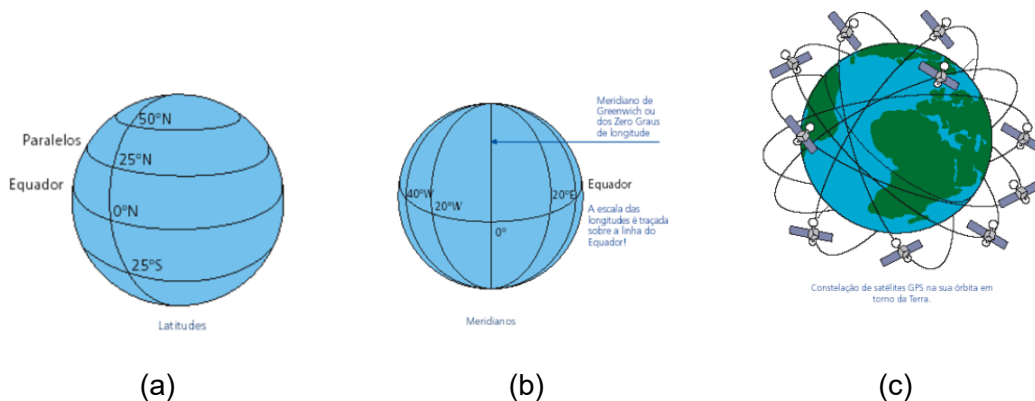


Figura 2.4: (a) Latitude, (b) Longitude e (c) Constelação de satélites GPS. Fonte: [GPS]

2.3.1 Sistema GPS (Componentes)

A infraestrutura tecnológica associada ao sistema GPS é constituída por três subsistemas: subsistema de satélites (segmento aéreo), subsistema de controlo (segmento terrestre) e subsistema do utilizador.

O **subsistema de satélites** é constituído pelos 24 satélites que dão duas voltas à Terra por dia, a uma altitude de 20200 km. As órbitas dos satélites foram escolhidas de modo que de qualquer ponto da Terra se possam ver entre 5 e 8 satélites. No entanto, para calcular com precisão a nossa posição na Terra basta apenas receber em boas condições o sinal de quatro destes satélites. Cada satélite da constelação GPS tem um relógio atómico e a informação sobre a hora local de cada satélite é difundida em várias frequências através de sinais de rádio. Esta informação é suficiente para calcular a posição do ponto de recepção.

O **subsistema de controlo** é constituído por várias estações terrestres. Nestas estações terrestres são observadas as trajectórias dos vários satélites GPS e é actualizado com grande precisão o tempo. Esta informação é transmitida aos satélites. Com estes dados,

o sistema informático em cada um dos satélites recalcula e corrige a sua posição absoluta e corrige a informação que é enviada para a Terra. A estação primária de controlo da constelação GPS está localizada nos Estados Unidos, no estado do Colorado.

O **subsistema do utilizador** é constituído por um receptor de rádio com uma unidade de processamento capaz de descodificar em tempo real a informação enviada por cada satélite e calcular a posição. Cada satélite envia sinais de características diferentes em intervalos de 30 em 30 segundos e de 6 em 6 segundos. Para haver uma determinação precisa da posição são necessários pelo menos 12 minutos e 30 segundos de boa recepção dos vários tipos de sinais enviados. Na informação enviada pelos satélites estão envolvidas técnicas matemáticas que permitem recuperar a informação perdida na transmissão devido a más condições atmosféricas e ionosféricas (60-400 km). Mesmo assim, nos períodos de grande actividade solar a maior parte da informação enviada pelos satélites perde-se não sendo fiável a informação processada pelos receptores do sinal GPS.

2.3.2 Os tipos de GPS

Existem três tipos principais de GPS:

- **GPS de navegação:** é o mais comum sendo usado para auxiliar as pessoas a encontrar seu caminho em um mapa;
- **GPS de rastreamento:** é usado para monitorar a localização de veículos, pessoas e animais de estimação;
- **GPS de tempo e frequência:** é usado para sincronizar relógios e medir a precisão do tempo.

GPS de Rastreamento

Existem diversos GPS de rastreamento que podem ser programados com arduino e outros microcontroladores, e podem ser implementados em projecto reais. Dentre eles se destacam os seguintes:

- Adafruit Ultimate GPS Breakout
- Módulo GPS SparkFun Venus com conector SMA
- Módulo GPS Grove - GPS Receiver

- Módulo GPS GlobalTop FGPMMPA6H
- Módulo GPS Ublox NEO-6M

2.3.3 Módulo GPS Ublox NEO-6M

O Módulo GPS Ublox NEO-6M é uma solução GPS altamente confiável e amplamente utilizada em uma variedade de aplicações de rastreamento e posicionamento. Fabricado pela Ublox, este módulo GPS é valorizado por sua precisão de posicionamento de até 2,5 metros em condições ideais, tornando-o adequado para uma ampla gama de aplicações que exigem localização precisa em tempo real. **[gpsneo]**

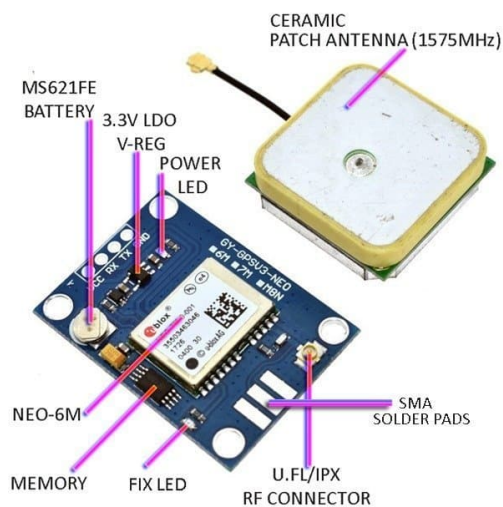


Figura 2.5: Ublox GPS NEO-6M. Fonte: Adaptado de **[Gps Neo]**

Com uma interface Receptor/Transmissor Assíncrono Universal (UART) padrão, o módulo é facilmente integrado com o Arduino e outros microcontroladores, permitindo uma comunicação eficaz de dados de localização e tempo. Além disso, o baixo consumo de energia do Módulo GPS Ublox NEO-6M o torna uma escolha prática para aplicações que requerem eficiência energética e longa vida útil da bateria, ideal para dispositivos alimentados por bateria ou sistemas de IoT que exigem um consumo mínimo de energia. O módulo também é conhecido por sua sensibilidade de recepção, permitindo a captação de sinais GPS mesmo em condições com obstáculos de sinal ou ambientes desafiadores. Sua capacidade de suportar uma antena ativa oferece flexibilidade adicional para melhorar ainda mais a sensibilidade de rastreamento e a qualidade do sinal em ambientes críticos.

O GPS Ublox NEO-6M é um módulo GPS altamente popular e amplamente utilizado em

projetos de eletrônica e IoT devido à sua confiabilidade, precisão e facilidade de integração. Abaixo estão as suas principais características:

- **Precisão de Posicionamento:** O NEO-6M é capaz de oferecer uma precisão de posicionamento de até 2,5 metros em condições ideais, o que o torna adequado para uma variedade de aplicações que exigem rastreamento GPS preciso e confiável.
- **Sensibilidade de Rastreamento:** O módulo demonstra uma alta sensibilidade de rastreamento, permitindo a captação de sinais GPS em ambientes desafiadores e com obstáculos de sinal. Isso garante um desempenho consistente mesmo em condições adversas.
- **Baixo Consumo de Energia:** O NEO-6M é conhecido por seu baixo consumo de energia, o que o torna ideal para dispositivos alimentados por bateria e aplicações que exigem eficiência energética. Isso permite o uso prolongado sem a necessidade frequente de recarga ou substituição da bateria.
- **Integração Simplificada:** Com sua interface UART padrão e compatibilidade com o Arduino e outros microcontroladores, o NEO-6M é fácil de integrar em uma ampla gama de projetos eletrônicos. A comunicação eficiente de dados de localização e tempo é facilitada por sua interface amigável.
- **Versatilidade de Aplicação:** O módulo é adequado para uma variedade de aplicações, incluindo rastreamento de veículos, navegação por satélite, mapeamento, geolocalização em tempo real e outras aplicações que exigem dados de localização precisos e confiáveis.

Devido à sua confiabilidade, precisão e eficiência, o GPS Ublox NEO-6M é amplamente utilizado por entusiastas, fabricantes e profissionais que buscam uma solução GPS confiável e de alto desempenho para seus projetos de eletrônica e IoT. Sua capacidade de oferecer dados de localização precisos e sua fácil integração o tornam uma escolha popular em uma variedade de cenários de aplicação.

2.4 Circuito Fechado De Televisão (CCTV)

Segundo Moraes (2006), o Circuito Fechado de Televisão -*Closed Circuit TeleVision* (CCTV) é um sistema de televisão que distribui sinais de câmaras localizadas num local

específico para um ponto de supervisão pré-determinado. Os sistemas de CCTV utilizam, geralmente, câmaras de vídeo CCD (para produzir o sinal de vídeo), cabos ou transmissores/receptores sem fios ou redes (para transmitir o sinal) e monitores (para visualizar a imagem de vídeo captada).

Carlassara (2009) descreve: “O Sistema de Circuito Fechado de TV – CCTV tem como objetivo possibilitar o monitoramento de vários locais num único ponto, centralizando o gerenciamento e facilitando a tomada de decisões”. Para que o sistema de monitorização seja possível, existe uma vasta gama de equipamentos disponíveis no mercado, desde o uso de simples webcams, com visualização restrita a apenas um equipamento, até opções mais flexíveis que permitem o acesso através de navegadores da internet, permitindo, assim, o acesso às imagens a partir de qualquer computador, portátil ou outro dispositivo móvel, como um telemóvel. Uma estrutura básica recomendada que permita o desempenho aceitável de um sistema de monitoramento pode ser vista na figura 2.6



Figura 2.6: Estrutura básica de um sistema de monitoramento. Fonte: **[CÂMERAS DE SEGURANÇA]**

A figura 2.6 ilustra a conexão entre os equipamentos necessários para a criação de um sistema de CCTV. As câmaras são ligadas ao dispositivo de visualização e gravação, com o objetivo de armazenar as imagens captadas num disco rígido. Este, por sua vez, está conectada, através da internet, a outros dispositivos de visualização, tais como computadores, portáteis e dispositivos móveis.

Os equipamentos de monitorização são descritos por Ferreira (2010). No mercado, existem as Câmaras Protocolo de Internet - *Internet Protocol* (IP), que possuem uma topologia baseada em IP, eliminando a necessidade de um computador para que as imagens

sejam enviadas pela internet, como se pode observar na figura 2.7.

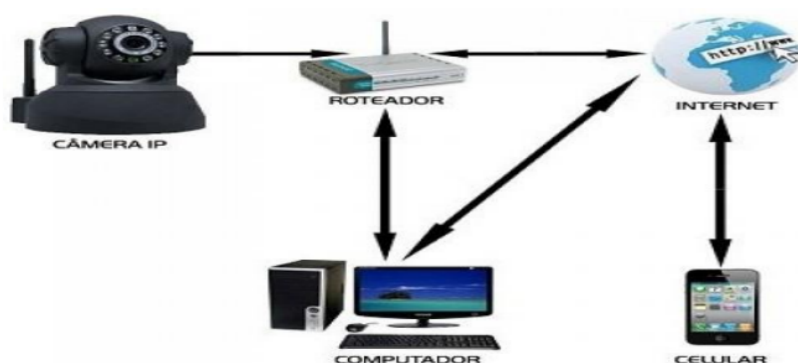


Figura 2.7: Exemplo da utilização de Câmara IP. Fonte: [CÂMERAS DE SEGURANÇA]

A figura 2.7 demonstra a ligação directa à internet através de um router, sem necessidade de um computador para intermediar essa conexão. Quando a câmara é conectada ao ambiente de rede (que pode ser interna ou aberta à internet), esta encarrega-se de criar um endereço IP. Além disso, beneficia de criptografia wireless (sem fios), proporcionando maior segurança e versatilidade a um sistema de monitorização. Uma das principais vantagens da utilização de câmaras IP é a comodidade e facilidade que oferecem ao permitir que o sistema de vigilância seja acedido, controlado e configurado remotamente, através da internet e de forma segura, utilizando uma palavra-passe. Este acesso pode ser feito de qualquer lugar e em tempo real. Para além das câmaras IP, existe também o aparelho DVR Stand Alone (*Digital Video Recorder* - Gravador de Vídeo Digital (DVR)), como se pode observar na figura 2.8.



Figura 2.8: Exemplo de uma arquitetura de monitoramento por câmaras completo. Fonte: **[CÂMERAS DE SEGURANÇA]**

A figura 2.8 apresenta uma arquitetura de monitorização por câmaras completa, que, além da câmara IP, utiliza um aparelho *DVR Stand Alone*. Um *DVR Stand Alone* é um gravador de vídeo digital (*DVR*) compacto que não necessita de interface de computador para funcionar. Ele possui um hardware específico, como processadores, digitalizadores, dispositivos de memória, HDs para armazenamento, e portas de saída para monitores. Este dispositivo é responsável por gravar imagens e áudio, controlar as câmaras e estabelecer a ligação destas com os dispositivos de acesso e com a internet, gerindo assim todo o sistema de monitorização.

2.4.1 Câmaras de Segurança

As câmaras de segurança são dispositivos utilizados para captar imagens de um determinado espaço, com o objetivo de monitorizar e aumentar a segurança em ambientes públicos ou privados. Segundo Pereira (2020), "as câmaras de segurança desempenham um papel essencial na prevenção e investigação de incidentes, permitindo o registo contínuo ou em tempo real de atividades em áreas monitorizadas".

Estes equipamentos são elementos essenciais de um sistema de segurança eficaz, uma vez que as câmaras captam imagens e transmitem-nas em tempo real para uma central de monitorização, computador ou até mesmo telemóveis permitindo que se saiba, mesmo à distância, o que está a acontecer num determinado lugar.

Além disso, os vídeos podem ser armazenados em bases de dados para consultas futu-

ras. Atualmente, as imagens captadas pelas câmaras de segurança são indispensáveis para a investigação e resolução de crimes, fornecimento de provas legais, apoio em operações de segurança e muito mais.

2.4.1.1 Tipos de Câmara de Segurança

Câmara Infravermelho

Ideal para ambientes com pouca luz, as câmaras de segurança com (infravermelho (IR)) emitem feixes de luz infravermelha, permitindo captar imagens claras, mesmo em locais com baixa iluminação.

Estas câmaras são facilmente reconhecíveis pelos círculos vermelhos de LEDs que se acendem quando não há luz suficiente para obter uma imagem nítida.



Figura 2.9: Câmara Infravermelho. Fonte: [Câmeras de segurança]

Câmara *Bullet*

A câmara de segurança do tipo *bullet* é uma das mais utilizadas para espaços exteriores. Apresenta um design robusto, com um formato alongado que lembra uma bala de revólver (daí o nome *bullet*). A maioria dos modelos inclui luz infravermelha, permitindo a captação de imagens nítidas durante a noite ou em ambientes com pouca luz natural.

Além disso, muitas câmaras bullet têm grau de proteção IP66, o que significa resistência a poeiras, chuva, jactos de água e outras substâncias, tornando-as ideais para instalação em espaços exteriores, sem grande risco de danos.



Figura 2.10: Câmara *bullet*. Fonte: [CÂMERA BULLET]

Câmara *IP*

Semelhante às câmaras com infravermelhos, a câmara *IP* não é um modelo específico, mas sim uma característica. *IP* significa *Internet Protocol* (Protocolo de Internet), e é este identificador que permite a transmissão de dados numa rede.

Uma câmara *IP* possui um número de identificação próprio, o que lhe permite conectar-se à internet e transmitir, em tempo real, as imagens para dispositivos como tablets, computadores, portáteis ou telemóveis. Também conhecida como câmara de segurança digital, permite o armazenamento das imagens no próprio dispositivo ou em pendrives, discos rígidos, serviços na nuvem ou bases de dados.



Figura 2.11: Câmara *IP*. Fonte: [Câmara IP]

Câmaras *WiFi*

As câmaras *WiFi* são um tipo de câmara *IP* com a diferença de que são sem fios e utilizam uma rede *WiFi* para se ligarem à Internet e transmitirem dados. Tal como as câmaras *IP*, podem gravar em cartões SD ou armazenamento na nuvem, para que toda a informação esteja disponível quando necessário.



Figura 2.12: Câmara Wifi. Fonte: [Câmara WiFi]

Câmara Web

Uma webcam é uma câmera de vídeo que, geralmente, está ligada diretamente a um computador. Trata-se de um dispositivo de *hardware* de entrada de sinal (*input*), cuja função é captar imagens e vídeos.

Estes dispositivos podem ser utilizados para realizar videoconferências ou transmitir, de forma contínua, determinados eventos. Muitos sites recorrem a este tipo de equipamento para oferecer diversos serviços.

As webcams são amplamente utilizadas para fins comerciais, promoções turísticas, monitorização de trânsito em estradas, segurança, visualização de eventos remotos, entre outros.



Figura 2.13: Câmara Wifi. Fonte: [Câmara Web]

Câmara Camuflada

Também chamada de câmera espiã ou oculta, este tipo de câmera é compacto e normalmente escondido entre outros objetos, como livros, relógios, óculos ou quadros.

A sua principal finalidade é capturar imagens sem que a pessoa saiba que está a ser filmada. Por serem discretas, estas câmaras são pequenas, com lentes reduzidas, e

destinam-se a filmagens de curto alcance. Contudo, a resolução das imagens obtidas pode não ser muito elevada.



Figura 2.14: Câmara camuflada. Fonte: [Câmara Camuflada]

Câmara Dome

As câmaras do tipo dome são ideais para ambientes interiores. Com um formato arredondado, são fixadas no teto ou no alto das paredes. Estas câmaras têm um design compacto e discreto, não comprometendo a decoração dos espaços. Existem modelos com luzes *Light-emitting Diode* (LED) infravermelhas, que permitem captar imagens em locais internos escuros, como garagens ou estacionamento.



Figura 2.15: Câmara dome. Fonte: [Câmara Dome]

Câmara Speed Dome

Indicada para monitorizar grandes volumes de pessoas, a câmara speed dome é ideal para espaços amplos como aeroportos, centros comerciais, restaurantes ou grandes lojas. É uma versão maior da câmara dome e destaca-se pela capacidade de movimento e zoom, controlados remotamente a partir de uma central de comando.

Por exemplo, ao detetar uma atividade suspeita, é possível direcionar a câmara para essa

área específica. Por ser robusta, é facilmente identificada, mas permite capturar imagens em alta qualidade.



Figura 2.16: Câmara speed dome. Fonte: [Câmara Speed Dome]

Câmara de segurança 360°

A câmara de segurança 360° captura todos os ângulos simultaneamente. As imagens são processadas, proporcionando uma visão panorâmica de todos os pontos do espaço monitorizado. Geralmente, estas câmaras são instaladas em locais altos para garantir uma cobertura completa e evitar pontos cegos.

2.5 Microcontroladores

Um **microcontrolador** é um circuito integrado que inclui um processador, memória e periféricos de entrada/saída. Ele é projetado 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 arquitetura depende das necessidades específicas do projeto. Eles têm memória embutida para armazenamento de programas (*Flash*) e dados temporários (glram). 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 projetos de IoT.

2.5.1 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. É amplamente utilizado por entusiastas, engenheiros e artistas para criar projetos 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, macOS e Linux.

Principais características do Arduino

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

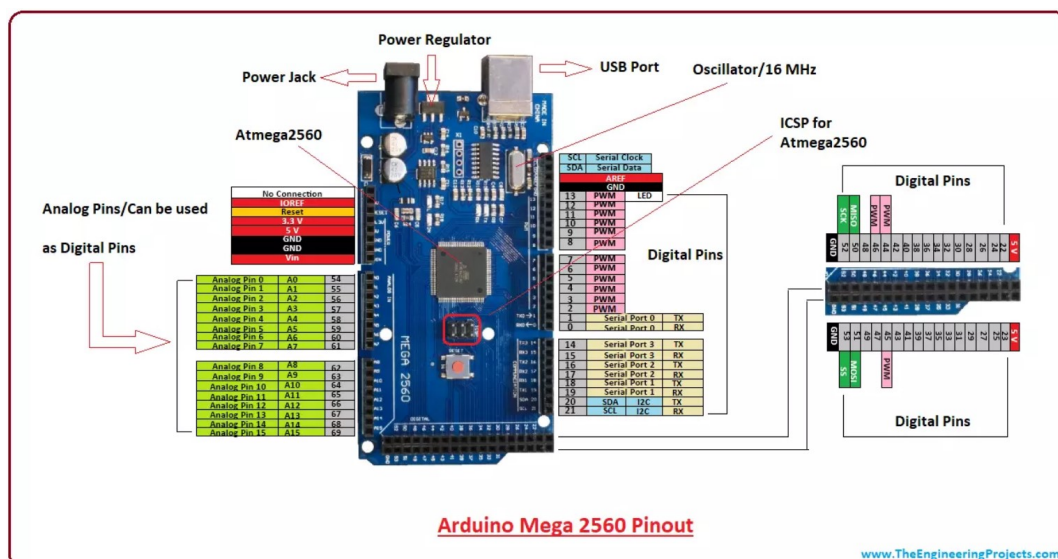


Figura 2.17: Arduino Mega: Pin-out. Fonte: [Introduction to Arduino Mega 2560]

2.5.2 Espressif Systems (ESP)

Se conectividade sem fio, maior poder de processamento ou recursos avançados são necessários, o *Espressif Systems* (ESP) é uma excelente opção. 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.

2.5.2.1 ESP8266

O ESP8266 foi um dos primeiros microcontroladores da família ESP a se destacar. Ele possui conectividade WiFi embutida e é amplamente utilizado em projetos 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 projetos com orçamento limitado.

2.5.2.2 ESP32

O ESP32 é uma evolução do ESP8266, oferecendo não apenas conectividade WiFi, mas também Bluetooth. Além disso, possui mais poder de processamento, mais entradas/saídas, maior quantidade de memória e outros recursos avançados. O ESP32 é frequentemente escolhido para projetos mais complexos que exigem maior desempenho. Ele é uma evolução do popular ESP8266 e oferece uma série de melhorias e recursos adicionais. Abaixo estão alguns dos aspectos mais importantes do ESP32:

- Arquitetura de 32 Bits;
- Dual-Core;
- Memória Flash;
- Memória RAM;
- Conectividade sem Fio;
- GPIOs (Pinos de Entrada/Saída);
- Interfaces Periféricas

Linguagem de Programação

O ESP32 é comumente programado usando a linguagem C/C++ no ambiente de desenvolvimento Arduino. Além disso, pode ser programado usando o FreeRTOS para tarefas concorrentes mais avançadas.

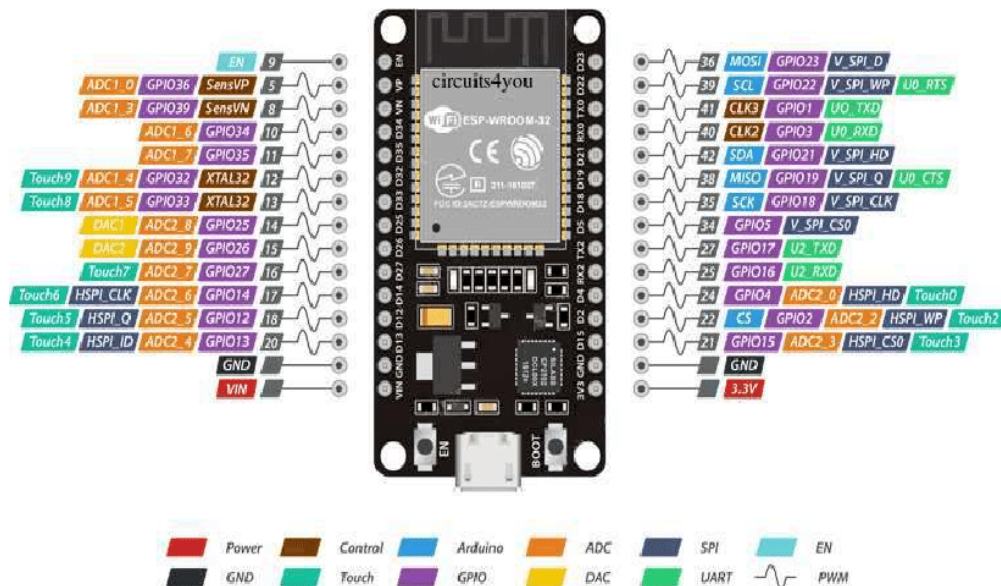


Figura 2.18: ESP32: Pin-out. Fonte: [AUTOMATED GRAIN REPOSITORY USING IOT]

2.6 Identificação por Radiofrequência (RFID)

Identificação por rádio frequência (RFID - *Radio-Frequency Identification*) é uma tecnologia que permite a identificação automática e a coleta de dados usando sinais de rádio. Ela utiliza tags RFID, que são pequenos dispositivos que podem armazenar e transmitir informações para um leitor RFID por meio de ondas de rádio. Essas tags consistem em um microchip e uma antena que se comunicam com um leitor RFID, permitindo a identificação e o rastreamento de objetos, animais ou pessoas sem a necessidade de contato direto ou de linha de visão.

As tags RFID podem ser passivas, ativas ou semi-passivas, dependendo de como são alimentadas e se têm capacidade de resposta ativa. As tags passivas não têm fonte de energia própria e são ativadas pelo campo eletromagnético do leitor RFID. As tags ativas possuem uma fonte de energia interna e podem transmitir sinais de forma independente. Já as tags semi-passivas têm uma fonte de energia interna para alimentar o chip, mas usam a energia do leitor RFID para a transmissão de dados.

Essa tecnologia é amplamente utilizada em uma variedade de setores, incluindo varejo, logística, saúde, transporte, automação industrial e muito mais. Ela oferece benefícios como rastreamento de inventário em tempo real, aumento da eficiência operacional, melhoria da precisão de dados, redução de erros e automação de processos de negócios. O RFID desempenha um papel crucial na transformação digital de muitas indústrias, fornecendo uma maneira eficaz e conveniente de identificar e rastrear uma ampla gama de itens e ativos.

2.6.1 Módulo RFID

Um módulo RFID é um dispositivo eletrônico que permite a comunicação sem fio entre uma etiqueta RFID e um leitor. Esse sistema de identificação por radiofrequência utiliza tecnologia de transmissão de dados sem contato físico, permitindo a leitura e gravação de informações em etiquetas ou tags RFID, que podem estar embutidas em produtos, cartões, etiquetas de identificação, entre outros. A tecnologia *RFID* (*Radio-Frequency Identification* - Identificação por Radiofrequência) permite a identificação automática e a coleta de dados através de sinais de rádio. Utiliza tags *RFID*, que são dispositivos compostos por um microchip e uma antena, para transmitir informações a um leitor RFID sem a necessidade de contato físico ou linha de visão direta. As tags *RFID* podem ser passivas, ativas ou semi-passivas:

- **Tags Passivas:** Não possuem fonte de energia própria e são ativadas pelo campo eletromagnético do leitor RFID.
- **Tags Ativas:** Contêm uma fonte de energia interna e podem transmitir sinais de forma independente.
- **Tags Semi-Passivas:** Possuem uma fonte de energia interna para alimentar o chip, mas utilizam a energia do leitor **RFID** para transmitir dados.

Essa tecnologia é amplamente empregada em diversos setores, como varejo, logística, saúde, transporte e automação industrial. Oferece benefícios significativos, como rastreamento em tempo real, aumento da eficiência operacional, melhoria da precisão dos dados, redução de erros e automação de processos de negócios.

Características comuns dos módulos RFID incluem:

- Alcance de leitura

- Capacidade de armazenamento
- Velocidade de leitura e gravação
- Frequência de operação

São vários os modelos de RFID existentes, dentre eles os que se destacam são:

- Módulo RFID RC522
- Módulo RFID PN532
- Módulo RFID UHF Rfid Reader
- Módulo RFID EM-18
- Módulo RFID MFRC522

2.6.1.1 Módulo RFID Mfrc522

O módulo RFID MFRC522 é um dispositivo amplamente utilizado para permitir a comunicação entre tags RFID e sistemas microcontrolados, como o Arduino. Ele opera na frequência de 13,56 MHz e utiliza a comunicação por interface Serial Peripheral Interface (SPI) para estabelecer a troca de dados com o microcontrolador.



Figura 2.19: Módulo RFID Mfrc522 13.56 MHz. Fonte: [MÓDULO RFID]

Principais características:

- **Frequência de operação:** Opera na frequência de 13,56 MHz, tornando-o adequado para uma ampla gama de aplicações que envolvem controle de acesso, autenticação e identificação por proximidade.

- **Compatibilidade e integração:** É compatível com vários tipos de tags RFID compatíveis com a mesma frequência e é facilmente integrado a sistemas que suportam a comunicação por SPI.
- **Capacidade de leitura e gravação:** Permite a leitura e gravação de dados em tags RFID compatíveis, possibilitando a implementação de funcionalidades como controle de acesso, rastreamento de produtos e sistemas de segurança.
- **Ampla utilização:** É comumente empregado em projetos de automação residencial, controle de acesso, autenticação e outras aplicações que requerem interação com tags RFID.

2.7 Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM)

O sistema *Global System for Mobile Communication* - Sistema Global para Comunicações Móveis (GSM) foi criado em 1982 e é atualmente o padrão global mais popular para comunicação móvel digital. Considerado o primeiro sistema celular a especificar modulação digital e arquiteturas de serviço de rede, o GSM é classificado como uma tecnologia de segunda geração (2G).

O funcionamento do GSM é baseado em dois conjuntos de frequências na banda dos 900 MHz: o primeiro, entre 890 e 915 MHz, é utilizado para transmissões dos terminais, enquanto o segundo, entre 935 e 960 MHz, é reservado para transmissões da rede. A tecnologia GSM combina as técnicas de *Time Division Multiple Access* (TDMA) e *Frequency Division Multiple Access* (FDMA) para gerenciar a comunicação.

A arquitetura do sistema GSM é dividida em três subsistemas principais: *BSS* (*Base Station Subsystem*), *Network and Switching Subsystem* (NSS) e *Operations and Maintenance System* (OMS). Estes subsistemas interagem entre si e com os usuários através de interfaces de rede.

O *GPRS* proporciona um serviço de dados de pacote sobre a infraestrutura GSM existente, utilizando a mesma rede de rádio para transmitir dados. Em vez de reservar um canal dedicado para cada chamada de dados, o GPRS permite que múltiplos usuários compartilhem o mesmo canal, transmitindo dados em pacotes. Isso melhora a eficiência e a utilização da rede, permitindo uma comunicação mais flexível e econômica.

O *GPRS* utiliza uma arquitetura de rede baseada em protocolos específicos para gerenciar a transmissão de dados. Essa arquitetura é composta por vários componentes e protocolos que trabalham juntos para garantir a entrega eficaz de pacotes de dados.

2.7.1.1 Comutação de circuitos vs comutação de pacotes

A comunicação através de **comutação de circuitos** é feita basicamente da seguinte forma : uma conexão entre as duas entidades comunicantes é alocada, de forma a estar sempre disponível; a comunicação é feita, então, de forma ininterrupta.

A comunicação por **comutação de pacotes** é diferente : a origem envia uma informação para a rede dentro de um pacote, que leva o endereço de destino no seu cabeçalho. O pacote é então transmitido pela rede, que é responsável por escolher o melhor caminho até o destino.

A internet é baseada na comutação de pacotes, enquanto o sistema GSM foi inicialmente estruturado na forma de comutação de circuitos. A rede GPRS tem o objetivo de se comunicar por comutação de pacotes com a rede GSM. Os outros componentes da rede GSM, implementados na geração 2G, continuaram utilizando a comutação de circuitos.

A figura abaixo representa a comutação de circuitos e de pacotes na rede GSM:

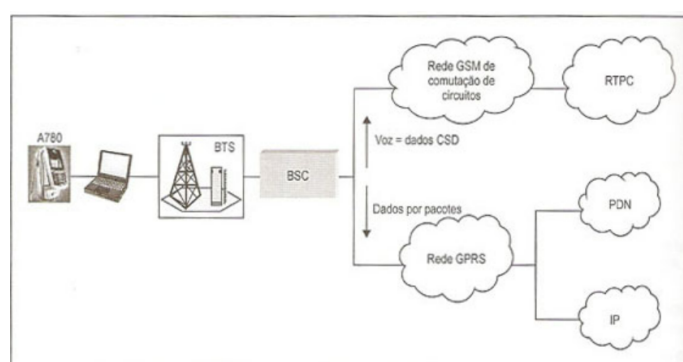


Figura 2.21: Arquitetura GPRS. Fonte: Adaptado de [Redes]

2.7.2 Protocolos de Camada de Aplicação e Transporte

- **Protocolos de Aplicação:** O *GPRS* suporta protocolos de aplicação comuns da internet, como *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) e *Simple Mail Transfer Protocol* (SMTP), para comunicação de dados na web e envio de e-mails, respectivamente.
- **Protocolos de Transporte:** Para garantir a entrega eficiente dos dados, o *GPRS* utiliza o *Transmission Control Protocol* (TCP) e *User Datagram Protocol* (UDP). O *TCP* é responsável pela entrega confiável dos pacotes, assegurando que os dados sejam entregues corretamente e na ordem correta, enquanto o *UDP* oferece uma alternativa mais leve, sem garantia de entrega, mas com menor sobrecarga.

2.7.3 Protocolos de Camada de Rede

- **Internet Protocol (IP):** O *IP* é fundamental para a comunicação de dados em redes, fornecendo endereçamento e roteamento dos pacotes. O *GPRS* utiliza o *IP* para encaminhar pacotes de dados entre o dispositivo móvel e a rede.
- **GPRS Tunneling Protocol (GTP):** O *GTP* é um conjunto de protocolos usado para encapsular pacotes de dados em túneis, facilitando a transmissão de dados entre o *Serving GPRS Support Node* (SGSN) e o *Gateway GPRS Support Node* (GGSN). Ele é dividido em três variantes:
 - *GTP-C* (Control): Gerencia a sinalização e o controle do túnel.
 - *GTP-U* (User): Encapsula os pacotes de dados para transporte.
 - *GTP'* (GTP Prime): Utilizado para a coleta de dados de contabilidade.

2.7.4 Protocolos de Camada de Enlace e Físicas

- **Frame Relay:** O *GPRS* utiliza técnicas de encapsulamento para enviar pacotes de dados sobre a rede de rádio *GSM*, empregando o *Frame Relay* para a transmissão eficiente de pacotes em redes de dados.
- **Logical Link Control (LLC):** No nível de enlace, o *LLC* fornece o controle de fluxo e a correção de erros para os pacotes de dados transmitidos, assegurando a integridade dos dados durante a comunicação.

2.7.5 Arquitetura do GPRS

GPRS tenta fazer o máximo uso da estrutura física existente do GSM. Ele introduziu uma nova entidade chamada *GPRS Support Nodes (GSN)*, cuja responsabilidade é rotear e entregar um pacote de dados. O GSN é de dois tipos: Nó de suporte GPRS de Serviço (SGSN) e Nó de Suporte *Gateway GPRS (GGSN)*

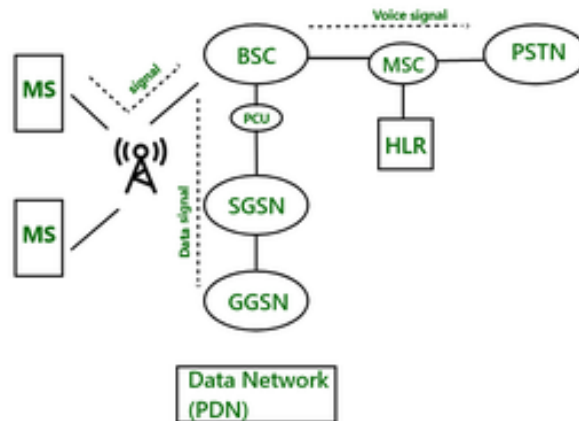


Figura 2.22: Arquitetura GPRS. Fonte: Adaptado de [Arquitetura GPRS]

- **Estação Móvel (MS):** o dispositivo móvel que se conecta à rede e realiza a transmissão e recepção de dados.
- **Controlador de estação base (BSC):** na arquitetura GSM, há um componente chamado BSC. Mas no GPRS, há um componente adicionado ao BSC chamado . Se o sinal chega ao BSC e esse sinal contém dados, então o PCU roteia para o SGSN. A interface usada entre o BSC e o PCU é a interface FRI. Depois que o sinal chega ao SGSN, ele entrega o pacote de dados ao GGSN. O GGSN roteia o pacote de dados para a rede de dados (PDN - Predefined Data Network).
- **Nós de suporte GPRS**
 - a. **Serving GPRS Support Node (SGSN):** gerencia as conexões dos usuários e a entrega dos pacotes de dados dentro da área de serviço do SGSN. Ele lida com o controle de mobilidade, como o rastreamento de localização do usuário e o handover.
 - b. **Gateway GPRS Support Node (GGSN):** é responsável por interligar a rede GPRS com outras redes, como a internet. Ele realiza a tradução dos endereços IP e o roteamento dos pacotes de dados para fora da rede GPRS.

2.7.6 Módulo GPRS GSM SIM800L

O módulo GPRS GSM SIM800L é amplamente reconhecido por sua versatilidade em aplicações de comunicação sem fio, como envio de mensagens SMS, realização de chamadas telefônicas e acesso à internet utilizando o protocolo GPRS. Sua compactação e compatibilidade com diversas plataformas de desenvolvimento o tornam ideal para projetos que exigem conectividade remota e baixo consumo energético.

Este módulo opera em frequência quad-band (850/900/1800/1900 MHz), assegurando sua funcionalidade em redes GSM de diferentes regiões. Além disso, sua interface UART e suporte a comandos AT facilitam a integração com microcontroladores, como Arduino e ESP, proporcionando uma abordagem simplificada para o envio e recebimento de dados. Os módulos GSM são fundamentais em soluções de monitoramento remoto, automação e Internet das Coisas (IoT), destacando sua importância na transmissão de informações em tempo real. Contudo, fatores como a qualidade do sinal da rede e os altos picos de corrente durante o uso do GPRS devem ser considerados no planejamento de circuitos.

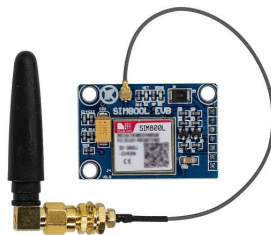


Figura 2.23: Módulo GSM SIM800L. Fonte: [Módulo GSM]

2.8 Internet das coisas (*IoT, Internet of Things*)

A evolução da Internet promove cada vez mais a fusão do mundo real e virtual facilitando o nosso cotidiano. Particularmente, a Internet das Coisas nos proporciona um maior controle e obtenção de dados dos dispositivos conectados, que nos auxiliarão nas tomadas de decisões, benefícios estes que não se consegue sem a interligação destes dispositivos na Internet, algo comum em sistemas legados como sistemas de monitoramento local, sensores offline e outros dispositivos tradicionais.[Silva 2016]

IoT nos remete a ideia de que a Internet pode estar presente em todas as coisas. Es-

tes dispositivos conectados à Internet nos permitirão controlá-los remotamente e também transformar estes dispositivos em provedores de serviços, agregando a estes objetos comuns novas habilidades que irão automatizar tarefas, coleta de dados, criação de rotinas precisas e com direcionamento otimizado, gerando novas oportunidades.

Figura 2.24: Internet das Coisas. Fonte: Adaptado de [Melhoramento de variáveis]

2.8.1 Blocos Básicos de Construção da IoT

A IoT pode ser vista como a combinação de diversas tecnologias, as quais são complementares no sentido de viabilizar a integração dos objetos no ambiente físico ao mundo virtual. A Figura 2.25 apresenta os blocos básicos de construção da IoT sendo eles:

- **Identificação:** é um dos blocos mais importantes, visto que é primordial identificar os objetos unicamente para conectá-los à Internet. Tecnologias como RFID, NFC (Near Field Communication) e endereçamento IP podem ser empregues para identificar os objetos.
- **Sensores/Atuadores:** sensores coletam informações sobre o contexto onde os objetos se encontram e, em seguida, armazenam/encaminham esses dados para data warehouse, clouds ou centros de armazenamento. Atuadores podem manipular o ambiente ou reagir de acordo com os dados lidos.
- **Comunicação:** diz respeito às diversas técnicas usadas para conectar objetos inteligentes. Também desempenha papel importante no consumo de energia dos objetos sendo, portanto, um fator crítico. Algumas das tecnologias usadas são WiFi, Bluetooth, IEEE 802.15.4 e RFID.

- **Computação:** inclui a unidade de processamento como, por exemplo, microcontroladores, processadores e FPGAs, responsáveis por executar algoritmos locais nos objetos inteligentes.
- **Serviços:** a IoT pode prover diversas classes de serviços, dentre elas, destacam-se os:
 - a. **Serviços de Identificação:** responsáveis por mapear Entidades Físicas (EF) (de interesse do usuário) em Entidades Virtuais (EV) como, por exemplo, a temperatura de um local físico em seu valor, coordenadas geográficas do sensor e instante da coleta;
 - b. **Serviços de Agregação de Dados:** coletam e resumizam dados homogêneos/heterogêneos obtidos dos objetos inteligentes;
 - c. **Serviços de Colaboração e Inteligência:** agem sobre os serviços de agregação de dados para tomar decisões e reagir de modo adequado a um determinado cenário;
 - d. **Serviços de Ubiquidade:** visam prover serviços de colaboração e inteligência em qualquer momento e qualquer lugar em que eles sejam necessários. Semântica refere-se à habilidade de extração de conhecimento dos objetos na IoT. Trata da descoberta de conhecimento e uso eficiente dos recursos existentes na IoT, a partir dos dados existentes, com o objetivo de prover determinado serviço. Para tanto, podem ser usadas diversas técnicas como Resource Description Framework (RDF), Web Ontology Language (OWL) e Efficient XML Interchange (EXI).

2.8.2 Arquitetura da IoT

A ITU definiu a arquitetura da Internet das Coisas em quatro camadas. São elas:

- Camada de Aplicação.
- Camada de suporte a Serviços e Aplicações.
- Camada de Rede.
- Camada de Dispositivos.

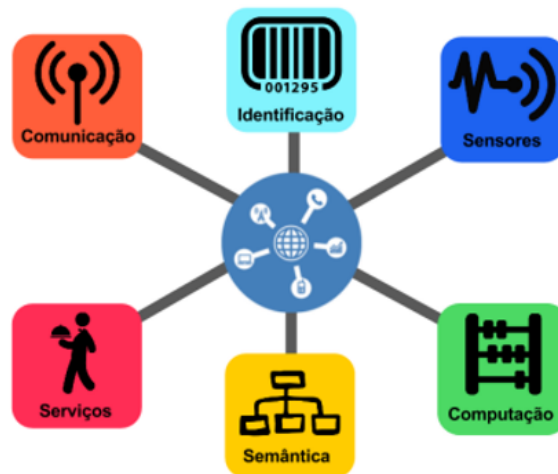


Figura 2.25: Blocos básicos da IoT. Fonte: [Silva2016]

Essas camadas são compreendidas em capacidades de Gestão e de Segurança, que perpassam e garantem a estrutura do todo, ou seja, das quatro camadas. A ITU construiu uma definição de arquitetura que parte do elemento básico da IoT, da seguinte maneira:

- na forma como essas coisas interagem por meio de uma rede de comunicações;
- nas aplicações que usam as coisas, recebendo dados e enviando ordens;
- no suporte necessário para essa interação entre as coisas e os sistemas de inteligência (aplicações).

O detalhamento dessas camadas é ilustrado na Figura 2.26:

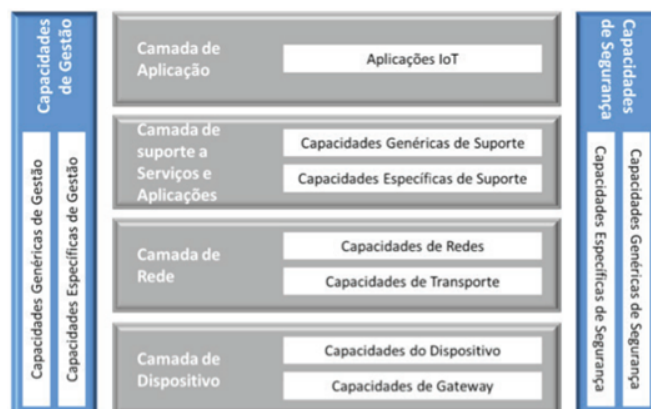


Figura 2.26: Arquitectura em camadas da Internet das Coisas. Fonte: [Recommendation ITU-T Y.2060, 2012, p. 7]

As aplicações da Internet das Coisas estão na **Camada de Aplicação**. Onde é possível encontrar diversas aplicações com propósitos diferentes. Essa é a camada onde a IoT encontra sua finalidade, servindo para melhorar a qualidade de vida das pessoas, ou melhorar os processos produtivos. Essa camada pode atender as necessidades da indústria como também da sociedade. [Angell]

De acordo com o Recommendation ITU-T Y.2060 (2012), a **Camada de suporte a Serviços e Aplicações** é constituída por dois grupos de capacidades de suporte:

- a. as Genéricas;
- b. as Específicas.

As **Capacidades Genéricas de Suporte** são as funcionalidades comuns, que podem ser usadas por diferentes tipos de aplicações da IoT4. Essas capacidades podem ser invocadas por capacidades específicas, quando, por exemplo, no desenvolvimento de novos suportes específicos.

As **Capacidades Específicas de Suporte** são funcionalidades com atribuições particulares, específicas para alguma aplicação na IoT, requisitadas para aplicativos definidos e não gerais. Podem, inclusive, consistir de agrupamentos de capacidades específicas.

De acordo com o Recommendation ITU-T Y.2060 (2012), a **Camada de Rede** é constituída por dois grupos de capacidades, que se referem:

- a. às redes de comunicação;
- b. ao transporte de dados.

As **Capacidades de Redes** referem-se às funções de controle da conectividade da rede, tais como: funções de controle das fontes de acesso e transporte, gestão da mobilidade ou autenticação, autorização e contabilidade.

As **Capacidades de Transporte** têm foco em prover conectividade para o transporte de dados de aplicações e serviços específicos da IoT, bem como em transporte de informação relacionada à gestão e controle da IoT.

Por fim, a **Camada de Dispositivo** é constituída de dois grupos de capacidades:

- a. as relacionadas a dispositivos;
- b. as relacionadas a gateways.

Quanto às **Capacidades do Dispositivo**, é importante saber que os dispositivos podem ter diversas funcionalidades, que incluem interação direta com as redes de comunicação (tanto para enviar como para receber informação, sem a necessidade de gateways), e também interação indireta, nesse caso, por meio de gateways. Podem ter, também, a capacidade de criar redes particulares para comunicação em cenários específicos, quando necessária escalabilidade e rápida implantação. Dispositivos podem ter a capacidade de permanecer em estado “dormente”, sendo utilizados apenas quando necessário, e, assim, conservar energia.

Quanto às **Capacidades de Gateway**, os gateways devem suportar diversas interfaces e protocolos, realizando a integração entre os dispositivos e a Camada de Rede. Tanto podem suportar tecnologias de interface cabeadas ou sem fio, como, na Camada de Rede, integrarem tecnologias de dados em redes 2G/3G, Ethernet, linhas DSL etc. Por sua vez, os gateways devem ter a capacidade de integrar protocolos diferentes, como, por exemplo: o dispositivo em protocolo ZigBee e a Camada de Rede em protocolo 3G.

2.9 Base de dados

Um banco de dados é uma coleção organizada de informações - ou dados - estruturadas, normalmente armazenadas eletronicamente em um sistema de computador. Um banco de dados é geralmente controlado por Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados - *Database Management System* (DBMS), que serve como uma interface entre o banco de dados e seus usuários finais ou programas, permitindo que os usuários recuperem, atualizem e gerenciem como as informações são organizadas e otimizadas. Um DBMS também facilita a supervisão e o controle de bancos de dados, permitindo uma variedade de operações administrativas, como monitoramento de desempenho, ajuste e backup e recuperação. Juntos, os dados e o DBMS, juntamente com os aplicativos associados a eles, são chamados de sistema de banco de dados, geralmente abreviados para apenas banco de dados.

Os dados nos tipos mais comuns de bancos de dados em operação atualmente 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, atualizados, controlados e organizados. Existem bancos de dados com consulta estruturada *Linguagem de Consulta Estruturada - Structured Query Lan-*

guage (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)

SQL é uma linguagem de programação usada para gerenciar bancos de dados relacionais, esses bancos de dados são baseados no modelo relacional, onde os dados são organizados em tabelas com linhas e colunas. O SQL permite definir a estrutura do banco de dados, inserir, atualizar 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
- Suporte a transações ACID
- Ferramentas e suporte robustos
- Segurança

2.9.2 NoSQL (Não apenas SQL)

NoSQL que significa “Not only SQL” (Não apenas SQL), 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 distribuídos, que podem evoluir conforme as necessidades mudam.

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

- Baixa latência

Tabela 2.1: 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 SQL Server, e PostgreSQL	Documento: MongoDB e CouchDB, Chave-Valor: Redis e 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

Capítulo 3

Desenvolvimento da Solução e Implementação do Protótipo

Neste capítulo, será feito a modelação do sistema proposto, incluindo a apresentação de uma perspectiva geral do sistema, suas principais funcionalidades, os utilizadores previstos e os requisitos para a sua implementação, além da análise das restrições que limitam o projecto. Adicionalmente, serão abordadas as ferramentas e tecnologias a serem utilizadas, os critérios para escolha dos materiais (a análise e comparação de soluções alternativas). Ao concluir este estudo, será apresentada a solução proposta para o sistema, definindo a sua arquitectura e o plano para a sua implementação.

3.1 Analise do sistema actual

A dependência de processos manuais e a ausência de tecnologias avançadas no controle de desvios e encurtamentos de rotas resultam em diversos problemas operacionais que afetam tanto os passageiros quanto os operadores. Atualmente, esse controle é realizado de maneira manual e aleatória, com os fiscais monitorando as rotas apenas após receberem reclamações dos utentes. Eles escolhem terminais de transporte ou rotas específicas para fiscalização, tentando garantir o funcionamento correto dos serviços. No entanto, essa abordagem apresenta inúmeras falhas e lacunas, destacando a necessidade de um sistema mais eficaz e tecnologicamente avançado para resolver esses problemas.

3.1.1 Falhas do Sistema Atual

O sistema atual de controle de desvios e encurtamentos de rotas enfrenta uma série de problemas que limitam sua eficiência e confiabilidade. A seguir, são destacadas as principais falhas que precisam ser abordadas para a melhoria do sistema:

- **Falta de Monitorização em Tempo Real:** O sistema atual não proporciona uma visão em tempo real das rotas e desvios.
- **Falta de Mecanismo para Sanções:** Não existe um mecanismo eficaz para punir operadores que deliberadamente encurtam ou desviam das rotas, o que perpetua a falta de disciplina e responsabilidade no serviço.
- **Processo Manual:** A análise de desvios é feita manualmente pelos fiscais, o que pode levar a atrasos e erros.
- **Resolução Reativa:** O sistema só reage às reclamações dos utentes, sem um mecanismo proativo para detectar desvios.

3.1.2 Necessidades dos utilizadores

Para desenvolver um sistema que atenda de forma eficaz às demandas dos utilizadores, é essencial identificar as principais necessidades que um novo sistema deve abordar. Essas necessidades refletem as expectativas dos passageiros e fiscais por um serviço de transporte mais eficiente, confiável e transparente. Além de melhorar a fiscalização e a comunicação, é fundamental que o sistema inclua mecanismos de sanção para garantir o cumprimento das rotas e a responsabilização dos operadores. Abaixo, são listadas as principais necessidades que devem ser consideradas no desenvolvimento do novo sistema:

- **Fiscalização Eficiente**
- **Alertas Imediatos**
- **Interface Intuitiva**
- **Mecanismos de Sanção**

3.1.3 Requisitos do sistema

Requisitos de um sistema são descrições detalhadas das necessidades e expectativas que o sistema deve atender para ser considerado bem-sucedido e eficaz. Eles definem o que o sistema deve fazer (requisitos funcionais) e como deve se comportar (requisitos não funcionais)

Requisitos Funcionais:

- Monitoramento em Tempo Real: Implementação de GPS e tecnologia de rastreamento para monitorar veículos.
- Alertas Automáticos: Sistema para gerar alertas automáticos em caso de desvios ou encurtamentos de rotas.
- Relatórios e Estatísticas: Ferramenta para gerar relatórios sobre o desempenho das rotas e desvios detectados.
- Interface de Utilização: Interface gráfica para visualização das rotas e gestão dos dados.

Requisitos Não Funcionais:

- Desempenho: O sistema deve processar dados em tempo real com baixa latência.
- Segurança: Proteção de dados sensíveis e segurança na comunicação.
- Usabilidade: Interface amigável e fácil de aprender para os utilizadores finais.

3.2 Descrição Solução

O sistema utilizará o Firebase e o MySQL para o backend e armazenamento de dados, proporcionando uma solução escalável e em tempo real para gerenciar informações sobre rotas e desvios. O hardware será composto por placas Arduino, módulos ESP, GSM, GPS/RFID e câmara de segurança. O Arduino, a câmara e o módulo GPS/RFID serão responsáveis pela coleta de dados de localização dos veículos, enquanto o módulo GSM/ESP garantirá a transmissão desses dados para o servidor em tempo real. A camada de apresentação será desenvolvida com uma página web utilizando JavaScript, HTML e CSS, oferecendo uma interface interativa e responsiva para a visualização e monitoramento das rotas e desvios. A comunicação entre os componentes será gerenciada

pelo Firebase e o MySQL, que integrará os dados recebidos do hardware com o frontend e permitirá atualizações e notificações em tempo real. Esta arquitetura permite um sistema robusto e bem integrado, capaz de lidar com dados em tempo real e proporcionar uma solução eficiente para o monitoramento de rotas.

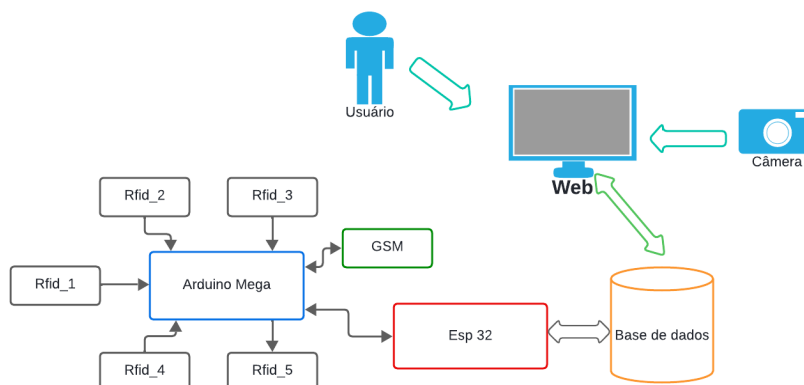


Figura 3.1: Diagrama da estrutura do protótipo. Fonte: Adaptado de [Autor]

3.2.1 Microcontrolar

Os critérios que foram usados para escolha do microcontrolador são:

- Capacidade de Processamento: velocidade do clock e potência de processamento;
- Memória: quantidade de memória para armazenar variáveis, buffers e código do programa e dados persistentes;
- Suporte e Comunidade: disponibilidade de documentação e recursos de desenvolvimento;
- Robustez e Confiabilidade: capacidade de operar em condições ambientais específicas;
- Conectividade;
- Tamanho e custo.

Com base nos critérios estabelecidos, foram selecionados quatro microcontroladores, conforme apresentado na Tabela 1. Entre esses, foram escolhidos o ESP32 e o Arduino Mega2560. A decisão foi influenciada pelo custo até o momento da elaboração do relatório. Optou-se por esses microcontroladores por eles atenderem a todos os requisitos

necessários para integrar os componentes do sistema e por facilitarem o desenvolvimento e a compilação do software.

Tabela 3.1: Comparação dos microcontroladores. Fonte: **[Espressif (2023) e Arduino]**

Aspectos	ESP8266	ESP32	Arduino Uno	Arduino Mega 2560
Corrente (mA)	197	220	40	40
Núcleo	1	2	1	1
Arquitetura (bit)	32	32	8	8
Clock (MHz)	80-160	160-240	16	16
Conectividade	WiFi	WiFi e Bluetooth	Nenhuma	Nenhuma
Memoria RAM (Kb)	160	520	2	8
Memoria Flash	16Mb	16Mb	32Kb	256kb
GPIO	13	36	20	70
Custo (Mzn)				
Tamanho (mm x mm)	49x26	54.4x27.9	68.58x53.34	101.6x53.3

3.2.1.1 Arduino Mega 2560

O Arduino Mega 2560 é um microcontrolador robusto e versátil, ideal para projetos que exigem uma grande quantidade de entradas e saídas. Equipado com o microcontrolador ATmega2560, ele possui 54 pinos digitais, dos quais 15 podem ser usados como saídas PWM, e 16 pinos analógicos, oferecendo uma extensa gama de opções para conectar sensores e atuadores. Com 256 KB de memória Flash e 8 KB de RAM, o Arduino Mega é capaz de armazenar e processar códigos complexos e grandes volumes de dados. Embora não tenha conectividade sem fio integrada, suas várias interfaces de comunicação, incluindo UART, SPI e I2C, permitem a adição de módulos externos para expandir suas capacidades. A programação é facilitada pelo ambiente de desenvolvimento Arduino, que utiliza a linguagem de programação C/C++ simplificada, oferecendo uma plataforma acessível para iniciantes e profissionais. Sua grande quantidade de pinos e a compatibilidade com a IDE Arduino tornam o Mega uma excelente escolha para projetos eletrônicos que exigem múltiplas conexões e operações simultâneas.

As principais características do Arduino Mega são:

- Microcontrolador: ATmega2560 (Arquitetura AVR de 8bits).
- Clock: 16 MHz.

- Memória flash: 256 KB(dos quais 8 KB usados pelo gerenciador de inicialização).
- SRAM: 8 KB.
- EEPROM: 4 KB.
- Tensão operacional: 5V.
- Tensão de entrada (recomendado) 7-12V.
- Tensão de entrada (limite): 6-20V.
- 54 Pinos de E/S digitais.
- 16 Pinos de entrada analógicas.
- 4 portas seriais.
- 6 pinos para interrupção externa.

3.2.1.2 ESP32

O ESP32 é um microcontrolador de alto desempenho e conectividade avançada, projetado para atender a uma ampla gama de aplicações modernas. Com um processador dual-core de até 240 MHz, ele proporciona um desempenho robusto para tarefas complexas e multitarefas. O ESP32 destaca-se pela sua conectividade integrada, oferecendo Wi-Fi e Bluetooth (Classic e BLE), o que o torna ideal para projetos de IoT e aplicações que requerem comunicação sem fio. A memória do ESP32 inclui 520 KB de RAM e até 16 MB de Flash, fornecendo amplo espaço para armazenar programas e dados. Ele suporta uma variedade de interfaces de comunicação, como UART, SPI, I2C e GPIOs, e inclui conversores analógico-digital e digital-analógico de alta resolução para maior flexibilidade. O ESP32 é programado usando a linguagem de programação C/C++ com o framework ESP-IDF ou a plataforma Arduino IDE, o que facilita o desenvolvimento para aqueles familiarizados com ambas as ferramentas. A combinação de desempenho, conectividade e suporte da comunidade faz do ESP32 uma escolha poderosa para projetos inovadores e conectados.

As principais características são:

- ESP32 ESP-WROOM-32 DEVKit V1
- CPU: Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6

- ROM: 448 KBytes
- RAM: 520 Kbytes
- Flash: 4 MB
- Clock: 80 à 240MHz (Ajustável)
- WiFi 802.11 b/g/n: 2.4 à 2.5 GHz
- Bluetooth BLE 4.2 BR/EDR e BLE (Bluetooth Low Energy)
- Conexão Wifi 2.4Ghz (máximo de 150 Mbps)
- Suporte para cartão SD
- Antena embutida
- Conector micro-usb
- Wi-Fi Direct (P2P), P2P Discovery, P2P Group Owner mode e P2P Power Management
- Modos de operação: STA/AP/STA+AP
- Portas GPIO: 16
- Tensão de Alimentação: 4,5 à 12,0 VDC (Pino Vin)
- Tensão de nível lógico: 3,3VDC (não tolera 5V)
- Corrente de consumo: 80mA (típica)
- Corrente de consumo: 500mA (máxima)
- Suporta Upgrade remoto de firmware
- Conversor analógico digital (ADC)
- RTC Integrado de 8Kb (Slow/Fast)
- Sensor integrado: Temperatura e Hall
- Interfaces: Cartão SD, UART(3 canais), SPI (3 canais), SDIO, I2C (2 canais), I2S (2 canais), IR, PWM LED (2 canais) e PWM motor (3 canais)

- Tipos GPIO: Digital IO (36), ADC 12-Bits (16 canais), DAC 8-Bits (2 canais), Sensor Capacitivo (10 canais); LNA pré-amplificador
- Temperatura de trabalho: -40° à +85° C
- Tamanho: 51mm Largura x 27,5mm Profundidade x 7mm Altura

3.2.2 Módulo *RFID* MFRC522

Este módulo é baseado no chip MFRC522 da NXP e opera na frequência de 13,56 MHz, uma escolha popular para aplicações de comunicação sem contato.

O MFRC522 é projetado para funcionar com uma tensão de 3,3V e utiliza a interface *SPI* (*Serial Peripheral Interface*), o que facilita a integração com microcontroladores, como o Arduino. A sua antena integrada permite a leitura de tags *RFID* a distâncias que variam de alguns centímetros a vários centímetros, dependendo das condições ambientais e do tipo de tag utilizado.

Especificações Técnicas: (Fonte: Datasheet do MFRC522)

- Modelo: KIT RC522
- Marca: OEM
- Frequência: 13,56 MHz
- Corrente de trabalho: 13 26 mA / DC 3,3 V
- Cartões suportados: Mifare1 S50, S70, Mifare UltraLight, Mifare Pro, Mifare Desfire
- Temperatura de Operação: -20 80 °C
- Temperatura Ambiente: -40 85 °C
- Umidade relativa: 5% - 95%
- Parâmetro de Interface: SPI
- Taxa de transferência: 10 Mbit/s
- Distância de leitura: 1 a 10 cm
- Transferência de dados: 106 kbit/s
- Alcance: 10 mm

- Memória: 1K byte EEPROM (768 bytes livres)
- Durabilidade de escrita: 100.000 ciclos
- Padrão ISO: ISO 14443 / 14443A
- Tempo de leitura: 2 ms
- Tamanho: 100 mm (Largura) x 60 mm (Profundidade) x 12 mm (Altura)
- Peso: 30 g

Tendo como uma das aplicações o rastreamento de ativos, neste protótipo, o módulo RFID MFRC522 será responsável por fornecer dados em tempo real sobre a localização dos transportes públicos. Utilizando as tags RFID associadas aos veículos, o sistema poderá identificar e monitorar a presença de cada transporte em pontos específicos ao longo das rotas. Esta funcionalidade permite um acompanhamento contínuo e preciso, ajudando a garantir que os veículos permaneçam nas rotas programadas e facilitando a gestão e otimização do sistema de transporte público.

3.2.3 Módulo GPS NEO-6M

O módulo GPS NEO-6M é uma solução compacta e eficiente para fornecer dados de localização precisa em projetos eletrônicos. Equipado com o receptor GPS da série NEO-6 da u-blox, este módulo é capaz de capturar sinais de satélites GPS e fornecer informações sobre latitude, longitude, altitude e velocidade com alta precisão. O NEO-6M é amplamente utilizado em aplicações de rastreamento, navegação e monitoramento, oferecendo uma excelente opção para projetos que requerem geolocalização.

Operando com uma tensão de 3,3V a 5V, o módulo GPS NEO-6M é compatível com a maioria dos microcontroladores, incluindo o Arduino e o Esp. Ele utiliza uma interface UART para comunicação serial, facilitando a integração com sistemas de controle e permitindo a recepção de dados de localização em tempo real. O módulo é projetado para operar com uma antena externa, que é essencial para garantir a recepção de sinais GPS em áreas com cobertura limitada ou em ambientes internos.

O GPS NEO-6M oferece uma configuração simples e é suportado por bibliotecas e exemplos disponíveis na IDE Arduino, o que facilita sua implementação em projetos. Seu tempo de inicialização para obter um fixo de GPS é relativamente rápido, e a precisão

dos dados recebidos é adequada para a maioria das aplicações de rastreamento e navegação desenvolvimento de soluções inovadoras que exigem monitoramento preciso da posição.

Especificações técnicas:

- Tensão de Alimentação: 3,3V a 5V
- Corrente: 45mA
- Número de Canais: 50
- Taxa de Transmissão: 9600 bps
- Interface: Serial TTL (TxRx), 3,3V
- Antena: Antena externa de cerâmica com dimensões de 25mm x 25mm x 5mm
- Material do Módulo: Metal, plástico e placa de fenolite
- Dimensões do Módulo: 36mm x 25mm x 5mm
- Dimensões da Embalagem: 50mm x 50mm x 15mm
- Peso: 25g
- Memória de Armazenamento: EEPROM para salvamento de dados e parâmetros
- Bateria de Backup: Bateria integrada MS621FE
- LED Indicador: LED para indicar a recepção do sinal
- Faixa de Atualização de Navegação: 5Hz
- Altitude Limite: 50.000m
- Velocidade Limite: 500m/s
- Precisão: 5 metros
- Tempos de Inicialização:
 - Cold Start: 27s
 - Warm Start: 27s
 - Hot Start: 1s

3.2.4 Módulo GSM SIM800L

O módulo GSM SIM800L é uma solução compacta e eficiente para adicionar conectividade celular a projetos de microcontroladores. Com suporte para comunicação via redes GSM (2G), o SIM800L permite realizar chamadas, enviar mensagens SMS e transferir dados através da internet utilizando GPRS. Este módulo é ideal para projetos que exigem comunicação remota, como sistemas de rastreamento, monitoramento em tempo real e automação residencial.

O SIM800L opera com uma tensão de 3,7V a 4,2V e possui uma interface UART para comunicação serial, o que facilita sua integração com microcontroladores. Ele também inclui uma antena externa, essencial para garantir um sinal forte e estável, especialmente em áreas com cobertura limitada. Apesar de seu tamanho compacto, o SIM800L oferece funcionalidades robustas, incluindo a capacidade de gerenciar conexões de rede, configurar o modo de operação e lidar com interrupções de sinal.

Especificações técnicas

- Frequências: Quad-band: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900
- Tensão de Operação: 4,2V (máxima), 3,7V (mínima)
- Corrente Recomendada: Fonte que forneça 2A ou mais
- Conector para Antena Externa: uFL
- Slot SIM: Micro SIM (12mm x 15mm)
- Conector para Antena: Antena RP-SMA IPEX uFL
- GPRS: GPRS multi-slot classe 12 (padrão), opções de classe 1 a 12
- SMS: Modalidades MT, MO, CB, Texto e PDU; Armazenamento SMS no cartão SIM
- Interface de Comunicação: Comandos AT; Serial: 1200 bps a 115.200 bps
- Temperatura de Operação: -40°C a +85°C
- Dimensões do Módulo: 2,5 cm x 2,3 cm x 0,7 cm
- Peso: 5,3 g
- Taxa de Transferência de Dados GPRS: 85,6 kbps (máximo) para uplink e downlink

- Banda de FM: 76 MHz a 109 MHz com nível de correção de 50 kHz
- Outras Funções: Chamadas de voz, envio e recepção de SMS, transmissão de dados via GPRS (TCP/IP, HTTP), recepção de rádio FM
- Antena Espiral 3G
 - Frequência de Operação: 824 MHz a 960 MHz, 1710 MHz a 1990 MHz
 - Ganho da Antena: 3 dBi
 - S.W.R: ≤ 2.0
 - Impedância de Saída: 50 Ohm
 - Comprimento da Antena: 24 mm
 - Uso: Soldagem direta.

3.2.5 Câmara Web

A câmara web vem trazer uma contribuição significativa ao protótipo , dando suporte à captura de imagens e vídeos em tempo real, essencial para o monitoramento e validação das operações realizadas. Com resolução de 1080P e lentes HD, ela garante alta qualidade na captura, permitindo que detalhes importantes sejam visíveis.

Especificações da Webcam

- Resolução de vídeo: 1080P (Alta Definição).
- Conexão: Cabo USB 2.0/3.0, com comprimento de 2 metros.
- Microfone embutido: Inclui captação de áudio integrada.
- Lentes HD: Qualidade de lente projetada para alta definição.
- Iluminação: Possui luz de vídeo para melhorar a captura em ambientes com pouca iluminação.
- Luz de energia (Power Light): Indicador LED para status de operação.
- Suporte fixo (Fixed Bracket): Estrutura para suporte estável em superfícies.

3.2.6 Desenvolvimento da página Web

A página para a gestão da rede dos transportes públicos, é desenvolvida atendendo às necessidades que o administrador tem em relação ao conjunto de clientes individual ou colectivamente. Foi desenvolvida uma página web de modo a garantir um monitoramento dinâmico e um banco de dados de modo a salvaguardar os dados obtidos para estudos posteriores de melhorias. A figura 3.2 mostra a arquitectura básica da página Web:

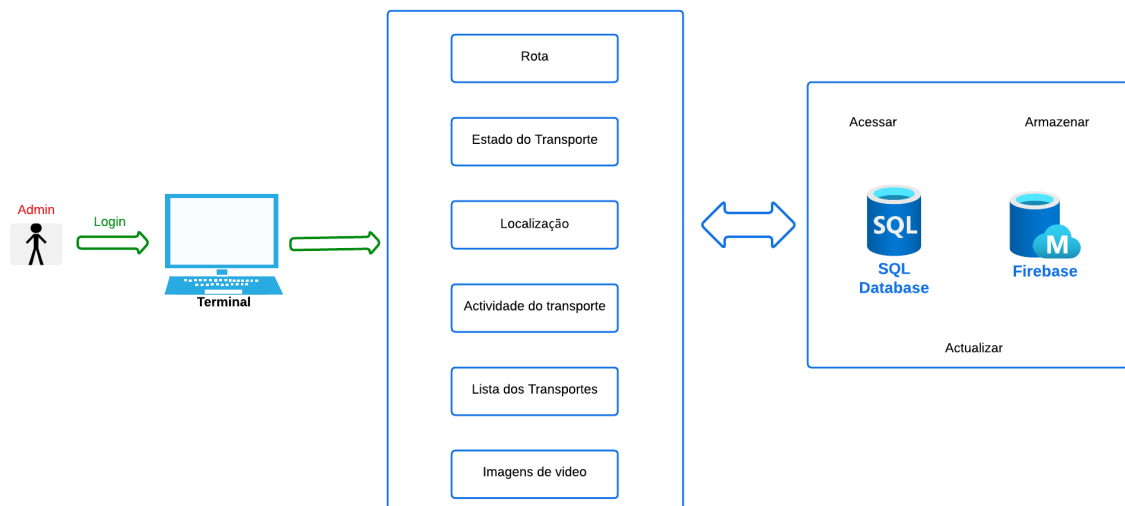


Figura 3.2: Diagrama da arquitectura da página Web do protótipo. Fonte: Adaptado de [Autor]

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

- Linguagem de Programação: JavaScript;
- Linguagem de marcação: HTML;
- Linguagem de estilo: CSS;
- Banco de dados: Firebase e MySQL.

3.2.6.1 HTML

Linguagem de Marcação de HiperTexto - *HyperText Markup Language* (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.

3.2.6.2 CSS

Folhas de Estilo em Cascata - *Cascading Style Sheets* (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.

3.2.6.3 Google API

A API é uma interface de programação de aplicação, isto é, é um conjunto de normas que possibilita a comunicação entre plataformas através de uma série de padrões e protocolos. Por meio da API é possível criar softwares e aplicativos capazes de se comunicar com outras plataformas. No presente relatório foi usado a API do Google Maps de modo a usar os serviços de mapas do Google Maps.

3.2.7 Funcionamento

O sistema utilizará múltiplos módulos RFID estrategicamente instalados em pontos fixos ao longo das rotas, cada um associado a uma localização específica. Inicialmente, todos os módulos estarão em estado lógico "falso", com os dados armazenados no banco de dados. Quando uma tag RFID, fixada em um veículo, for lida por um módulo, o estado lógico daquele ponto muda para "verdadeiro", registrando automaticamente a passagem do veículo por aquela posição e simulando seu movimento ao longo da rota. O sistema monitora em tempo real se o veículo está seguindo a rota predefinida, e caso haja desvios, um alerta será enviado à interface do administrador. O fluxograma ilustra o funcionamento:

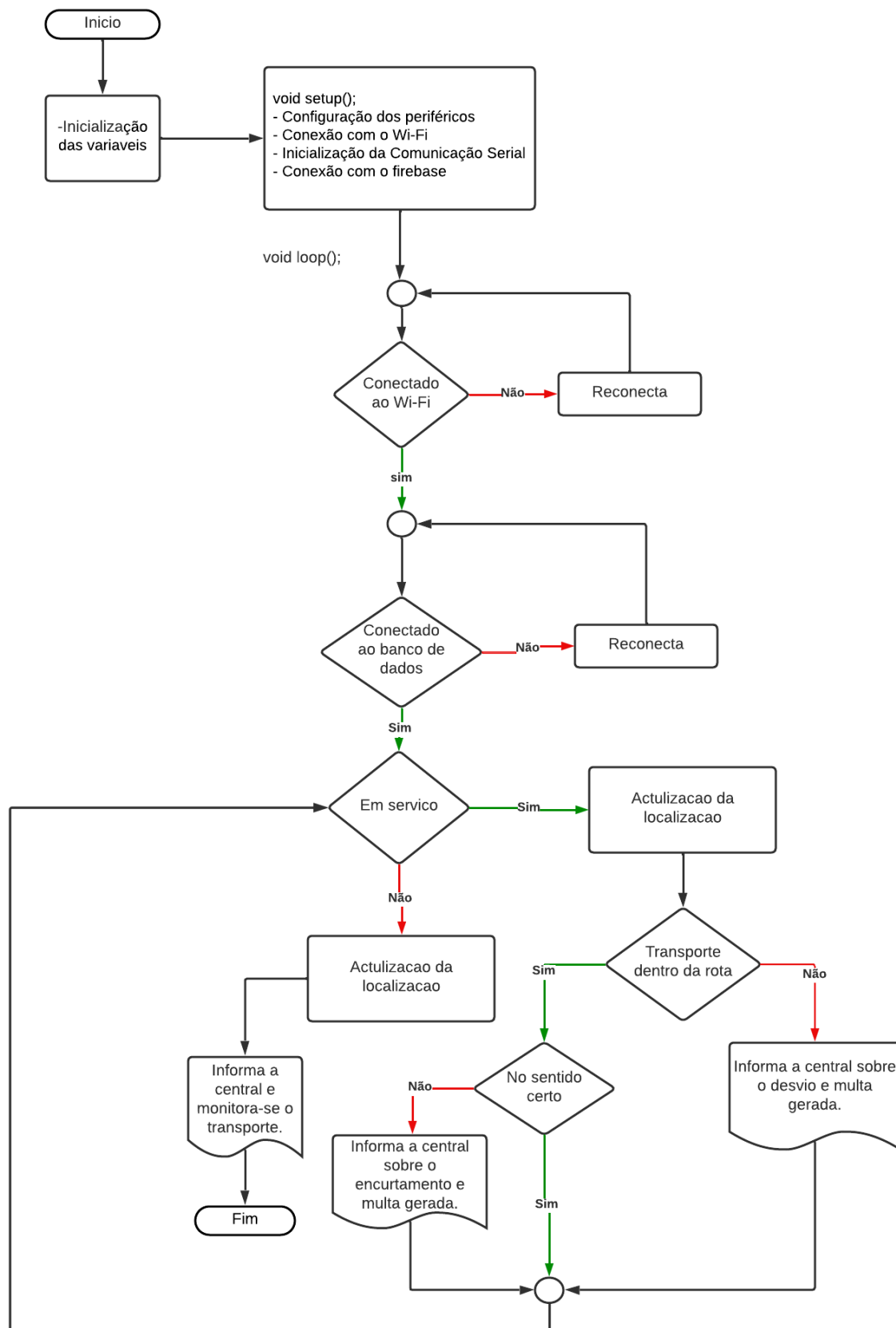


Figura 3.3: Fluxograma do microcontrolador. Fonte: Adaptado de [Autor]

O sistema também contará com câmeras estrategicamente instaladas ao longo das

rotas, responsáveis por capturar a matrícula dos veículos e verificar a rota em que estão operando. As informações coletadas pelas câmeras serão comparadas com os dados cadastrados no sistema para confirmar se o veículo está devidamente registrado e autorizado a operar naquela rota. Caso um veículo seja identificado em serviço em uma rota específica, mas não esteja inscrito no sistema, um aviso será automaticamente gerado e exibido na interface do administrador, alertando sobre a irregularidade. Essa funcionalidade adiciona uma camada extra de controle, garantindo maior fiscalização e conformidade com as normas estabelecidas.

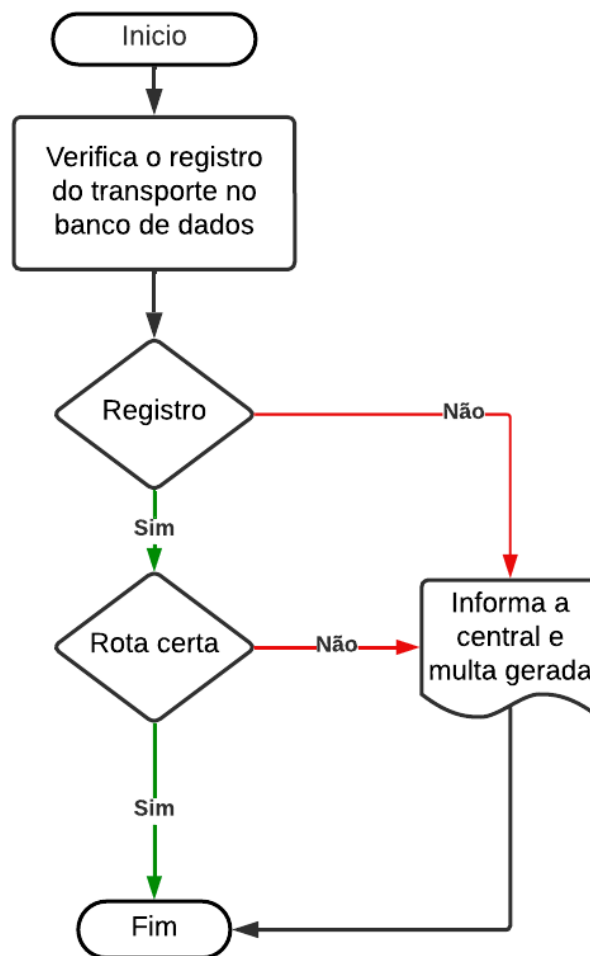


Figura 3.4: Fluxograma do microcontrolador. Fonte: Adaptado de [Autor]

3.3 Custos e Mão-de-obra

Na tabela 3.2 são apresentados os componentes do circuito e seus custos, sendo o custo total de 11400,00 MZN, para a implementação deste protótipo.

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

Componente	Descrição	Quantidade	Unidade	Custo MZN
ESP32-WROOM-32U	WROVER-E, ESP32-D0WD-V3, 64Mbit PSRAM, 4MB SPI flash	1		1550.00
Arduino	: ATmega2560 (Arquitetura AVR de 8bits)	1		2650.00
Módulo GPS	NEO-6m, GY-GPS6MV2	1		1450.00
Módulo GSM GPRS	SIM800L,	1		1200.00
Módulo RFID	Mfrc522 13,56MHz	4		2000.00
Conectores	Jumpers macho-fêmea	20		200.00
Madeira	100cmX120cm	1		800.00
Tinta	Branca	5 litros		700.00
Camera	Web, 1080p	1		1200.00
Carrinhos	Controle remoto	2		1200.00
Total				11400.00

Capítulo 4

Testes e Resultados

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os principais resultados obtidos com os testes realizados utilizando o protótipo desenvolvido. Esses testes foram feitos de modo a verificar a comunicação dos dispositivo, microcontrolador com os actuadores e o banco de dados (firebase) e firebase com a web page. A figura 4.1 ilustra o protótipo físico da solução implementada.

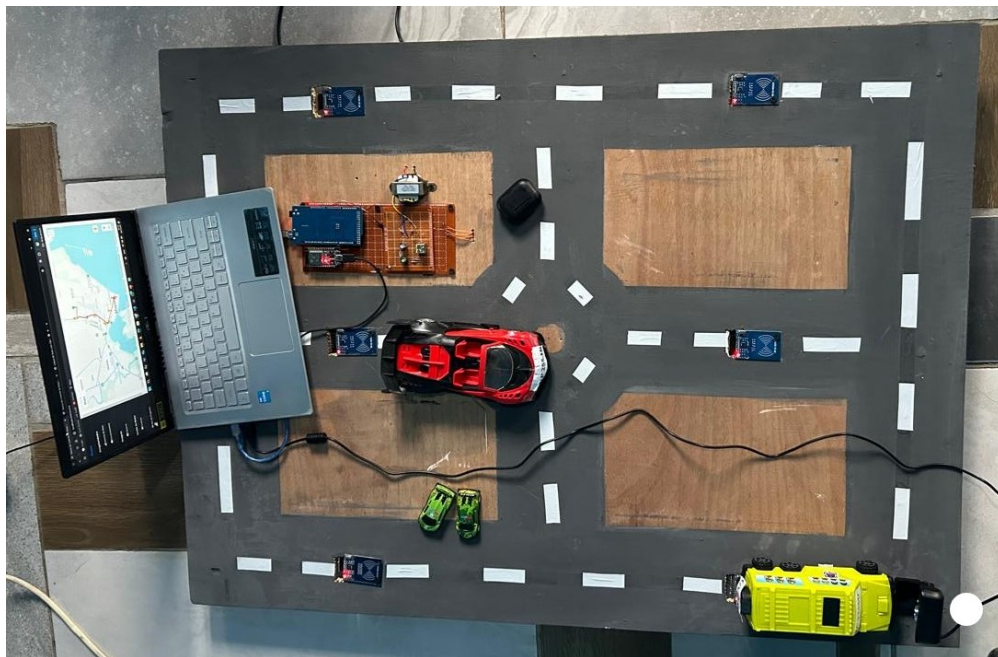


Figura 4.1: Protótipo do sistema real. Fonte: [Autor]

4.1 Página Principal

A primeira página corresponde à tela de início de sessão, figura 4.2, que, caso o login seja bem-sucedido, redirecionará o utilizador para a página principal na figura 4.3. Nesta página, será possível visualizar as rotas dos transportes, acompanhar em tempo real o movimento dos automóveis e acessar o menu principal para navegar entre as funcionalidades do sistema.

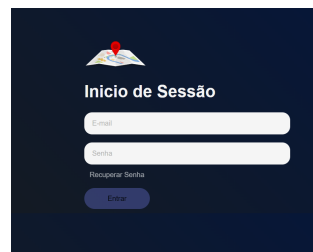


Figura 4.2: Tela Login. Fonte: [Autor]

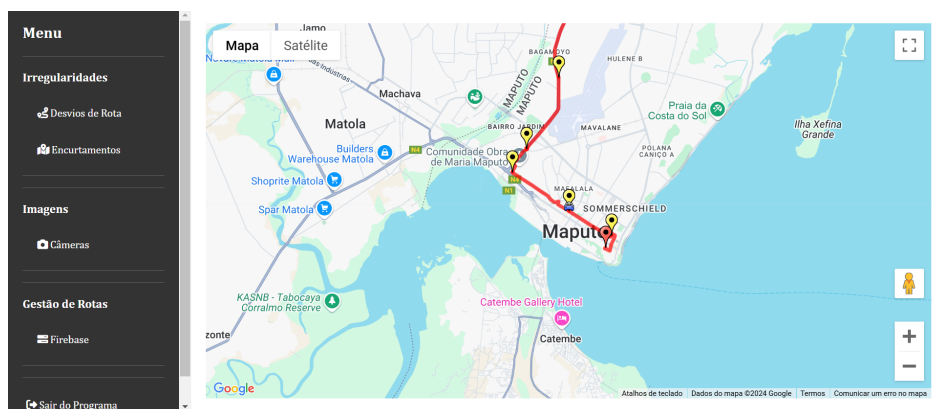


Figura 4.3: Tela Principal. Fonte: [Autor]

As figuras a seguir, mostram a estrutura do banco de dados MySQL e firebase:

phpMyAdmin interface showing the 'tab_routes' table. The table structure is as follows:

id	name	date_created
1	Museu/Malhazine	2024-11-28 07:29:04
2	Zimpeto/Baixa	2024-11-28 07:29:04

Figura 4.4: Rotas salvas no banco de dados. Fonte: [Autor]

phpMyAdmin interface showing the 'tab_cars' table. The table structure is as follows:

id	motorista	matricula	rota	data_registro
1	Aerson Macamo	COUNTER	1	2024-11-28 07:05:30
2	Maestro Yzmax	JUMBO	2	2024-11-28 07:05:30

Figura 4.5: Carros registrados no banco de dados. Fonte: [Autor]

phpMyAdmin interface showing the 'tab_controllers' table. The table structure is as follows:

id	controller_name	latitude	longitude	routes	date_created
1	Ponto 1	-25.877092	32.566550	1,2	2024-11-28 07:35:24
2	Ponto 2	-25.904752	32.565650	1,2	2024-11-28 07:35:24
3	Ponto 3	-25.934732	32.550289	1,2	2024-11-28 07:35:24
4	Ponto 4	-25.944510160835563	32.54377664545706	1	2024-11-28 07:35:24
5	Ponto 5	-25.960898756232115	32.57041677059776	1	2024-11-28 07:35:24
6	Ponto 6	-25.97089749129744	32.59009694667111	1	2024-11-28 07:35:24

Figura 4.6: Pontos estrategicos salvas no banco de dados. Fonte: [Autor]

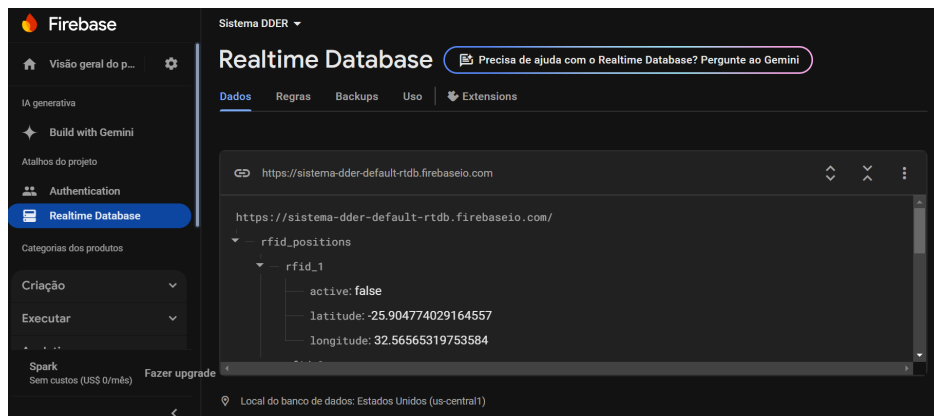


Figura 4.7: Estrutura dos nós do firebase. Fonte: [Autor]

Conforme ilustrado na figura 4.3, a rota Malhazine-Museu está representada, tendo como ponto de partida o bairro de Malhazine e como destino final o Museu. Caso um automóvel que iniciou o seu percurso em Malhazine retorne pelo mesmo trajeto, durante a mesma viagem, sem alcançar o terminal definido, tal ocorrência será classificada como encurtamento de rota, ilustrado na figura 4.8. Por outro lado, se um automóvel designado para a rota mencionada sair do trajeto estabelecido para ingressar em outra rota, tal situação será caracterizada como desvio de rota, ilustrado na figura 4.9.

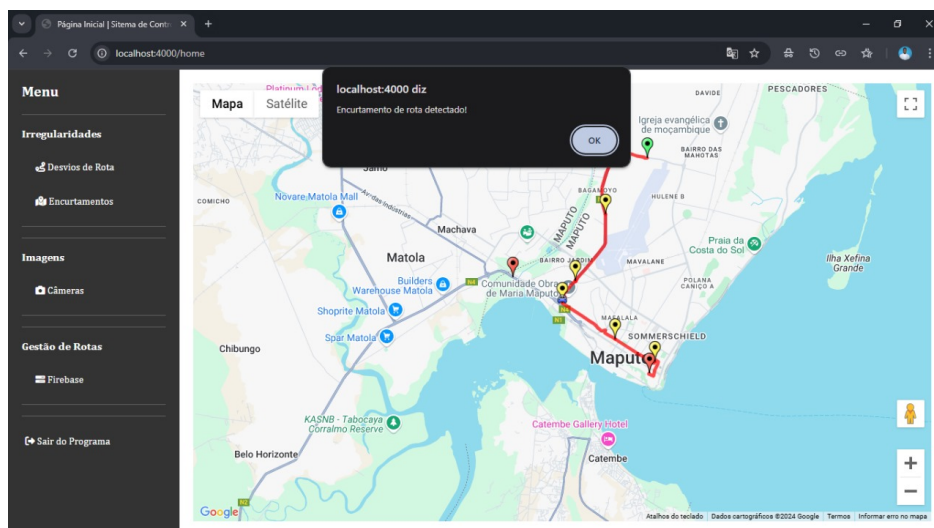


Figura 4.8: Detecção de encurtamento rota. Fonte: [Autor]

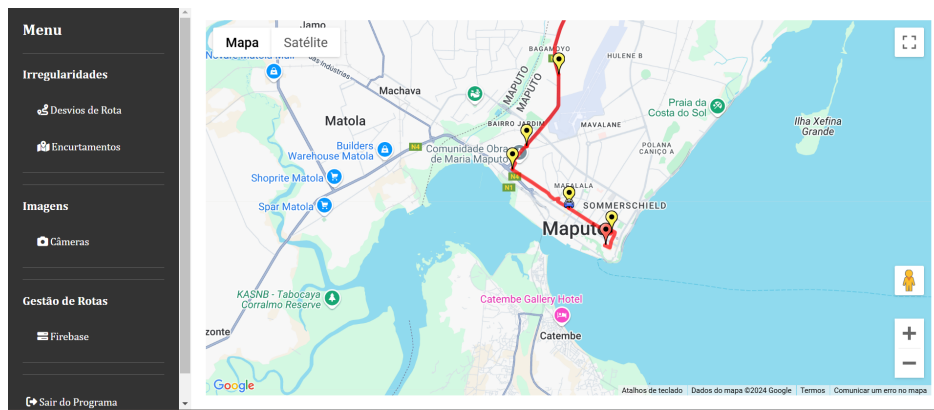


Figura 4.9: Detecção de Desvio de Rota. Fonte: [Autor]

A câmara, por sua vez, realiza a leitura da matrícula do veículo e compara as informações com os dados armazenados no banco de dados, verificando se o veículo está devidamente registrado no sistema. Caso esteja, o sistema verifica se o veículo está operando dentro da rota licenciada, figuras 4.10 e 4.11. Caso contrário, é emitida uma notificação para sinalizar a irregularidade, ilustrados na figura 4.12.



Figura 4.10: Detecção de Desvio de Rota. Fonte: [Autor]

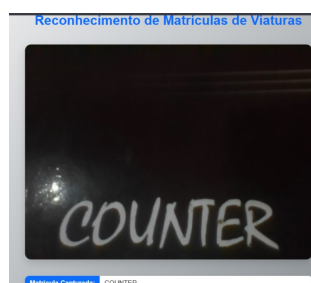


Figura 4.11: Detecção de Desvio de Rota. Fonte: [Autor]

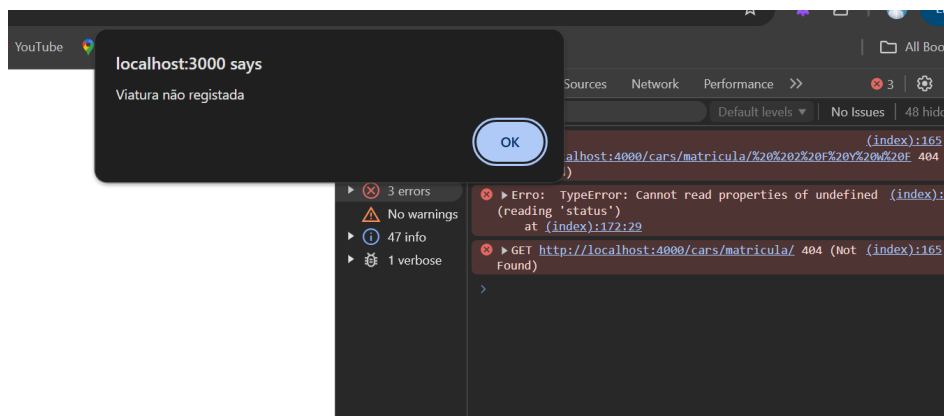


Figura 4.12: Detecção de Desvio de Rota. Fonte: [Autor]

A interface de relatório de infrações é um componente central do sistema desenvolvido, projetado para facilitar a análise e o monitoramento de irregularidades no transporte semicoletivo, como pode-se ver na 4.13



Figura 4.13: Interface de Relatório de Infrações. Fonte: [Autor]

Capítulo 5

Conclusões e Recomendações

5.1 Conclusão

O presente trabalho abordou o desenvolvimento de um sistema para a detecção de desvios e encurtamentos de rota nos transportes semicoletivos da cidade de Maputo. Através da combinação de tecnologias como o Arduino Mega, ESP32, módulos GPS, RFID e GSM, aliados a conceitos de Internet das Coisas (IoT), foi possível criar um protótipo funcional que atende aos objetivos inicialmente propostos.

Os testes realizados demonstraram a eficácia do sistema em monitorar, em tempo real, as rotas percorridas pelos veículos, verificando sua conformidade com os itinerários licenciados. O uso de sensores, câmeras e a integração com o Firebase e MySQL garantiram uma comunicação contínua e precisa, enquanto a interface web proporcionou uma ferramenta intuitiva para operadores e gestores acompanharem as atividades dos transportes. Além disso, o sistema provou ser capaz de identificar desvios e encurtamentos de rota, emitindo notificações automáticas e auxiliando na tomada de decisões estratégicas. Essa abordagem não apenas melhora a gestão operacional, mas também contribui para a satisfação dos usuários e para a modernização do setor de transporte público.

5.2 Dificuldades Encontradas

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foram enfrentados diversos desafios que demandaram esforço e criatividade para serem superados. A principal dificuldade esteve relacionada ao desenvolvimento da página web, especialmente na integração do Node.js, uma ferramenta nova para o autor, e na comunicação entre os diversos módulos RFID,

bem como na utilização destes para a locomoção dos automóveis. Esses problemas foram superados com o auxílio de tutoriais disponíveis no YouTube, que forneceram orientação prática e detalhada.

Outra limitação encontrada foi a escassez de referências bibliográficas específicas sobre o desenvolvimento de sistemas na área em estudo, o que exigiu uma abordagem mais exploratória e inovadora.

Adicionalmente, a falta de orçamento suficiente restringiu alguns aspectos do desenvolvimento, impactando na escolha de componentes e na amplitude das funcionalidades do sistema. Apesar disso, o autor conseguiu adaptar os recursos disponíveis para alcançar os objetivos propostos.

Essas dificuldades reforçam a importância de uma abordagem resiliente e colaborativa em projetos tecnológicos, utilizando todos os recursos disponíveis para superar os obstáculos e garantir a conclusão do trabalho.

5.3 Recomendações

Com base nos resultados alcançados e nas dificuldades enfrentadas durante o desenvolvimento deste trabalho, apresentam-se as seguintes recomendações para melhorias futuras:

- Investir no aprofundamento do conhecimento sobre APIs e a plataforma Node.js, visando aprimorar a integração e as funcionalidades do sistema. Essa exploração pode incluir o uso de APIs mais robustas para comunicação entre módulos, armazenamento de dados em tempo real e desenvolvimento de interfaces mais interativas e intuitivas.
- Ampliar as capacidades do sistema, não se limitando apenas à detecção de desvios e encurtamentos de rota, mas também incorporando funcionalidades voltadas para a gestão do tráfego e segurança. Isso pode incluir a análise de padrões de fluxo de veículos, previsão de congestionamentos e alertas automáticos para situações de risco ou emergências.
- Considerar a expansão do sistema para integrar-se a sistemas de bilhetagem eletrônica, permitindo que os dados das rotas percorridas sejam vinculados à cobrança automática. Isso pode ajudar a melhorar a transparência e a eficiência da gestão financeira nos transportes públicos.

- Desenvolver um aplicativo móvel voltado para os passageiros, permitindo que eles acompanhem o status dos veículos em tempo real, sejam notificados sobre desvios ou alterações de rota e forneçam feedback sobre a qualidade do serviço.
- Adicionar um sistema de notificações que informe os motoristas em tempo real sobre desvios ou rotas erradas, permitindo correções imediatas e minimizando os impactos para os passageiros.

Bibliografia

- [1] Angell, J. B., & Barth, P. W., & Terry, S. C. (1983). *Silicon micromechanical devices*. Scientific American, 248:44–55.
- [2] ARONOFF, S. Geographic Information Systems: A Management Perspective. Ottawa, Canada: WDL Publications, 1989.
- [3] Arquitetura GPRS em comunicação sem fio, Disponível em: <https://www.geeksforgeeks.org/gprs-architecture-in-wireless-communication/> Acessado em 23/11/2024 (16:34:21)
- [4] ASUS Webcam C3, Disponível em: <https://www.asus.com/us/accessories/streaming-kits/all-series/asus-webcam-c3/> Acessado em 23/11/2024
- [5] AUTOMATED GRAIN REPOSITORY USING IOT, Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Pinout-diagram-of-ESP32_fig2_342521677 Acessado em 23/11/2024 (17:15:38)
- [6] Bhushan, Lalit Mohan. *RFID and Sensor Network Automation in the Food Industry: Ensuring Quality and Safety through Supply Chain Visibility*. IGI Global, (2010).
- [7] BURROUGH, P. A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford: Clarendon Press, 1986.
- [8] CÂMERA BULLET G4 1.0 MEGAPIXEL - INTELBRAS 1010B Disponível em: <https://www.tudoparacftv.com.br/camera-bullet-g3-10-megapixel-intelbras-1010b> Acessado em 23/11/2024
- [9] Câmera Dome VHD 1220 D Multi-HD IR20M Full HD G4 Intelbras, Disponível em: <https://plantec.com/produtos/detalhes/4565313/camera-infra-hdcvi-vhd-3420-d-ir-20m-lente-28mm-bc-g4-intelbras/> Acessado em 23/11/2024

- [10] Câmera speed dome com Inteligência Artificial, Disponível em: <https://www.intelbras.com/pt-br/camera-speed-dome-com-inteligencia-artificial-vip-3225-sd-ir-ia> Acessado em 23/11/2024
- [11] Câmera Externa Segurança Ip Infravermelho Wifi Hd Orbitronic Disponível em: <https://www.magazineluiza.com.br/camera-externa-seguranca-ip-infravermelho-wifi-hd-orbitronic/p/kd9a2kh5fa/cj/caip/> Acessado em 23/11/2024
- [12] CÂMERAS DE SEGURANÇA E SEUS SISTEMAS TECNOLÓGICOS: Percepções sobre os motivos da utilização, Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos17/12425136.pdf> Acessado em 20/11/2024
- [13] Câmeras de segurança: Quais os principais modelos?, Disponível em: <https://www.eletroluz.net/blog/cameras-de-seguranca> Acessado em 20/11/2024
- [14] Cardoso, C. E. P. (2008). Análise do transporte coletivo urbano sob a ótica dos riscos e carências sociais Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Serviço Social, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, SP.
- [15] CARLASSARA, D. Visualização de Imagens Capturadas em um Circuito Fechado de Televisão (CFTV) no Iphone. 2009, Disponível em: <http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/TCC2009-2-05-VFDiogoCarlassara.pdf> Acesso em: 17/11/2024.
- [16] Comer, Douglas E. () *Internetworking with TCP/IP: Principles, Protocols, and Architectures* (4a Ed. V1.) New Jersey: Prentice Hall ISBN: 0-13-018380-6 %%
- [17] Costa, J. E. & Santos, V. (2006a). *O desenvolvimento do sistema integrado de transporte coletivo de Aracaju e suas contradições*. Candeeiro, 9, 77-83.
- [18] COWEN, D. J. GIS versus CAD versus DBMS: What are the differences? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 54, n. 11, p. 1551–1555, 1988.
- [19] Dobkin, Daniel M. *The RF in RFID: Passive UHF RFID in Practice*. Newnes, (2012).
- [20] Entenda, identifique e evite desvios de rota, Disponível em: <https://www.atlasgr.com.br/entenda-identifique-e-evite-desvios-de-rota/> Acessado em 25/08/2024 (18:55:23)

- [21] FERREIRA, T. C. Sistema de Vigilância e Monitoramento via WEB. 2010. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1975.pdf>> Acesso em: 16/09/2024.
- [22] Finkenzeller, Klaus. *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification, and Near-Field Communication*. John Wiley & Sons, (2010).
- [23] GlobalTop Technology. (2022). "FGPMMOPA6H Datasheet". Disponível em: <http://www.globaltop-tech.com.tw/products.php?C1=7&C2=20>. Acessado em 16/10/2023
- [24] Gomide, A. A. (2006). Mobilidade urbana, iniquidade e políticas sociais. Políticas sociais: acompanhamento e análise, 12, 242-250.
- [25] GOODCHILD, M. F. Geographic Information Systems (GIS). In: WARF, B.; HANSEN, K. (Ed.). *Encyclopedia of Human Geography*. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2006. p. 192-194.
- [26] Greengard, Samuel (2015) *The Internet of Things*. London: The MIT Press. ISBN 978-0-262-52773-6 %%
- [27] Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). *GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer Science & Business Media.
- [28] https://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html Acessado em 20/06/2024
- [29] <https://www.pmaputo.gov.mz/por/Informacao/Informacoes-por-Sector/Direccao-Provincial-dos-Transportes-e-Comunicacoes>. Acessado em 08/08/2024
- [30] Introduction to Arduino Mega 2560, Disponível em: <https://www.theengineeringprojects.com/2018/06/introduction-to-arduino-mega-2560.html> Acessado em 23/11/2024 (17:05:45)
- [31] Learn to Use ublox NEO-6M GPS Modules, <https://www.codrey.com/arduino-projects/learn-to-use-ublox-neo-6m-gps-modules/> Acessado em 23/11/2024

- [32] Luis Massango & Helder Baloi, FICHA 4 - ARQUITETURA DA REDE GSM (MS e BSS), 2023
- [33] Mini Câmera De Segurança Ip Wifi LehmoX Ley-144 Hd, Disponível em: https://www.synctekinfo.com.br/MLB-3088347145-mini-cmera-de-seguranca-ip-wifi-lehmoX-ley-144-hd-_JM Acessado em 23/11/2024
- [34] Mini Câmera Espiã A9 Com Visão Noturna HD 1080p Sensor De Presença Wifi Grava Em Cartão de Memória - FLV, Disponível em: <https://www.magazineluiza.com.br/mini-camera-espia-a9-com-visao-noturna-hd-1080p-sensor-de-presenca-wifi-grava-em-cartao-de-memoria-flv/p/bekb72fgc1/cj/caea/> Acessado em: 20 de Novembro de 2024 (22:43:17)
- [35] Módulo GSM SIM800L Quad Band Micro SIM V2.0 + Antena, Disponível em: <https://www.saravati.com.br/modulo-gsm-sim800l-quad-band-micro-sim-v2-0-antena.html> Acessado em 16/10/2024
- [36] Monitoramento de variáveis ambientais usando IoT para aplicações em agrometeorologia, Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Escopo-da-Internet-da-Coisas_fig2_343738600 Acessado 23/11/2024
- [37] MORAES, R. F. de. Sistemas de CFTV (Circuito Fechado de Televisão): seu funcionamento e sua manutenção. 2006. Disponível em: <http://www.poli.br/arquivos/DOWNLOADS/RELAT%D3RIO%20DE%20ESTAGIO/ELETRO> Acesso em: 16/11/2024.
- [38] O que é GPS e como funciona?, Disponível em: <https://geosemfronteiras.org/blog/o-que-e-gps-e-como-funciona/> Acessado em 20/11/2024
- [39] O que é uma câmera IP?, Disponível em: <https://gscseguranca.com.br/o-que-e-uma-camera-ip/> Acessado em 23/11/2024
- [40] O que são os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e quais suas aplicações, por Jocilene Barros, Disponível em: <https://www.geoaplicada.com/sig-e-suas-aplicacoes/> Acessado em 20/06/2024

- [41] Paula Ariel, Sistema de gerenciamento, entenda a sua importância, Disponível em: https://ea7.com.br/diferente/sistema-de-gerenciamento-entenda-a-sua-importancia/#google_vignette Acessado em 29/08/2024
- [42] REDES GSM, GPRS, EDGE E UMTS, Disponível em: https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/ricardo/3.html Acessado em 23/11/2024 (16:41:28)
- [43] Santos, B. P., & Silva, L. A., & Celes, C., & Borges, J. B., & Neto, B. S. P., & Vieira, M. A. M., & Vieira, L. F. M., & Goussevskaya, O. N., & Loureiro, A. (2016). *Internet das coisas: da teoria à prática*. Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, 31.
- [44] Seeed Studio. (2022). "Grove - GPS (Air530) v1.0". Disponível em: <https://www.seeedstudio.com/Grove-GPS-Air530-v1.0-p-4718.html>. Acessado em 16/10/2024
- [45] Sistema de Posicionamento Global, Disponível em: <http://www.panda4x4.net/oldpages/gps.htm> Acessado em 23/11/2024
- [46] SparkFun Electronics. (2022). "SparkFun Venus GPS with SMA Connector". Disponível em: <https://www.sparkfun.com/products/11058>. Acessado em 16/10/2023
- [47] Transporte público – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org). Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Transporte_p. Acessado em 10/22/2024
- [48] Transportes/Licenciamentos/Empresas/Início-Portal do Governo de Moçambique. Disponível em: <https://portaldogoverno.gov.mz/por/Empresas/Licenciamentos/Transportes> Acessado em 10/22/2023
- [49] Ublox. (2022). "NEO-6 series", Disponível em: <https://www.u-blox.com/en/product/neo-6-series>. Acessado em 16/10/2024
- [50] Understanding Relays por J. Smith, publicado em Electronics Tutorials. Disponível em: <https://www.electronics-tutorials.ws/blog/relay-switch-circuit.html>. Acessado em 16/10/2024

[51] UTILIZANDO O MÓDULO RFID COM O ARDUINO UNO, Disponível em:
<https://www.sta-eletronica.com.br/artigos/arduinos/utilizando-o-modulo-rfid-com-o-arduino-uno> Acessado em 23/11/2024

Anexos

Anexo 1

Anexos

1.1 Códigos do Microcontrolador

1.1.1 Código do Esp32

```
1      #include <WiFi.h>                                15      FirebaseData fbdo;
2      #include <Firebase\ESP\_Client.h>                16      FirebaseAuth auth;
3      #include "addons/TokenHelper.h" //17             FirebaseConfig config;
4      Para monitorar o status do token                18
5      token                                            19      // Variáveis de controle
6      #include "addons/RTDBHelper.h" //20             String currentRFID = "";
7      Para debug do RTDB                             21      String currentCarro = "carro1"; //
8                                                    22      ID do carro correspondente ao
9                                                    23      ESP32
10     // Credenciais Wi-Fi
11     #define WIFI\_SSID "Galaxy_A102190"              24      bool signupOK = false;
12     "                                                    25
13     #define WIFI\_PASSWORD "macamo2000"              26      void setup() {
14     "                                                    27      //Inicializa a comunicação serial
15     // Configuração do Firebase                       28      Serial.begin(115200);
16     #define API\_KEY "                                29      Serial1.begin(115200, SERIAL\_8N1,
17     A1zaSyBgbAgE75kKKwnazJ2iivClc4UokeKp3uI         30      16, 17); // Comunicação com o
18     "                                                    31      Arduino Mega (RX = 16, TX =
19     #define DATABASE\_URL "https://                 32      17)
20     sistema-dder-default-rtdb.                        33      //Conexão Wi-Fi
21     firebaseio.com/"                                  34      Serial.print("Conectando_ao_Wi-Fi"
22     // Objetos do Firebase                             35      );
23                                                    36      WiFi.begin(WIFI\_SSID, WIFI\
```

```

        _PASSWORD);
32 while (WiFi.status() != WL_ 59
        _CONNECTED) {
33 Serial.print(".");
34 delay(1000); 60
35 }
36 Serial.println("\nConectado_ao_WiFi 61
        -Fi_com_IP:"); 62
37 Serial.println(WiFi.localIP());
38
39 // Configuração do Firebase 63
40 config.api_key = API_KEY; 64
41 config.database_url = DATABASE_ 65
        _URL; 66
42 67
43 //Usando email e senha fictícios 68
        para o signUp
44 if (Firebase.signUp(&config, \& 69
        auth, "aersonmacamo16@gmail.
        com", "macamoerson18")) { 70
45 Serial.println("Sign-up_no_ 71
        Firebase_bem-sucedido!");
46 signupOK = true; 72
47 } else { 73
48 Serial.printf("Erro_no_sign-up:_%\n", config.signer. 74
        signupError.message.c_str()); 75
49 }
50 76
51 //Configura o callback para 77
        monitorar o status do token
52 config.token_status_callback = 78
        tokenStatusCallback;
53
54 // Inicializa o Firebase
55 Firebase.begin(&config, &auth); 79
56 Firebase.reconnectWiFi(true);
57 80
58 // Criar o nó inicial no Firebase 81
        (no caso, apenas uma estrutura
        de dados inicial)
        if (Firebase.RTDB.setString(&fbdo
        , "/rfid/inicializacao", "0"))
        {
        Serial.println("Nó_inicial_de_
        rfid_criado.");
        } else {
        Serial.println("Falha_ao_criar_nó_
        de_rfid:" + fbdo.
        errorReason());
        }
        }
        void loop() {
        if (Serial1.available()) {
        // Lê o RFID recebido do Arduino
        Mega
        String receivedRFID = Serial1.
        readStringUntil('\n');
        receivedRFID.trim();
        Serial.println("RFID_recebido:" +
        receivedRFID);
        // Se o RFID recebido é diferente
        do atual
        if (receivedRFID != currentRFID) {
        // Libera o RFID anterior no
        Firebase
        if (currentRFID != "") {
        if (Firebase.RTDB.setBool(&fbdo,
        "/rfid/" + currentRFID + "/"
        estado", false) \&\&
        Firebase.RTDB.setString(&fbdo, "/"
        rfid/" + currentRFID + "/carro
        ", "null")) {
        Serial.println("RFID_anterior_" +
        currentRFID + "_liberado.");
        } else {
        Serial.println("Falha_ao_liberar_
        RFID_anterior:" + fbdo.

```

```

        errorReason());
82     }
83 }
84
85 // Criar o nó do novo RFID se ele
    não existir
86 if (Firebase.RTDB.setBool(\&fbdo,
    "/rfid/" + receivedRFID + "/"
    estado", true) \&\&
87 Firebase.RTDB.setString(\&fbdo, "/"
    rfid/" + receivedRFID + "/"
    carro", currentCarro)) {
88 Serial.println("RFID_atual_" +
    receivedRFID + "'_ocupado_pelo
    _" + currentCarro);
89 } else {
90 Serial.println("Falha_ao_atualizar
    _RFID_atual:__" + fbdo.
    errorReason());
91 }
92
93 // Atualiza a variável do RFID
    atual
94 currentRFID = receivedRFID;
95 }
96 }
97
98 delay(100); // Pequeno atraso para
    evitar leituras repetidas
99 }

```

1.1.2 Código do Arduino Mega2560

```
1      #include <SPI.h>                                32      // Verifica cada leitor RFID
2      #include <MFRC522.h>                            33      checkForTag(rfid1, "Leitor_1");
3                                                    34      checkForTag(rfid2, "Leitor_2");
4      // Define os pinos dos leitores                35      checkForTag(rfid3, "Leitor_3");
5      RFID                                           36      checkForTag(rfid4, "Leitor_4");
6      #define SS_1 5                                37  }
7      #define SS_2 24                                38
8      #define SS_3 31                                39      void checkForTag(MFRC522 &rfid,
9      #define RST_PIN 9                              40      String readerName) {
10                                                    41      // Verifica se há uma nova tag
11      // Instancia os leitores RFID                  42      presente
12      MFRC522 rfid1(SS_1, RST_PIN);                  43      if (!rfid.PICC_IsNewCardPresent
13      MFRC522 rfid2(SS_2, RST_PIN);                  44      ()) return;
14      MFRC522 rfid3(SS_3, RST_PIN);                  45      if (!rfid.PICC_ReadCardSerial())
15      MFRC522 rfid4(SS_4, RST_PIN);                  46      return;
16                                                    47
17      void setup() {                                48      // Exibe o UID da tag lida no
18      Serial.begin(9600); //                          49      monitor serial do Arduino
19      Comunicação com o monitor                      50      Serial.print(readerName + "UID:
20      serial (Arduino)                               51      ");
21      Serial1.begin(115200); //                       52      String uid = ""; // Variável
22      Comunicação com o ESP32 (                       53      para armazenar o UID
23      Serial1)                                         54      for (byte i = 0; i < rfid.uid.
24      SPI.begin(); //                                  55      size; i++) {
25      Inicializa o barramento SPI                    56      String byteStr = String(rfid.
26                                                    57      uid.uidByte[i], HEX);
27                                                    58      byteStr.toUpperCase(); //
28      // Inicializa cada leitor RFID                  59      Converte para maiúsculas
29      rfid1.PCD_Init();                                60      if (byteStr.length() == 1) {
30      rfid2.PCD_Init();                                61      byteStr = "0" + byteStr; //
31      rfid3.PCD_Init();                                62      Adiciona zero à esquerda
32      rfid4.PCD_Init();                                63      , se necessário
33                                                    64      }
34      Serial.println("Sistema_RFID_                  65      uid += byteStr + "_"; //
35      inicializado._Aproxime_uma_                    66      Concatena o UID
36      tag.");                                           67      }
37      }                                                68      Serial.println(uid); // Exibe o
38                                                    69      UID no serial do Arduino
39      void loop() {                                    70
```

```
57      // Envia o UID da tag lida para
        o ESP32 via Serial1
58      Serial1.print(readerName + "UID
        : " + uid + "\n");
59
60      // Coloca o cartão em estado de
        espera
61      rfid.PICC_HaltA();
62  }
```

1.1.3 Código da Página Web

O código da página web está em anexo nos links: <https://drive.google.com/file/d/185bZpgybM43JN40C> e https://drive.google.com/file/d/1Jc7lg2N8pk_t8kEpmkn4eR31AMSMRT_z/view?usp=drive_link.

1.2 Circuitos

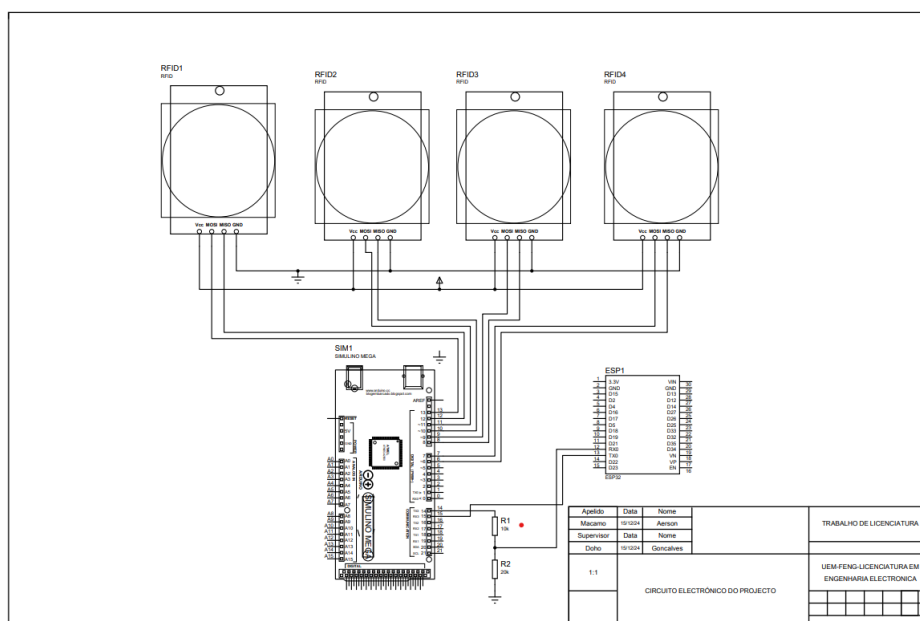


Figura 1.1: Circuito Electrico. Fonte: [Autor]

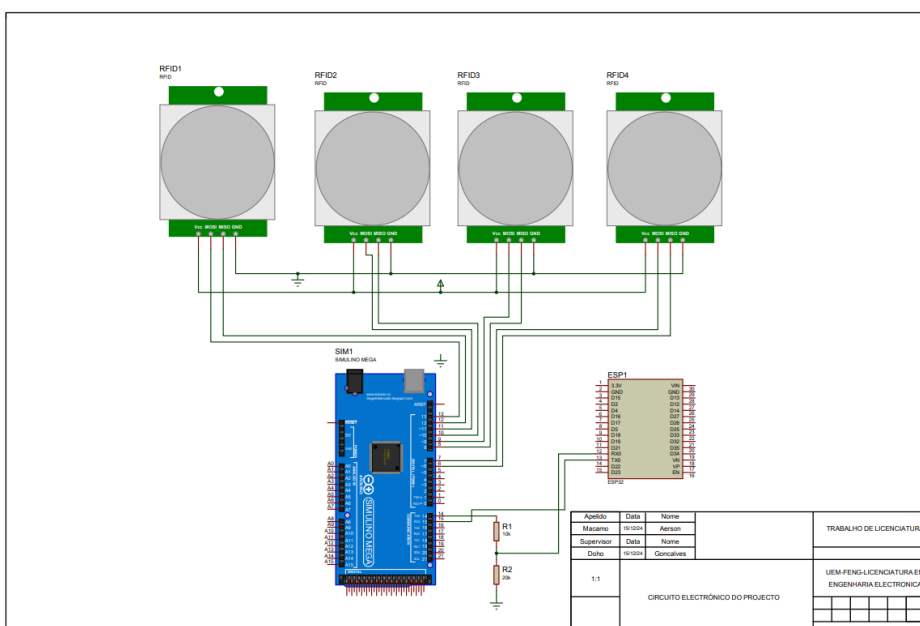


Figura 1.2: Circuito de montagem e ensaio. Fonte: [Autor]

1.3 Inquérito

Viabilidade e Impacto Potencial da Implementação de um Sistema de Detecção de Desvios e Encurtamentos de Rotas no Transporte Público

Este inquérito faz parte de um trabalho de licenciatura e tem como objetivo avaliar a viabilidade e o impacto potencial da implementação de um sistema de detecção de desvios e encurtamentos de rotas no transporte público. Através deste questionário, buscamos entender as experiências e percepções dos usuários sobre a atual situação do transporte público, incluindo a frequência e os efeitos dos desvios e encurtamentos de rotas não autorizados. Além disso, desejamos explorar a familiaridade dos usuários com tecnologias de monitoramento e suas opiniões sobre a importância e a eficácia de tais sistemas na melhoria da pontualidade e confiabilidade do transporte público.

Sua participação é fundamental para identificar as necessidades e expectativas dos usuários, ajudando a orientar a possível implementação de um sistema que visa melhorar a qualidade do transporte público em nosso país.

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Você usa transportes públicos de passageiros? Com que frequência?

- ☐ Marcar apenas uma.
- ☐ Todos os dias;
- ☐ Dias uteis da semana;
- ☐ Finais de semana;
- ☐ Raramente.
- ☐ Não

2. Como descreve a experiência de usar os transportes públicos? Marcar apenas uma.

- ☐ Excelente;
- ☐ Muito boa;
- ☐ Boa;
- ☐ Razoável;
- ☐ Má;

☐ Muito má;

☐ Péssima.

3. Você está familiarizado com o termo desvio de rota? * Marcar apenas uma.

☐ Sim;

☐ Não.

4. Você está familiarizado com o termo encurtamento de rota? * Marcar apenas uma.

☐ Sim;

☐ Não.

5. Você já testemunhou ou foi afetado por um desvio de rota em um veículo de transporte público? * Marcar apenas uma.

☐ Sim;

☐ Não.

6. Você já enfrentou a situação em que o veículo de transporte público encurtou sua rota sem aviso prévio? * Marcar apenas uma oval.

☐ Sim;

☐ Não.

7. Em caso afirmativo, como você se sentiu perante essas situações?

8. Você acredita que os desvios e encurtamentos de rota têm impacto na sua pontualidade e na confiabilidade de suas viagens no transporte público? Marcar apenas uma.

☐ Sim;

☐ Não;

☐ Talvez.

9. Você está ciente de alguma medida ou solução implementada pelas entidades reguladoras para controlar desvios e encurtamentos de rota dos transportes públicos? Marcar apenas uma.

- ☐ Sim;
- ☐ Não.

10. Se sim, quais?

- ☐ Fiscalização periódicas de rotas;
- ☐ Multas e penalizações aos motoristas dos transportes públicos; Linhas abertas de denúncias;
- ☐ Outra:

11. Os desvios e encurtamentos de rota são mais comuns em que determinado horário do dia? (Você pode selecionar mais de uma opção) *

- ☐ o Horário de pico da manhã (4h30min às 9h);
- ☐ o Meio do dia (9h às 15h);
- ☐ o Horário de pico da tarde (15h às 20h);
- ☐ o Noite (20h às 23h).
- ☐ Outra:

12. Na sua opinião, as medidas ou soluções implementadas pelas entidades reguladoras são eficazes no controle dos desvios e encurtamentos de rota? Marcar apenas uma.

- ☐ Sim;
- ☐ Não;
- ☐ Não tenho a certeza.

13. Você acredita que as entidades reguladoras poderiam implementar novas soluções ou melhorar as existentes para lidar melhor com os desvios e encurtamentos de rota? Marcar apenas uma.

- ☐ Sim;
- ☐ Não;
- ☐ Talvez.

14. Você já ouviu, viu ou utilizou alguma forma de tecnologia ou sistema que ajude a mitigar desvios e encurtamentos de rota no transporte público? *Sim, ouvi;

☐ Sim, vi;

☐ Sim, utilizei;

☐ Não.

15. Se sim, essa tecnologia ou sistema foi eficaz? Marcar apenas uma.

☐ Sim;

☐ Não;

☐ Não tenho a certeza.

16. Você acredita que as implementações dessas tecnologias podem reduzir ou eliminar, melhorar a confiabilidade e a segurança no uso do transporte público? Marcar apenas uma.

☐ Sim;

☐ Não;

☐ Não tenho a certeza.