



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

**Desenvolvimento de um Aplicativo Móvel de Rastreamento de Transportes para os
Utentes do MetroBus**

Autora:

Win Élica Jerónimo Savanguana

Supervisor:

Mestre Ruben Moisés Manhiça, Eng^o

Maputo, Agosto de 2025



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

**Desenvolvimento de um Aplicativo Móvel de Rastreamento de Transportes para os
Utentes do MetroBus**

Autora:

Win Élica Jerónimo Savanguana

Supervisor:

Mestre Ruben Moisés Manhiça, Eng^o

Maputo, Agosto de 2025



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que a estudante **Win Élica Jerónimo Savanguana** entregou no dia 29/ 08/ 2025, as 03 cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com referência _____, intitulado: Desenvolvimento de um Aplicativo Móvel para Rastreamento de Transportes para os utentes do MetroBus

Maputo, aos 29 de Agosto de 2025

A Chefe da Secretaria

Página De Dedicatórias

Com amor e gratidão,

A minha mãe, Antónia Pambo Savanguana

Ao meu pai, Jerónimo Savanguana

Aos meus irmãos, Queen e Wesley Savanguana

Página de Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradecer a Deus Todo Poderoso pelo dom da vida, por me permitir chegar a este dia tão esperado, por tanto amor, pela coragem e sabedoria proporcionada que serviram na realização deste projecto. Toda Honra e Glória são para Ele

Agradeço aos meus pais pelos ensinamentos que me transmitiram ao longo da minha vida, pela paciência na espera deste grande dia e acima de tudo pelo apoio incondicional que me deram para o alcance dos meus objectivos.

Aos meus irmãos mais novos Queen Savanguana e Wesley Savanguana, agradeço pelo carinho, pela alegria que trazem aos meus dias e por serem uma motivação constante na minha vida.

Agradeço imenso aos meus colegas, amigos e companheiros de curso: Amélia Languelo, Keven Uqueio, Bernardino Namburete, Shola Manhiça e Alexandre Merenkov pelo apoio e por serem tão bons que só melhoraram a minha experiência na faculdade e estiveram comigo durante todos estes anos.

Agradeço imenso ao meu amigo que cumpriu um papel muito importante, ajudando-me no esclarecimento de dúvidas nas matérias que eu tinha dificuldade, com muita prontidão: Écio Mahoque.

Expresso a minha profunda gratidão ao Engenheiro Ruben Manhiça pela atenção dedicada, pela paciência e pela forma incansável com que me orientou, sempre acreditando em mim e incentivando-me a concluir este trabalho.

Resumo

Este trabalho, intitulado *Desenvolvimento de um Aplicativo Móvel de Rastreamento de Transportes para os Utentes do MetroBus*, teve insere-se no contexto da mobilidade urbana na cidade e província de Maputo, Moçambique, onde o transporte público desempenha um papel fundamental no desenvolvimento socioeconómico, mas enfrenta limitações estruturais e tecnológicas. O principal problema identificado no sistema do MetroBus está relacionado aos longos tempos de espera nas paragens, à inconsistência dos horários e à ausência de informações em tempo real sobre a localização dos transportes, uma vez que o sistema actual depende de tabelas estáticas que não consideram atrasos provocados por congestionamentos, condições das vias ou desvios imprevistos, gerando insatisfação entre os utentes. Diante desse cenário, o objectivo geral deste trabalho foi desenvolver um aplicativo móvel de rastreamento de transportes que permita aos utentes do MetroBus acompanhar, em tempo real, a localização dos veículos, rotas, paragens e estimativas de chegada, contribuindo para a melhoria da mobilidade urbana. A metodologia adoptada qualitativa, com enfoque em pesquisa aplicada e exploratória, recorrendo à pesquisa documental, bibliográfica e à aplicação de questionários online a utentes e gestores, bem como ao desenvolvimento de um protótipo utilizando React Native no frontend, Node.js no backend e MongoDB como base de dados. Como resultados, obteve-se um protótipo funcional capaz de realizar o rastreamento em tempo real dos transportes, visualizar rotas e paragens no mapa, estimar horários de chegada, permitir a partilha de localização pelos motoristas e disponibilizar funcionalidades adicionais como anúncios e comentários dos utentes. Conclui-se que a solução proposta apresenta potencial para melhorar a eficiência operacional do MetroBus, aumentar a comodidade e satisfação dos utentes e contribuir para uma mobilidade urbana mais sustentável e eficiente em Maputo.

Palavras-chave: Rastreamento em tempo real, MetroBus, Mobilidade urbana, Tecnologias móveis.

Abstract

This work, entitled *Development of a Mobile Application for Transport Tracking for MetroBus Users*, is situated within the context of urban mobility in the city and province of Maputo, Mozambique, where public transportation plays a fundamental role in socioeconomic development but faces structural and technological limitations. The main problem identified in the MetroBus system is related to long waiting times at stops, schedule inconsistencies, and the lack of real-time information on vehicle locations, as the current system relies on static timetables that do not account for delays caused by traffic congestion, poor road conditions, or unexpected route deviations, resulting in user dissatisfaction. In this context, the main objective of this work was to develop a mobile transport tracking application that allows MetroBus users to monitor, in real time, vehicle locations, routes, stops, and estimated arrival times, thereby contributing to improved urban mobility. A qualitative methodology was adopted, with an applied and exploratory research approach, using documentary and bibliographic research, online questionnaires administered to users and managers, and the development of a prototype using React Native for the frontend, Node.js for the backend, and MongoDB as the database. The results include a functional prototype capable of real-time vehicle tracking, visualization of routes and stops on a map, estimation of arrival times, location sharing by drivers, and additional features such as announcements and user comments. It is concluded that the proposed solution has the potential to improve MetroBus operational efficiency, increase user convenience and satisfaction, and contribute to more sustainable and efficient urban mobility in Maputo.

Keywords: Real-time tracking, MetroBus, Urban mobility, Mobile technologies.

Índice

| | | |
|----------|---|-------------------------------------|
| 1 | Capítulo I - Introdução | 1 |
| 1.1 | Contextualização | 1 |
| 1.2 | Definição do problema..... | Erro! Marcador não definido. |
| 1.3 | Objectivos..... | 4 |
| 1.3.1 | Objectivo geral:..... | 4 |
| 1.3.2 | Objectivos específicos: | 4 |
| 1.4 | Justificativa | 4 |
| 1.5 | Metodologia..... | 5 |
| 1.5.1 | Quanto a natureza | 5 |
| 1.5.2 | Quanto a abordagem..... | 5 |
| 1.5.3 | Quanto aos objectivos | 5 |
| 1.5.4 | Técnicas de recolha de dados..... | 6 |
| 1.5.5 | Metodologia de desenvolvimento do software..... | 7 |
| 1.6 | Estrutura do trabalho | 9 |
| 2 | Capítulo II – Revisão da Literatura | 11 |
| 2.1 | Transportes em Moçambique | 11 |
| 2.1.1 | Dificuldades dos transportes públicos em Moçambique | 11 |
| 2.1.2 | Controle de chegadas de transportes nas paragens..... | 12 |
| 2.2 | Sistemas de rastreamento de transportes públicos em tempo real no mundo | 12 |
| 2.2.1 | Tecnologias da informação e comunicação aplicadas ao transporte | 13 |
| 2.2.2 | Tecnologias da informação e comunicação em Moçambique..... | 13 |
| 2.2.3 | Rastreamento de transportes..... | 14 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 2.3 | Identificação das tecnologias móveis usadas no desenvolvimento de soluções para transporte público..... | 19 |
| 2.3.1 | Hardware..... | 19 |
| 2.3.2 | Software..... | 20 |
| 3 | Capítulo III – Caso de Estudo..... | 23 |
| 3.1 | MetroBus..... | 23 |
| 3.2 | Sistema actual..... | 23 |
| 3.3 | Comparação de soluções de rastreamento de veículos para o monitoramento de transportes público..... | 25 |
| 3.4 | Proposta da solução..... | 26 |
| 3.5 | Tecnologias empregues no desenvolvimento da solução..... | 27 |
| 4 | Capítulo IV – Desenvolvimento da Solução Proposta..... | 28 |
| 4.1 | Análise e definição de requisitos..... | 28 |
| 4.1.1 | Grupos de interesse..... | 28 |
| 4.1.2 | Requisitos do sistema..... | 29 |
| 4.2 | Projecto de sistema e software..... | 34 |
| 4.2.1 | Arquitetura do sistema e software..... | 34 |
| 4.2.2 | Diagrama de logica de base de dados..... | 35 |
| 4.2.3 | Diagrama de classes..... | 36 |
| 4.2.4 | Diagrama de sequências..... | 37 |
| 4.3 | Implementação e teste unitário..... | 38 |
| 4.3.1 | Implementação..... | 38 |
| 4.4 | Integração e teste do sistema..... | 44 |
| 4.4.1 | Arquitectura de implantação..... | 45 |
| 4.4.2 | Testes do sistema..... | 46 |
| 4.4.3 | Cronograma de implementação e entrega do sistema..... | 46 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.5 | Operação e manutenção | 47 |
| 4.5.1 | Manutenção proativa e preventiva | 47 |
| 4.5.2 | Actualizações e melhorias | 48 |
| 5 | Capítulo V- Apresentação do Sistema | 49 |
| 5.1 | Tela de login do motorista | 49 |
| 5.2 | Painel do motorista e partilha de localização | 49 |
| 5.3 | Página inicial do utente | 50 |
| 5.4 | Listagem de rotas e detalhes da rota seleccionada..... | 51 |
| 5.5 | Visualização da rota no mapa e da paragem mais próxima | 51 |
| 5.6 | Listagem de anúncios e comentários | 52 |
| 6 | Capítulo VI – Conclusões e Recomendações..... | 53 |
| 6.1 | Conclusão | 53 |
| 6.2 | Recomendações..... | 54 |
| | Bibliografia..... | 56 |
| | Anexos..... | 1 |

Lista de Símbolos

| Símbolo/Sigla | Descrição |
|----------------------|--|
| API | Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicativos) |
| BLE | Bluetooth Low Energy (Bluetooth de Baixo Consumo Energético) |
| CFM | Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique |
| GIS | Geographic Information System (Sistema de Informação Geográfica) |
| GPS | Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global) |
| GPRS | General Packet Radio Service (Serviço de Rádio por Pacotes Geral) |
| HTTP | HyperText Transfer Protocol (Protocolo de Transferência de Hipertexto) |
| IDE | Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) |
| INCM | Instituto Nacional de Comunicações de Moçambique |
| INE | Instituto Nacional de Estatística |
| IoT | Internet of Things (Internet das Coisas) |
| JSON | JavaScript Object Notation (Notação de Objetos JavaScript) |
| NoSQL | Not Only SQL (Não Apenas SQL, referente a base de dados não relacionais) |
| RFID | Radio Frequency Identification (Identificação por Radiofrequência) |
| SADC | Southern African Development Community (Comunidade de Desenvolvimento da África Austral) |
| TCP | Transmission Control Protocol (Protocolo de Controle de Transmissão) |
| TIC | Tecnologias da Informação e Comunicação |
| UI | User Interface (Interface do Usuário) |
| UX | User Experience (Experiência do Usuário) |
| VPS | Virtual Private Server (Servidor Privado Virtual) |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Modelo de cascatas segundo Sommerville | 8 |
| Figura 2 fonte: site Moko Smart..... | 16 |
| Figura 3 fonte: site Moko Smart..... | 17 |
| Figura 4 fonte: site Moko Smart..... | 18 |
| Figura 5 fonte: site Moko Smart..... | 19 |
| Figura 6 Gráfico percentual de modelo de controlo da chegada dos transportes..... | 24 |
| Figura 7: Gráfico Percentual de problemas que os utentes enfrentam com o sistema actual | 24 |
| Figura 8 Diagrama de caso de uso..... | 33 |
| Figura 9 Arquitetura de software | 35 |
| Figura 10 Diagrama de logica de base de dados | 36 |
| Figura 11 Diagrama de classes | 37 |
| Figura 12 Diagrama de sequencias..... | 38 |
| Figura 13 Execução de comando para criar projecto em React native | 39 |
| Figura 14 Estrutura inicial do projecto | 39 |
| Figura 15 Estrutura final do projecto..... | 40 |
| Figura 16 Hook para ter a localização do utente | 41 |
| Figura 17 Codigo para visualização da localização no mapa | 41 |
| Figura 18 Inicialização do projecto no backend..... | 42 |
| Figura 19 Estrutura final do porjecto no backend | 43 |
| Figura 20 Models de rotas | 44 |
| Figura 21 Arquitetura de implantação..... | 45 |
| Figura 22 Tela de login..... | 49 |
| Figura 23 Interface do Motorista para visualização de carros e partilhar localização..... | 50 |
| Figura 24 Interface inicial para pesquisar por destino, visualizar transportes activos e sua localização..... | 50 |
| Figura 25 Interface de listagem e visualização de detalhes de rotas | 51 |
| Figura 26 Visualização de rota, paragens e paragem mais proxima no mapa | 52 |
| Figura 27 Interface de listagem e detalhes de anúncios e comentários | 52 |

| | |
|--|------|
| Figura A3 1 Diagrama de sequencia de Login..... | A3.1 |
| Figura A3 2 Diagrama de sequencia de inserir Destino | A3.2 |
| Figura A3 3 Diagrama de sequencia de Visualizar comentários associados a um anúncio | A3.2 |
| Figura A3 4 Diagrama de sequencia de Visualizar Rotas | A3.3 |
| Figura A3 5 Diagrama de sequencia Adicionar comentários | A3.3 |
| Figura A3 6 Diagrama de sequencia Visualizar no mapa/ Rastrear em tempo real | A3.4 |
| Figura A3 7 Diagrama de sequencia Visualizar Detalhes de uma rota..... | A3.4 |
| Figura A3 8 Diagrama de sequencia Visualizar anuncios | A3.5 |
| Figura A3 9 Diagrama de sequencia Partilhar localização | A3.5 |
| Figura A3 10 Diagrama de sequencia de Visualizar transportes activos..... | A3.6 |
| Figura A3 11 Diagrama de sequencia Visualizer comentarios associados a um anúncio | A3.6 |
| Figura A3 12 Visualizar transportes..... | A3.7 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|-------|
| Tabela 1 Tecnologias de Hardware para Aplicações de Rastreamento em Tempo Real... | 20 |
| Tabela 2 Tecnologias de Backend para Aplicações de Rastreamento em Tempo Real. Fonte adaptada pela autora..... | 21 |
| Tabela 3 Tecnologias de Frontend para Aplicações de Rastreamento em Tempo Real: Fonte adaptada pela autora..... | 22 |
| Tabela 4: Tabela comparativa de soluções de rastreamento de veículos | 26 |
| Tabela 5: Tecnologias Empregues no Desenvolvimento da Solução | 27 |
| Tabela 6: Tabela de Requisitos funcionais | 31 |
| Tabela 7: Tabela de Requisitos Não Funcionais | 33 |
| Tabela 8 casos de testes de Inserir destino | 46 |
| Tabela 9 Cronograma de implementação e entrega do sistema | 47 |
| Tabela 10 Manutenção Proativa e Preventiva | 48 |
| | |
| Tabela A1 1 Tabela descritiva de login..... | A1.1 |
| Tabela A1 2 CU inserir destino..... | A1.2 |
| Tabela A1 3 Visualizar todas rotas | A1.3 |
| Tabela A1 4 Visualizar Anúncios | A1.4 |
| Tabela A1 5 Visualizar detalhes de uma rota | A1.5 |
| Tabela A1 6 Adicionar Comentários | A1.6 |
| Tabela A1 7 Visualizar rota no mapa..... | A1.7 |
| Tabela A1 8 Rastrear transporte em tempo real..... | A1.8 |
| Tabela A1 9 Partilhar Localização em tempo real | A1.9 |
| Tabela A1 10 Visualizar estimativa da chegada do transporte..... | A1.10 |
| Tabela A1 11 Visualizar transportes activos..... | A1.11 |
| Tabela A1 12 Visualizar comentários associados a um anúncio | A1.12 |
| Tabela A1 13 Visualizar transportes e suas respectivas rotas | A1.13 |
| Tabela A1 14 Escolher transporte | A1.14 |
| | |
| Tabela A2 1 Caso de teste Fazer Login | A2.1 |

| | |
|--|------|
| Tabela A2 2 Caso de teste Inserir Destino | A2.1 |
| Tabela A2 3 Caso de teste Visualizar todas rotas | A2.1 |
| Tabela A2 4 Caso de teste visualizar anúncios | A2.1 |
| Tabela A2 5 Caso de teste visualizar detalhes de uma rota..... | A2.2 |
| Tabela A2 6 caso de teste adicionar comentário | A2.2 |
| Tabela A2 7 Caso de teste visualizar mapa | A2.2 |
| Tabela A2 8 Caso de teste rastrear transporte em tempo real | A2.3 |
| Tabela A2 9 Caso de teste Partilhar localização em tempo real | A2.3 |
| Tabela A2 10 Caso de teste visualizar estimativa de chegada do transporte | A2.3 |
| Tabela A2 11 caso de teste Visualizar transportes activos | A2.4 |
| Tabela A2 12 Caso de teste Visualizar comentários associados a um anúncio | A2.4 |
| Tabela A2 13 Caso de teste Visualizar transportes e suas respectivas rotas | A2.4 |

1 Capítulo I - Introdução

1.1 Contextualização

O sector dos transportes desempenha um papel fundamental para o progresso económico dos países, sendo um factor determinante nas sociedades modernas, pois afecta directamente o quotidiano dos cidadãos, promovendo conexões e fortalecendo diversas áreas de actividade (Araújo, 2010). O aumento da procura por serviços de transporte nas áreas urbanas acompanha o crescimento contínuo da população nas cidades.

A indústria de transporte público na República de Moçambique, é regulado pelo Decreto n.º 35/2019 que aprova o Regulamento de Transporte em Veículos Automóveis e Reboques e revoga o Decreto n.º 11/2009, de 29 de Maio. Nele define-se transporte público como “*todo aquele que não seja classificado de particular, podendo ser explorado em regime de transporte de aluguer (ao serviço de determinada entidade, obedecendo a itinerários a sua escolha) ou de transporte colectivo (obedece a itinerários e horários previamente estabelecidos)*”.

No caso específico da cidade Maputo, capital de Moçambique, constata-se, de acordo com dados do INE (2023), que a população projectada para 2025 é de 1.139.476 habitantes para cidade de Maputo e 2.662.034 para província de Maputo, deste modo torna-se evidente a necessidade de um sistema de transporte eficiente para responder à crescente procura por mobilidade urbana. Apesar da importância dos transportes para o funcionamento da cidade, a oferta de serviços ainda não é suficiente para atender de forma adequada à população a ausência de transportes públicos e os problemas de mobilidade levaram ao surgimento de um sector privado (Rural, 2014). Como consequência, os utentes enfrentam longos períodos de espera nas paragens, comprometendo o cumprimento das suas atividades diárias. Esta insuficiência é ainda mais evidente durante as horas de maior demanda, quando a demanda é maior e o sistema de transporte revela as suas limitações.

Nestes termos, a empresa sirMotors no projecto MetroBus introduziu o sistema de transporte rodoviário e ferroviário em fevereiro de 2018, com o objectivo de disponibilizar transporte urbano, cumprindo rotas e horários rigorosos, para que cada vez menos a população da cidade e província de Maputo recorra a viaturas particulares para se deslocar a cidade, reduzindo assim a poluição sonora e do ar, o congestionamento nas vias públicas

(Vieira, Dadá, & Martins, 2014) e crise de transporte verificada nas horas de maior demanda (primeiras horas e finais do dia), outrossim, oferecer maior comodidade e conforto aos passageiros (Soico, 2017).

Diante do exposto, há necessidade de implementação de um sistema de rastreamento do transporte em tempo real por meio de um aplicativo móvel poderia ser uma solução eficaz para mitigar esses problemas. Com o rastreamento em tempo real, os utentes teriam acesso imediato à localização dos veículos, horários estimados de chegada e possíveis atrasos, permitindo um melhor planeamento dos seus deslocamentos e aumentando a satisfação com o serviço de transporte público.

1.2 Problematização

O sistema de transportes do MetroBus é uma inovação na área de prestação de serviços de qualidade de transportes públicos projectada para revolucionar o sistema de transporte na Área Metropolitana de Maputo. No entanto, têm sido identificado desafios pelos utentes, prejudicando a eficácia e eficiência do sistema. Dentre eles pode-se mencionar os seguintes:

- I. A percepção sobre o funcionamento do sistema actual de controle de chegada dos transportes nas paragens da cidade e província de Maputo onde actualmente, os utentes do MetroBus dependem da observação manual de uma tabela estática (Anexo 6) com horários fixos e os nomes dos pontos de recolha por onde o transporte passa, para determinar os melhores momentos para ter acesso aos transportes. No entanto, atrasos causados por congestionamentos verificado nas horas de ponta, o estado das estradas ou desvios inesperados podem gerar inconsistências nos horários, resultando em os utentes aguardarem durante longos períodos nas paragens sem qualquer indicação clara sobre o tempo estimado de chegada dos veículos, o que afecta directamente aos utentes na eficiência da programação do horário que deve estar no ponto de recolha do transporte.
- II. Identificar as tecnologias móveis usadas no desenvolvimento de soluções para transporte público que possam ser aplicadas no contexto de uma empresa como o MetroBus. As soluções tecnológicas, em particular as baseadas em dispositivos

móveis, têm mostrado grande potencial para otimizar o monitoramento de transportes e a experiência dos utentes em várias partes do mundo.

Porque apesar da existência de diversas tecnologias móveis eficazes em contextos urbanos, há um descompasso entre as soluções tecnológicas globais e a realidade infra-estrutural e digital local. Faltam experiências concretas e adaptadas ao nível de conectividade, literacia digital dos utentes e capacidade técnica do MetroBus.

- III. Necessidade de identificar e comparar soluções de rastreamento de veículos para o monitoramento de transportes públicos que possam ser usadas no MetroBus. Países a nível global tem aplicado para o sistema de transportes públicos dos seus países mecanismos de rastreamento baseadas em Sistemas de Informação Geográfica (GIS), Internet das Coisas (IoT), não obstante há exemplos na região e não só de uso de aplicações móveis que tem eficácia em contextos em países da SADC, bem como em outras partes do mundo em desenvolvimento, como a Índia e o Brasil (Silva, Andrade, & Gomes, 2019). Estes softwares trazem a questão sobre qual destas seria viável, sustentável e escalável para o contexto urbano de Maputo, considerando factores como custo, manutenção, disponibilidade de dados, formação técnica e integração com outros sistemas de transporte.

Diante desse cenário, surge a necessidade de estudar e desenvolver soluções que integrem o rastreamento dos veículos em tempo real, utilizando tecnologias móveis adequadas para o contexto local, proporcionando maior eficiência e previsibilidade para os utilizadores.

1.3 Objectivos

1.3.1 Objectivo geral:

- ✓ Desenvolver um Aplicativo Móvel para Rastreamento de Transportes para os Utentes do MetroBus.

1.3.2 Objectivos específicos:

- ✓ Descrever o sistema actual de controle de chegada dos transportes nas paragens da cidade e província de Maputo
- ✓ Identificar as tecnologias móveis usadas no desenvolvimento de soluções para transporte público
- ✓ Comparar soluções de rastreamento de veículos para o monitoramento de transportes públicos
- ✓ Desenvolver um protótipo funcional de um aplicativo movel para rastreamento de transporte

1.4 Justificativa

O presente trabalho com o tema Desenvolvimento de um Aplicativo Móvel de Rastreamento de Transportes para os Utentes do MetroBus, é de suma importância na área de prestação de serviços de qualidade de transportes públicos. Por figurar-se em uma contribuição para arenas como academia, corpo directivo do Metrobus e para sociedade em geral.

No que diz respeito a componente acadêmica o presente trabalho, visa ser uma contribuição na literatura, ao apresentar um estudo de caso, baseado na realidade. Isto é, vai permitir que a academia tenha mais um recurso de consulta no que respeita a mobilidade urbana com qualidade e eficiência.

O trabalho também é uma contribuição fundamental para os tomadores de decisão do MetroBus, ao oferecer a estes um mecanismo de os seus clientes terem acesso a localização das rotas dos seus autocarros. Permitindo assim, maior comodidade dos seus passageiros redundando em maior demanda dos seus serviços.

No que diz respeito a sociedade o estudo é mais valia por representar em uma contribuição para utentes dos serviços do Metrobus, ao permitir que passageiros, tenham acesso à informação em tempo útil, permitindo o uso racional do tempo. Além disso, o estudo contribui

para despertar outros programadores a desenvolver soluções tecnológicas para os desafios reais da sociedade.

1.5 Metodologia

A metodologia desempenha um papel importante na pesquisa, pois, representa o conjunto de métodos e técnicas utilizados pelo pesquisador para alcançar os seus objectivos e consequentemente responder a sua pergunta de partida.

1.5.1 Quanto a natureza

A presente pesquisa é de natureza aplicada. Esta pesquisa consiste numa investigação voltada para a geração de conhecimento com aplicabilidade prática, visando solucionar problemas concretos da sociedade, de organizações ou de sectores específicos (Creswell, 2014). É nesse contexto que, a presente pesquisa, ao compreender os desafios por meio da observação, ela se materializa no desenvolvimento de um protótipo de aplicativo móvel que responde às necessidades dos utilizadores dos serviços do Metrobus, promovendo maior eficiência e satisfação no uso do transporte público.

1.5.2 Quanto a abordagem

O método qualitativo é uma abordagem de pesquisa que tem como foco o diagnóstico de fenômenos sociais a partir da perspectiva dos participantes, tendo como alvo a interpretação e análise subjectiva dos dados (Denzin & Lincoln, 2018). Como afirma Creswell (2014), este método é caracterizado pelo uso de dados não numéricos, como entrevistas, observações e análise documental, permitindo uma compreensão sólida e contextualizada do caso ou objecto de estudo. Neste trabalho, o método qualitativo será usado para compreender os desafios do sistema de transporte do MetroBus a partir das experiências de utentes e gestores, colectadas através de questionários e revisão da literatura.

1.5.3 Quanto aos objectivos

Tomando como base o problema da presente pesquisa privilegiou-se a pesquisa exploratória, que segundo Gil (2007), tem como objectivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Foi possível,

através da pesquisa exploratória, contextualizar o sistema actual de controle de chegada dos transportes nas paragens, identificando e comparando as tecnologias móveis usadas no desenvolvimento de soluções de rastreamento para transporte público. As informações colhidas possibilitam desenvolver um protótipo funcional de um aplicativo móvel para rastreamento de transporte que pode facilitar o rastreamento de transportes aos utentes do MetroBus.

1.5.4 Técnicas de recolha de dados

Quanto a recolha de dados, esta pesquisa, baseiou-se em:

a) Pesquisa documental

A pesquisa documental é a colecta de dados em fontes primárias, como documentos escritos ou não, pertencentes a arquivos públicos; arquivos particulares de instituições e domicílios, e fontes estatísticas (Lakatos & M., 2001), foi neste contexto que a presente pesquisa explorou a legislação (ex.: Decreto nº 35/2019), Jornal O País e relatórios e revistas sobre mobilidade urbana e outros recursos que debruçam sobre o ramo de transportes e tecnologias e inovação, para consolidar o problema de pesquisa.

b) Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica, é considerada uma fonte de colecta de dados secundária, que pode ser definida como: contribuições culturais ou científicas realizadas no passado sobre um determinado assunto, tema ou problema que possa ser estudado (Lakatos & M., 2001), (Cervo, 2002). Para Lakatos (2001), a pesquisa bibliográfica, “[...] *abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema estudado, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, materiais cartográficos, etc. [...] e sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto [...]*”. Assim sendo, a pesquisa buscou desenvolver a revisão de literatura com consultas a bases como google acadêmico, SciElo a respeito de aplicativos móveis para mobilidade urbana, rastreamento de transportes públicos em uso no mundo, no continente e na região.

c) Questionário online

Para Marconi (1996), o questionário estruturado é definido como uma “série ordenada de perguntas, respondidas por escrito sem a presença do pesquisador”. Dentre as vantagens desse instrumento, destacam-se: a possibilidade de alcançar um maior número de pessoas; o baixo custo; a padronização das questões, que permite uma interpretação mais uniforme por parte dos respondentes, facilitando a compilação e comparação das respostas; além de garantir o anonimato dos participantes.

Com base nessas vantagens, a presente pesquisa desenvolveu e distribuiu um conjunto de questões direcionadas aos utentes dos transportes do MetroBus e aos gestores, definidos como os principais respondentes. Os questionários foram partilhados por meio de grupos do WhatsApp utilizados para comunicados, e também enviados por e-mail aos gestores. Essa abordagem permitiu compreender a problemática da pesquisa e, conseqüentemente, contribuir para o desenvolvimento de um protótipo que atenda às necessidades dos consumidores.

Da mesma forma, foi feita uma pesquisa acerca da metodologia de desenvolvimento de aplicativos móveis, com foco em ferramentas e técnicas para rastreamento em tempo real explorando como as tecnologias podem ser integradas para melhorar a experiência dos passageiros e a eficiência operacional dos sistemas de transporte público.

1.5.5 Metodologia de desenvolvimento do software

De modo a lidar com o problema identificado, existe a necessidade de se desenvolver uma aplicação móvel, sendo que em primeiro lugar será feito um protótipo funcional da aplicação com as funcionalidades propostas. Um protótipo é uma versão inicial de um sistema de software, usado para demonstrar conceitos, experimentar opções de projecto e descobrir mais sobre o problema e suas possíveis soluções (Sommerville, 2011).

Qualquer projecto bem-sucedido requer o uso de uma metodologia de gestão de projecto (Nelson, 2005). A metodologia usada para a elaboração do protótipo tem o nome de WATERFALL também conhecido como modelo em Cascata. O modelo em cascata é um exemplo de um processo dirigido a planos, em princípio, planeia-se e programa-se todas as actividades do processo antes de iniciar a trabalhar nelas (Sommerville, 2011)

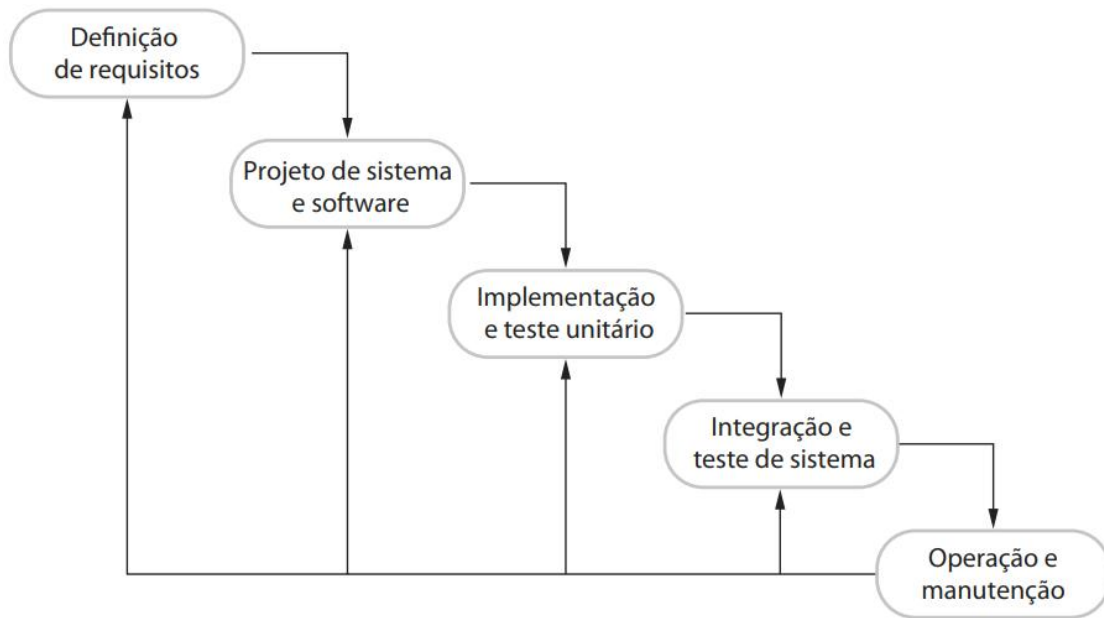


Figura 1 Modelo de cascatas segundo Sommerville

1. Análise e definição de requisitos: Os serviços, restrições e metas do sistema são estabelecidos por meio de consulta aos utilizadores. Em seguida, são definidos em detalhes e funcionam como uma especificação do sistema.

2. Projecto de sistema e software: O processo de projecto de sistemas aloca os requisitos tanto para sistemas de hardware como para sistemas de software, por meio da definição de uma arquitetura geral do sistema. O projecto de software envolve identificação e descrição das abstrações fundamentais do sistema de software e seus relacionamentos.

3. Implementação e teste unitário: Durante esse estágio, o projecto do software é desenvolvido como um conjunto de programas ou unidades de programa. O teste unitário envolve a verificação de que cada unidade atenda a sua especificação.

4. Integração e teste de sistema: As unidades individuais do programa ou programas são integradas e testadas como um sistema completo para assegurar que os requisitos do software tenham sido atendidos. Após o teste, o sistema de software é entregue ao cliente.

5. Operação e manutenção: Normalmente (embora não necessariamente), essa é a fase mais longa do ciclo de vida. O sistema é instalado e colocado em uso. A manutenção envolve a correção de erros que não foram descobertos em estágios iniciais do ciclo de vida, com melhora da implementação das unidades do sistema e ampliação de seus serviços em resposta às descobertas de novos requisitos.

Para o desenvolvimento do protótipo funcional foram seguidas as fases acima, de modo a alcançar o objectivo.

1.6 Estrutura do trabalho

O presente trabalho é composto por seis (6) capítulos, devidamente enumerados, e ainda, por mais duas (2) secções não enumeradas referentes a bibliografia e anexos, respectivamente. Abaixo é apresentada a descrição detalhada de cada uma das partes que compõem o documento:

Capítulo I – Introdução

Este capítulo dedica-se no desenvolvimento dos elementos nos quais a pesquisa é desenvolvida. Apresenta a contextualização, a definição do problema, os objectivos geral e específicos, a justificativa, a metodologia usada e a estrutura da mesma.

Capítulo II – Revisão de Literatura

Este capítulo desenvolve o quadro teórico da pesquisa. Definindo os conceitos-chave da pesquisa para a compreensão do tema abordado. Também são apresentados outros estudos sobre o tema a nível global, regional e nacional, fazendo uma análise comparativa entre estas, em vista alcançar os objectivos da pesquisa.

Capítulo III – Caso de Estudo

Este capítulo apresenta-se o MetroBus, como o estudo de caso da pesquisa. Faz-se a descrição das características da empresa e a proposta da solução do problema. É apresentado os resultados colhidos, por questionários para os utentes e para os gestores. Por fim, procede-se a análise dos dados colhidos e obter conclusões relacionadas com o problema.

Capítulo IV – Desenvolvimento da solução proposta

No presente capítulo é desenvolvida a solução proposta para o problema apresentado na introdução do estudo em questão, tendo como base a metodologia de desenvolvimento do software devidamente apresentado no capítulo da metodologia.

Capítulo V – Apresentação do sistema

Este é a última fase da pesquisa, que tem como foco apresentação e operacionalização do protótipo de software de rastreamento de transporte público de passageiros para os utentes dos serviços da empresa sirMotors no projecto do MetrosBus.

Capítulo VI – Conclusões e recomendações

Este capítulo apresenta o alcance dos objectivos desenhado para a presente pesquisa e faz recomendações. É o último da pesquisa que confronta o problema da pesquisa, com os resultados recolhidos e solução proposta e conclui buscando sugerir alternativas ou a produção de outros estudos para melhor resposta ao problema, tendo em conta as limitações do estudo.

Secção da Bibliografia

Nesta secção são listadas as fontes consultadas e utilizadas ao longo do desenvolvimento do trabalho para embasar teoricamente e metodologicamente o estudo. Nesta secção, são listadas de forma organizada e sistemática as referências bibliográficas que sustentam os argumentos, conceitos, dados e informações apresentados nos capítulos do trabalho.

Secção dos Anexos

A secção de Anexos compreende materiais complementares que enriquecem o trabalho, mas que não são indispensáveis para a compreensão do conteúdo principal. Esses materiais são incluídos para fornecer informações adicionais que suportam a pesquisa, mas que, por sua extensão, formato ou natureza secundária, não foram incorporados directamente no corpo do texto.

2 Capítulo II – Revisão da Literatura

2.1 Transportes em Moçambique

O sector de transportes é um dos pilares do desenvolvimento socioeconómico de Moçambique, desempenhando um papel crucial na conexão de comunidades, no acesso a serviços essenciais e na promoção do comércio. Para Ruiz-Padillo, da Silveira e Torres (2020), transporte é um sistema que combina tecnologia e organização, cuja função é mover pessoas e bens de um lugar para outro, com o objectivo de atenuar o diferencial espacial e económico que separa a oferta da procura. Isto é, o termo "*transporte*" refere-se ao deslocamento de pessoas, bens ou mercadorias de um ponto a outro, utilizando diferentes modais, como rodoviário, ferroviário, aéreo ou marítimo. Vasconcellos (2000), acrescenta que o transporte deve ser compreendido como parte integrante de um sistema urbano mais amplo, que envolve infra-estruturas, veículos, serviços e utilizadores, cuja eficiência depende do planeamento e da gestão integrada.

Desta forma, o transporte evolui de uma função meramente operacional para um sistema articulado, composto por elementos físicos (estradas, veículos, paragens), humanos (condutores, passageiros, gestores) e tecnológicos (sistemas de controlo, aplicações, sensores), todos interligados para garantir deslocamentos seguros, rápidos e acessíveis.

O transporte público é caracterizado pela sua capacidade de atender a um grande número de usuários, promovendo inclusão social e reduzindo a dependência de veículos privados. De acordo com Cervero (1998), o transporte público caracteriza-se pela oferta aberta a toda a comunidade, operada por entidades públicas ou privadas sob regulamentação do estado, tendo como objectivo central assegurar o direito à mobilidade e promover a inclusão social. Como exemplo, Fortes (2024), advoga que o transporte público em Maputo é essencial para a maioria da população de baixa renda, que reside nas periferias e depende destes transportes para aceder o centro da cidade.

2.1.1 Dificuldades dos transportes públicos em Moçambique

Mesmo com sua importância estratégica, o sector dos transportes públicos em Moçambique enfrenta inúmeros desafios que comprometem a sua eficiência e qualidade de serviço (Bank, 2018). Entre as principais dificuldades, destacam-se a insuficiência e o

envelhecimento da frota, a falta de investimentos em infra-estruturas adequadas e a ausência de regulamentação eficaz para operadores privados (Vieira, Dadá, & Martins, 2014).

A sobrelotação dos veículos, especialmente nos horários de pico (primeiras horas e final-de-dia), é uma realidade comum, reflectindo não só a escassez de oferta, mas também a inadequada capacidade de planeamento do sistema de transporte urbano (Bank, 2018). Adicionalmente, os elevados custos de manutenção dos veículos e a limitada disponibilidade de peças de substituição agravam a situação, levando muitos operadores a utilizar veículos em condições precárias.

Outro desafio relevante é a falta de integração entre os diferentes modos de transporte, o que resulta em percursos fragmentados e em longos tempos de espera para os utentes. A insegurança rodoviária, agravada pelo mau estado das vias e pela condução imprudente, também compromete a confiança da população nos transportes públicos (Forte, 2024).

2.1.2 Controle de chegada de transportes nas paragens

As paragens são pontos específicos ao longo do percurso das rotas de transporte público onde os veículos efectuem breves paragens para deixar e levar passageiros. Diferentemente dos terminais, que funcionam como pontos de partida e chegada das rotas, as paragens estão distribuídas ao longo do trajecto e são fundamentais para o acesso ao transporte. O controle de chegada dos transportes nas paragens refere-se à capacidade de monitorar, prever e informar os horários de chegada e saída dos veículos nos pontos de paragem. Normalmente, o controle é feito dependendo do lugar através de sinalizações com luzes interativas, códigos QR, aplicativos de rastreamento, painéis eletrónicos e através de esperas sem noções do momento de chegada do transporte como é o caso de Moçambique em específico na província e cidade de Maputo. A disponibilização de dados em tempo real nestes pontos reduz a ansiedade dos passageiros, melhora a gestão do tempo e contribui para tornar o transporte colectivo mais atractivo, eficiente e sustentável.

2.2 Sistemas de rastreamento de transportes públicos em tempo real no mundo

O rastreamento em tempo real de transportes públicos é uma prática consolidada globalmente, com impactos positivos na eficiência operacional e na experiência dos utentes.

O uso da tecnologia da informação na gestão de transporte tem transformado o sector de forma significativa.

As TIC's podem ser entendidas como o conjunto de ferramentas e recursos tecnológicos que possibilitam a criação, o acesso e a partilha de informação, bem como a comunicação entre pessoas. Com o avanço da tecnologia, surgiram novas formas de interacção que se espalharam rapidamente pelo mundo tornando mais fácil a ligação entre indivíduos, mesmo quando separados por grandes distâncias geográficas (Rodrigues, Durão, Garcia, & da Silva, 2014).

2.2.1 Tecnologias da informação e comunicação aplicadas ao transporte

As TIC's têm desempenhado um papel fundamental na transformação dos sistemas de transporte, promovendo maior eficiência, segurança e sustentabilidade. A integração de tecnologias como Sistemas de Posicionamento Global (GPS), Internet das Coisas (IoT) e aplicativos móveis permite o monitoramento em tempo real, uma gestão de frotas melhorada e a melhoria da experiência do usuário. Essas soluções combinam dados de localização, horários e condições do tráfego para fornecer informações precisas aos utentes e operadores, representando um avanço significativo na modernização dos sistemas de mobilidade e contribuindo para a construção de cidades mais inteligentes e sustentáveis (MOKO SMART, 2023).

2.2.2 Tecnologias da informação e comunicação em Moçambique

Em Moçambique, as TIC's têm estado a desempenhar um papel cada vez mais relevante no processo de desenvolvimento socioeconómico. Segundo dados do (INCM) Instituto Nacional de Comunicações de Moçambique (2023), o número de utilizadores de internet e serviços digitais tem vindo a crescer, ainda que de forma desigual entre as zonas urbanas e rurais. Este crescimento tem permitido o surgimento de novas soluções tecnológicas em sectores estratégicos como a educação, saúde, serviços financeiros e, mais recentemente, os transportes.

No contexto dos transportes, o uso das TIC's começa a ser explorado como ferramenta para melhorar a gestão da mobilidade urbana. Embora ainda existam desafios relacionados com

a cobertura de rede e custos de acesso a internet, iniciativas pontuais demonstram o potencial destas tecnologias para transformar os serviços públicos. Projectos que envolvem a monitorização de frotas, a digitalização de bilhética ou o rastreamento em tempo real de veículos mostram-se promissores para melhorar a eficiência, segurança e transparência do sector. Tentativas de introduzir soluções tecnológicas como o “Famba” que é uma inovadora bilheteira eletrônica em Moçambique, criada com o objectivo de tornar o sistema de transporte mais eficiente, acessível e conveniente para os cidadãos e visitantes do país (MOVE Maputo, 2022), e o Txapita, que utiliza rastreamento via GPS/GPRS em Maputo de 2019-2023 permitindo aos passageiros, a partir do celular, conhecerem a localização e hora que o autocarro vai chegar a paragem (Txapita Mobility, n.d.). Embora ainda enfrentem desafios na sua implementação e adopção massiva, estas iniciativas demonstram o potencial transformador das TIC’s na mobilidade urbana do país.

2.2.3 Rastreamento de transportes

O rastreamento é uma tecnologia utilizada para monitorar em tempo real a localização e o movimento de pessoas, veículos, objectos ou mercadorias. Essa prática tem se tornado cada vez mais comum com o avanço das TIC’s, sendo aplicada em áreas como logística, segurança, saúde, e especialmente nos sistemas de transporte. Os sistemas de rastreamento utilizam tecnologias que permitem o rastreamento e monitoramento remoto de veículos, através da recolha de informações de posicionamento e dos sensores existentes nestes veículos. São muitas as aplicações destes sistemas na gestão de frotas de camiões ou de veículos, públicos e privados. Neste contexto, o rastreamento em tempo real de transportes públicos consiste na utilização de tecnologias, como o GPS, redes móveis e plataformas de gestão, para monitorar continuamente a localização dos veículos que compõem o sistema de transporte colectivo. Este tipo de sistema tem como objectivo otimizar a operação dos transportes, melhorar o serviço prestado ao público e aumentar a segurança dos passageiros (Sussman, 2000).

a) Vantagens de rastreamento de transportes públicos

O rastreamento de transportes públicos oferece benefícios significativos para gestores, operadores e utilizadores. Entre as principais vantagens, destacam-se segundo Blog (2024) as seguintes:

- **Maior precisão de horários de chegada** - os sistemas de rastreamento de transportes públicos podem fornecer informações precisas sobre o horário de chegada do transporte. Além disso, os gestores podem usar o rastreador para otimizar as rotas e evitar atrasos, o que pode resultar em uma experiência de viagem mais agradável.
- **Aumento da segurança** - os sistemas de rastreamento de transportes públicos podem ser usados para monitorar a velocidade e a rota dos veículos, ajudando a garantir que o motorista esteja seguindo as regras de trânsito e evitando condutas perigosas. Isso pode ser decisivo para prevenir acidentes e melhorar a segurança dos passageiros.
- **Transparência** - os sistemas de rastreamento de transportes permitem que os prestadores do serviço forneçam informações transparentes sobre sua frota e seus horários, aumentando a confiança dos passageiros na qualidade do serviço.
- **Melhoria da segurança** - o rastreamento contribui para a segurança dos passageiros e motoristas, permitindo a identificação de situações de risco, como roubos ou desvios não autorizados, e facilitando a resposta rápida em emergências.
- **Análise de dados** - os dados colectados podem ser analisados para identificar padrões ajudando a tomar decisões informadas sobre a gestão da frota.

Estas vantagens mostram como o rastreamento tem contribuído de forma significativa para a modernização dos sistemas de transporte, respondendo às exigências de cidades cada vez mais inteligentes e sustentáveis. Ao permitir um acompanhamento em tempo real da operação dos veículos, estas tecnologias oferecem suporte à tomada de decisões mais eficazes, promovem a redução de atrasos, melhoram a alocação de recursos e aumentam a satisfação dos utentes.

b) Tipos de rastreamento

Diversas tecnologias são utilizadas no rastreamento de transportes públicos, cada uma com características específicas que atendem a diferentes necessidades operacionais. A seguir, são apresentados os principais tipos de rastreamento:

✓ Rastreamento via GPS

O rastreamento por GPS é uma das tecnologias mais usadas para monitoramento de transportes. Por meio de sinais de satélite, esses sistemas orbitam a Terra para determinar a localização precisa de um activo fornecendo informações precisas sobre a localização e o deslocamento dos veículos em tempo real (Kaplan & Hegarty, 2017) . Sua principal vantagem é a cobertura global, sendo ideal para áreas urbanas e rurais. Contudo, a precisão do rastreamento de GPS depende muito de uma linha de visão clara para o céu podendo ser afectada em túneis, áreas densamente arborizadas ou regiões com muitos edifícios altos.

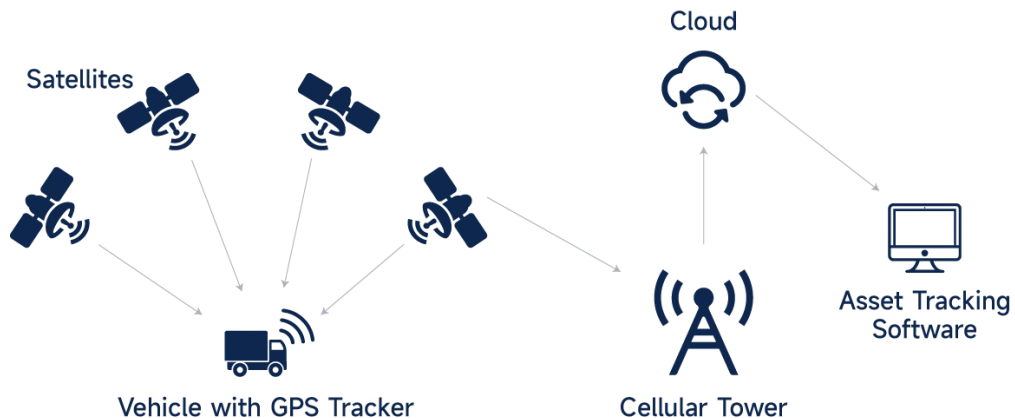


Figura 2 fonte: site Moko Smart

✓ Rastreamento via beacons

Beacons, baseados em Bluetooth Low Energy (BLE), são dispositivos que emitem sinais captados por smartphones ou outros receptores. Estão disponíveis em diferentes tamanhos, cores e formatos, o que os torna adequados para várias aplicações e permitem sua integração discreta e fácil em qualquer ambiente.

As vantagens dos beacons é que eles são econômicos, podem ser instalados com o mínimo de esforço e determinam a posição com precisão de poucos metros. O padrão BLE também é eficiente em termos de energia. Os beacons podem ser usados tanto para aplicações baseadas em cliente (navegação interna) quanto em servidor (rastreamento de activos) (INFISOFT, n.d.).

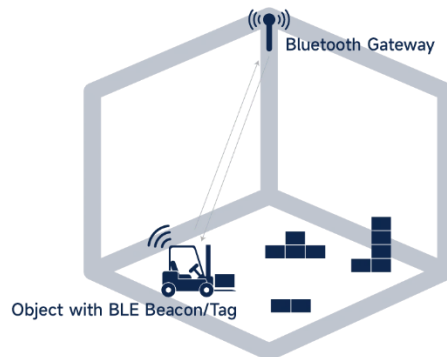


Figura 3 fonte: site Moko Smart

✓ Rastreamento por RFID (Radio Frequency Identification)

A tecnologia RFID utiliza ondas de rádio para identificar e rastrear veículos equipados com etiquetas eletrônicas. RFID existe há décadas, No entanto, permanece amplamente usada hoje e é particularmente útil em sistemas de transporte com rotas fixas, onde leitores instalados em pontos estratégicos captam informações das etiquetas (Finkenzeller, 2010). Embora seja uma solução de baixo custo, sua aplicação é limitada a curtas distâncias.

Existem dois tipos principais de etiquetas RFID: passivo e activo. As etiquetas eletrônicas RFID passivas não têm sua própria fonte de energia. Em vez de, eles confiam no sinal de um leitor de RFID para alimentá-los, eles são usados principalmente para detectar se um activo está presente em uma determinada área. etiquetas RFID activas são movidas a bateria e transmitem continuamente seu próprio sinal, Semelhante aos Beacons Bluetooth. Estes são usados para rastreamento de localização em tempo real.

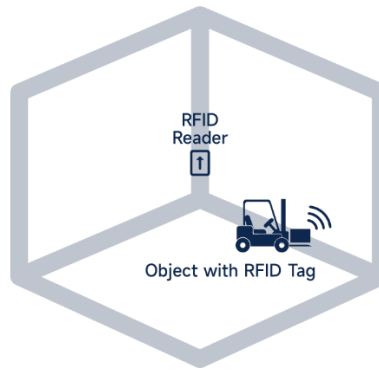


Figura 4 fonte: site Moko Smart

✓ **Rastreamento por sensores IoT**

Os sensores IoT permitem a coleta e transmissão de dados em tempo real por meio de dispositivos conectados à internet. Esses sensores podem monitorar variáveis como localização, velocidade, temperatura e condições do veículo. A integração com plataformas de análise de dados possibilita a geração de relatórios detalhados, auxiliando na tomada de decisões estratégicas (Atzori, Morabito, & Iera, 2010).

✓ **Rastreamento por redes celulares (2G, 3G, 4G, 5G)**

O rastreamento de redes celulares usa infraestrutura celular existente, ou seja, torres de celular, para transmitir dados de localização. Normalmente, depende de sinais triangulares de torres próximas, o que significa que sua precisão depende fortemente da força e disponibilidade de *internet* celular. Em áreas com sinal forte, a precisão da localização pode chegar ao redor 30 metros. Mas se o ativo se mover para zonas com sinal fraco ou sem sinal, o desempenho do rastreamento pode ser limitado em regiões com baixa cobertura de sinal (SMART, 2025).

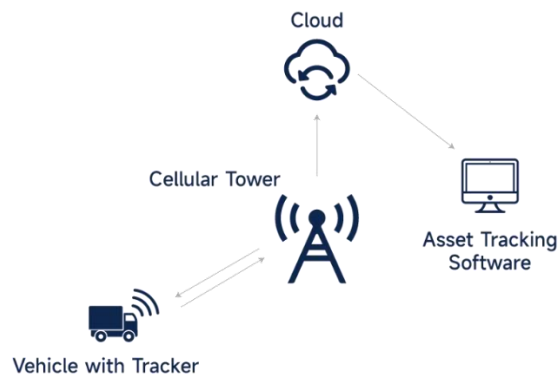


Figura 5 fonte: site Moko Smart

2.3 Identificação das tecnologias móveis usadas no desenvolvimento de soluções para transporte público

Actualmente, a tecnologia móvel é feita por aparelhos conectados à internet, como smartphones, tablets e relógios. São aquelas que permitem uso durante movimentações dos usuários, como o nome sugere.

No contexto do transporte público, essas tecnologias são usadas para proporcionar maior controle sobre as rotas, reduzir atrasos, fornecer dados em tempo real para os passageiros e facilitar o acesso aos serviços por meio de aplicativos móveis. A integração entre hardware e software é essencial para a eficácia dessas soluções.

2.3.1 Hardware

Hardware é a parte física do computador, ou seja, o conjunto de peças e equipamentos que fazem o computador funcionar. De forma geral, o hardware representa o conjunto de dispositivos físicos responsáveis pela colecta, processamento e transmissão de dados (GCFGlobal, n.d.). No que diz respeito ao desenvolvimento de um aplicativo móvel para rastreamento de transportes públicos, o hardware exerce papel crucial na captura de dados em tempo real, localização e interação com o ambiente físico.

| Tecnologia / Componente | Descrição | Aplicação no Transporte Público |
|---|---|--|
| Dispositivos GPS | Equipamentos capazes de receber sinais de satélite para determinar a localização geográfica com precisão. | Instalados nos veículos para rastreamento contínuo da posição em tempo real. |
| Smartphones / Tablets | Dispositivos móveis utilizados para executar a aplicação do motorista ou do passageiro. | Permitem acesso à aplicação, leitura de dados de rota, e comunicação com o servidor. |
| Sensores IoT | Sensores embarcados que colectam dados como velocidade, paradas, temperatura e ocupação. | Fornecem dados complementares para otimizar rotas e monitorar condições do veículo. |
| BLE Beacons | Dispositivos emissores de sinal Bluetooth de baixo consumo energético para detecção de proximidade. | Auxiliam na identificação da chegada ou saída do veículo em pontos específicos ou paragens. |
| Roteadores / Modems 4G/5G e internet Móvel | Equipamentos de conectividade móvel instalados nos veículos, juntamente com acesso à internet móvel. | Garantem a comunicação constante entre o veículo e o servidor, transmitindo dados em tempo real. |

Tabela 1 Tecnologias de Hardware para Aplicações de Rastreamento em Tempo Real.

2.3.2 Software

O software é a base lógica e funcional de toda aplicação digital. De forma geral, o software pode ser considerado como o conjunto dos programas ou aplicativos, de instruções e regras que fazem o dispositivo funcionar (GCFGlobal, n.d.). No que diz respeito ao desenvolvimento de um aplicativo móvel de rastreamento, o software torna-se a peça chave na disponibilização das funcionalidades de localização, visualização, comunicação e gestão. O software é dividido entre aquelas que activam a lógica de processo (backend) e aquelas que representam a interface com o usuário (frontend).

a) Backend

O backend é o conjunto de serviços e sistemas que operam “por de trás” da aplicação. Ele faz a gestão dos dados, regras de negócio, autenticação, armazenamento e comunicação com o frontend. No caso de um sistema de rastreamento de transportes públicos, o backend é responsável por receber e processar as localizações dos veículos, armazenar os dados

históricos, realizar cálculos de tempo estimado de chegada e enviar actualizações para os aplicativos.

| Tecnologia / Componente | Descrição | Aplicação no Transporte Público |
|------------------------------------|--|--|
| Servidor (cloud ou físico) | Ambiente responsável por hospedar a aplicação e processar as requisições. Pode ser escalável. | Armazena, processa e distribui dados de localização e funcionamento do sistema. |
| API de comunicação | Interface que permite a comunicação entre o frontend e o backend através de requisições e respostas. | Transmite dados como localização, alertas, e estado dos veículos entre servidor e aplicativo móvel. |
| Processador de localização | Serviço que interpreta dados geográficos e calcula rotas, tempos estimados e posições em tempo real. | Actualiza dinamicamente a posição dos veículos e gera previsões de chegada para os passageiros. |
| Base de dados em tempo real | Sistema que permite a leitura e escrita de dados de forma instantânea. | Armazena localizações e actualizações em tempo real, visíveis por todos os usuários simultaneamente. |

Tabela 2 Tecnologias de Backend para Aplicações de Rastreamento em Tempo Real. Fonte adaptada pela autora

b) Frontend

O frontend refere-se à camada visual e interativa da aplicação, sendo a parte do sistema com a qual o utilizador final interage directamente. O frontend é a interface gráfica com a qual os passageiros e motoristas interagem. Ele exibe dados de localização, horários, mapas, anúncios, entre outros. Para garantir responsividade, desempenho e usabilidade, o frontend deve ser construído com boas práticas de UX/UI (User experience/User Interface) design e frameworks modernos.

| Tecnologia / Componente | Descrição | Aplicação no Transporte Público |
|---|--|--|
| Frameworks de desenvolvimento mobile | Ferramentas como Flutter ou React Native que permitem criar apps multiplataforma com um único código base. | Facilitam o desenvolvimento ágil e garantem compatibilidade com Android e iOS. |
| Bibliotecas de mapas | APIs gráficas para visualização geográfica, como Google Maps ou Mapbox. | Exibição da localização dos veículos, rotas, paragens e pontos de paragem em tempo real. |
| Interface de usuário (UI) responsiva | Conjunto de componentes visuais com foco em usabilidade e design adaptativo. | Proporciona uma experiência intuitiva e fluida para os passageiros em diferentes tamanhos de tela. |
| Integração com sensores e permissões | Funcionalidade para aceder recursos do dispositivo como GPS e Bluetooth. | Colecta dados de localização do próprio usuário e detecta aproximações a pontos ou veículos. |

Tabela 3 Tecnologias de Frontend para Aplicações de Rastreamento em Tempo Real: Fonte adaptada pela autora

3 Capítulo III – Caso de Estudo

3.1 MetroBus

O MetroBus, é um sistema integrado e intermodal de transportes composta por linhas ferroviárias e linhas de autocarros para complementar as ferroviárias para a Área Metropolitana de Maputo, em Moçambique. É um projecto de uma parceria público-privada entre a empresa Sir Motors, que financiou a aquisição dos equipamentos e os custos de operação e a empresa pública CFM-Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique que é dono da infraestrutura ferroviária e várias unidades administrativas.

O MetroBus começou a operar a 6 de Fevereiro de 2018 com serviços no troço comum das linhas de Goba e Ressano Garcia, da Estação Central de Maputo até à estação da Machava. Na semana seguinte, a 13 de Fevereiro, abriu um novo serviço na linha de Ressano Garcia, da Estação Central de Maputo até à estação da Matola-Gare. O MetroBus foi idealizado para um público de classe média, que possui um poder de compra superior a aquele que utiliza os comboios suburbanos dos CFM, sendo um dos objectivos levar essa classe a deixar o carro em casa. Além da venda de bilhetes para viagem única, foi estabelecido o passe mensal com um preço correspondente ao salário mínimo médio.

O MetroBus conta com uma frota de 100 autocarros, fornecidos pela China, cuja principal função é alimentar o serviço ferroviário. O projecto usa quatro composições ferroviárias, sendo cada uma constituída por uma automotora¹ a diesel e três carruagens com capacidade para 540 passageiros. Essas composições usadas foram adquiridas da Nova Zelândia.

3.2 Sistema actual

O actual sistema, operado pelo metroBus segundo os gestores do mesmo é uma tabela manual com as descrições das rotas e suas paragens com os horários previstos que o transporte passa por cada paragem (Anexo 6). Contudo, tendo como base as entrevistas aplicadas aos utentes do metroBus (Anexo 4) no universo de 65, 58,5% usa o sistema

¹ <https://www.infopedia.pt/dicionarios/lingua-portuguesa/automotora>

descrito e 27,7% recorre a consultas informais de outros utentes, como atesta o grafico abaixo

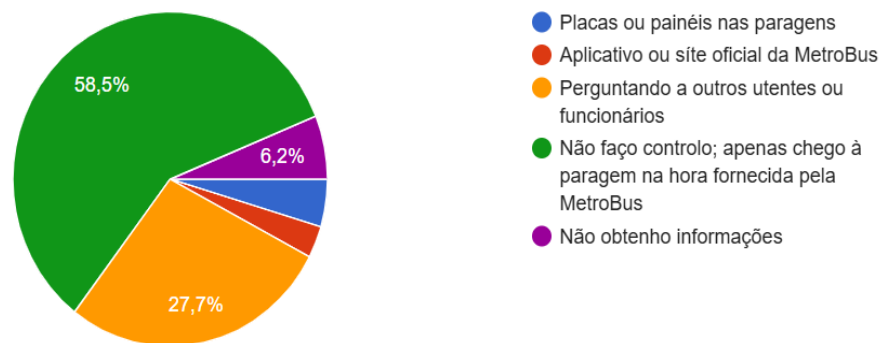


Figura 6 Gráfico percentual de modelo de controlo da chegada dos transportes

Tendo como base a definição do conceito de sistema, o actual mecanismo usado pelo metroBus não se configura como sistema por não preencher os requisitos que o definem. Resultando assim em longos periodos de espera (21,5%) para os utentes nas paragens por falta de uma comunicação eficiente (73,8%) como pode ser confirmado pelos dados do grafico abaixo

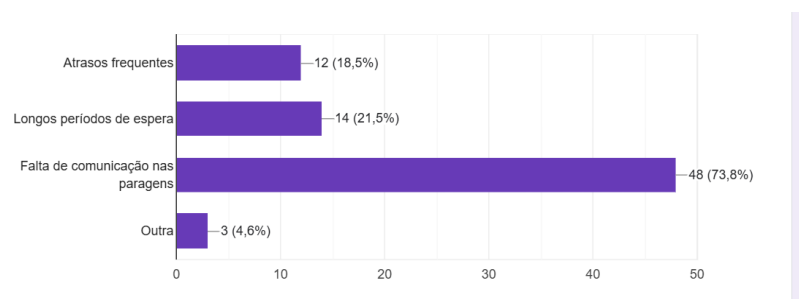


Figura 7: Gráfico Percentual de problemas que os utentes enfrentam com o sistema actual

Dos dados acima demonstrados pode-se ainda mencionar as seguintes implicações aliadas a ineficiência do mecanismo usado pelo metroBus:

- ✓ Falta de informação sobre o motivo de atraso;
- ✓ Falta de informação sobre paragens inesperadas;
- ✓ Falta de comunicação prévia em situações de avarias por parte do MetroBus;
- ✓ Chegada antecipada dos autocarros em relação ao horário previsto, o que pode levar o utente a aguardar na paragem sem saber que o transporte já passou;

- ✓ Falta de controle e mapeamento em tempo real das rotas e localização precisa dos transportes.

Assim sendo, prova-se que o presente mecanismo não responde as necessidades dos utentes do presente sistema. Tornando-se necessário desenvolver as tecnologias de gestão e rastreamento para transporte público. Pode salientar-se que já foram desenvolvidos diferentes sistemas neste âmbito como descrito no capítulo 2, tais como Famba e Txapita, no entanto não estão actualmente em funcionamento. É neste contexto que abaixo desenvolve-se um quadro comparativo de soluções de rastreamento de veículos para o monitoramento de transportes públicos

3.3 Comparação de soluções de rastreamento de veículos para o monitoramento de transportes público

Antes de desenvolver-se os sistemas de soluções de qualquer problema social é fundamental estabelecer uma comparação com vista a aferir a vantagem e a desvantagem do selecionado. O presente estudo buscou apresentar diferentes soluções para determinar a que melhor responde o rastreamento e monitoramento de transportes públicos. Pois, segundo os gestores do metroBus é indispensável o uso de um aplicativo, no entanto, este deve obedecer os seguintes critérios: precisão, facilidade de implementação, compatibilidade com Android e IOS, segurança de dados e acessibilidade para os usuários. Foi neste contexto, que se elaborou a tabela abaixo para melhor determinar a solução que responde os desafios dos utentes do metroBus.

| Solução de Rastreamento | Vantagens | Desvantagens | Aplicabilidade no MetroBus |
|---------------------------|---|---|--|
| GPS com GPRS/3G/4G | Alta precisão, ampla cobertura, integração com aplicativos | Custo alto de instalação e manutenção; depende da rede móvel | Viável, considerando a cobertura 3G/4G em Maputo |
| Smartphone com Aplicativo | Baixo custo, fácil implementação e actualização | Dependência da bateria e sinal do telefone; menor controle técnico | Altamente recomendada como solução acessível e escalável |
| Dispositivos IoT | Monitoramento avançado, coleta de múltiplos dados | Elevado custo inicial, exige infraestrutura avançada | Pouco viável no momento; alto custo e complexidade |
| RFID e pontos fixos | Simplicidade, baixo consumo, útil para registos de passagem | Não oferece rastreamento em tempo real; precisa de sensores físicos | Aplicação limitada; pode ser complementar |

Tabela 4: Tabela comparativa de soluções de rastreamento de veículos

Tendo como base os critérios de selecção propostos pela gestão do metroBus, conjugado com a necessidade dos utentes propõe-se como solução o “*Smartphone com Aplicativo*” de rastreamento em tempo real dos transportes do metroBus por mostrar-se o mais eficiente e eficaz.

3.4 Proposta da solução

Diante da necessidade de melhorar a experiência dos usuários dos transportes do MetroBus, foi proposto o desenvolvimento de um aplicativo móvel de rastreamento de transportes em tempo real para mitigar os constrangimentos actualmente enfrentados pelos utentes. Este aplicativo visa melhorar a experiência dos utentes e fornecer informações actualizadas sobre a localização dos veículos e contribuir com a eficiência do serviço. Esta proposta fundamenta-se no uso de tecnologias móveis e foi concedida de acordo com os requisitos detectados na análise da pesquisa de campo, com atenção a possíveis restrições ou limitações do ambiente de implementação.

3.5 Tecnologias empregues no desenvolvimento da solução

| Tecnologia/ Ferramenta | Denominação | Descrição | Justificativa |
|---------------------------|---|---|---|
| React Native | Framework de Desenvolvimento Mobile | O React Native é um framework de código aberto baseado em JavaScript que permite o desenvolvimento de aplicações móveis nativas para Android e iOS utilizando a mesma base de código. | Possibilita um desenvolvimento mais rápido, reutilização de código entre plataformas e uma interface nativa com boa performance. |
| Node.js | Ambiente de execução JavaScript | Node.js é um ambiente de execução assíncrono baseado em eventos, que permite construir aplicações em JavaScript no lado do servidor. | É eficiente, leve, e ideal para aplicações em tempo real, como APIs e serviços que lidam com muitos pedidos simultâneos. |
| MongoDB | Base de dados NoSQL | MongoDB é uma base de dados orientado a documentos, que armazena dados em formato JSON flexível. | Oferece alta escalabilidade, boa performance em leitura e escrita, e integração directa com aplicações JavaScript via Mongoose. |
| Visual Studio Code | IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) | Editor de código-fonte leve e extensível, com suporte a JavaScript, Node.js e React Native, além de uma vasta galeria de extensões. | Permite agilidade no desenvolvimento, possui suporte para debug, terminal integrado e plugins úteis para projectos em React Native e Node.js. |

Tabela 5: Tecnologias Empregues no Desenvolvimento da Solução

4 Capítulo IV – Desenvolvimento da Solução Proposta

4.1 Análise e definição de requisitos

A fase de levantamento e análise de requisitos desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de sistemas eficazes, que envolve a colecta de dados para compreender as necessidades e as expectativas dos utentes do MetroBus e os requisitos operacionais do sistema junto dos seus utentes e entidades responsáveis pela operação do serviço. Essa análise inclui a identificação dos grupos de interesse, prioridades dos requisitos e identificação de requisitos funcionais e não funcionais.

4.1.1 Grupos de interesse

Os grupos de interesses são indivíduos, organizações ou entidades que têm interesse directo ou indirecto no desenvolvimento, implementação ou uso de um sistema, podendo influenciar ou ser influenciados por ele (Freeman, 2010). Os principais grupos de interesses envolvidos no sistema de rastreamento do MetroBus são descritos a seguir, com base em sua relação com o sistema e os desafios operacionais da MetroBus:

- **Utentes (Passageiros):** os utentes são os utilizadores finais do aplicativo, representando os passageiros que utilizam o MetroBus para deslocamentos diários em Maputo e Matola. Este grupo deseja rastrear os transportes em tempo real, obter informações precisas sobre horários de chegada e planejar suas viagens de forma eficiente.
- **Motoristas do MetroBus:** este grupo inclui os motoristas que operam os transportes e outros operadores responsáveis pela execução das rotas. Eles interagem com o sistema para reportar localizações (ex.: através de um aplicativo para partilhar a localização) e seguir rotas pre-definidas adicionadas pela gestão do metroBus. Suas necessidades incluem equipamentos de rastreamento simples, que não interfiram nas actividades de condução.
- **Gestores do Metrobus:** os gestores do MetroBus são responsáveis pela gestão da frota do MetroBus, incluindo a manutenção, planeamento de rotas e integração do

aplicativo com os sistemas operacionais existentes. Este grupo busca melhorar a eficiência operacional.

4.1.2 Requisitos do sistema

a) Prioridades

Os requisitos do sistema serão priorizados com base em sua importância e impacto nas funcionalidades e no desempenho geral do Aplicativo móvel de rastreamento de transportes para os utentes do MetroBus. Para este trabalho, as prioridades dos requisitos serão categorizadas como essencial, importante e desejável para definir a prioridade de cada requisito. Esses termos podem ser descritos da seguinte forma:

- **Essencial** – é o tipo de requisito mais importante, ou seja, é indispensável para o funcionamento do sistema e sua finalidade. Este tipo de requisito encontra-se no topo de prioridades de implementação.
- **Importante** – é necessário para o funcionamento do sistema, caso não seja implementado, o sistema continua a funcionar, mas de maneira não satisfatória.
- **Desejável** – é o tipo de requisito que é tido como um extra ao sistema. Sem sua implementação, o sistema continua a funcionar sem sobressaltos.

b) Requisitos funcionais

São declarações de serviços que o sistema deve fornecer, de como o sistema deve reagir a entradas específicas e de como o sistema deve funcionar em determinadas situações. Em alguns casos, os requisitos funcionais também podem explicitar o que o sistema não deve fazer (Sommerville, 2011).

| ID | Requisito | Descrição | Prioridade |
|------|---|--|------------|
| RF01 | O sistema deve permitir que o utilizador faça login para aceder as funcionalidades. | O utilizador deve inserir suas credenciais (email e senha) para ser autenticado e, assim, ter acesso as funcionalidades segundo a sua função | Essencial |

| | | | |
|-------------|---|--|------------|
| RF02 | O aplicativo deve permitir que o motorista visualize uma lista de todos os transportes com a respectiva rota. | Após o login, o motorista pode visualizar todos os transportes com a respectiva rota na plataforma para selecionar aquela na qual deseja operar | Essencial |
| RF03 | O aplicativo deve permitir que o motorista selecione um transporte e partilhe sua localização em tempo real. | O motorista seleciona o transporte e partilha a sua localização que é transmitida em tempo real para os utentes através do aplicativo. | Essencial |
| RF04 | O aplicativo deve permitir ao utente inserir um destino | O utente pode inserir um destino no aplicativo, e o aplicativo retorna uma lista de rotas que passam pelo destino inserido. | Essencial |
| RF05 | O aplicativo deve permitir a visualização de todas as rotas para o utente | Uma aba que permite ao utente visualizar todas as rotas disponíveis e aceder os detalhes de cada uma | Essencial |
| RF06 | O aplicativo deve permitir a exibição de detalhes da rota para o utente | Caso o utente seleccione uma rota, o sistema exhibe: <ul style="list-style-type: none"> • Todas as paragens da rota; • Horários de partida, origem e destino da rota. • Opção de ver no mapa • Anúncio relacionado a essa rota | Essencial |
| RF07 | O aplicativo deve permitir a Visualização no Mapa para o utente | Ao clicar em um botão, o utente pode visualizar no mapa: <ul style="list-style-type: none"> • A paragem mais proxima num raio de 3km da sua localização actual; e • A rota que o transporte vai percorrer • As paragens da rota | Importante |
| RF08 | O aplicativo deve permitir o Rastreamento em Tempo Real para o utente | Durante o horário de funcionamento, o sistema verifica a localização do transporte em tempo real | Essencial |

| | | | |
|-------------|--|---|------------|
| RF09 | O aplicativo deve estimar o tempo de chegada do transporte em todas paragens. | O sistema calcula a estimativa da hora de chegada do veículo com base na velocidade do veículo ou valores pré-definidos caso não haja partilha de localização | Essencial |
| RF10 | O aplicativo deve permitir a visualização de anúncios | Uma aba exibe anúncios sobre atrasos, avarias ou outros eventos relevantes. | Essencial |
| RF11 | O aplicativo deve permitir a visualização de comentários associados a cada anúncio | Os utentes podem ler comentários de outros utentes sobre determinado anúncio e verificar rota relacionada ao anúncio | Importante |
| RF12 | O aplicativo deve permitir que os utentes adicionem comentários aos anúncios | Os utentes podem interagir com os anúncios, deixando comentários ou relatos que complementem a informação oficial divulgada. | Desejável |
| RF13 | O aplicativo deve permitir visualizar no mapa todos os transportes activos | Os utentes podem visualizar todos os transportes que estejam a transmitir a localização em tempo real de uma vez no mapa | Desejável |

Tabela 6: Tabela de Requisitos funcionais

c) Requisitos não funcionais

Os requisitos não funcionais, como o nome sugere, são aqueles que não estão directamente relacionados com os serviços específicos oferecidos pelo sistema a seus utilizadores. Eles podem estar relacionados às propriedades emergentes do sistema, como confiabilidade, tempo de resposta e ocupação da área. Uma alternativa a esse cenário seria os requisitos definirem restrições sobre a implementação do sistema, como as capacidades dos dispositivos de entrada e saída ou as representações de dados usadas nas interfaces com outros sistemas (Sommerville, 2011).

| ID | Requisito | Descrição | Prioridade |
|-------|---------------------------------------|---|------------|
| RNF01 | Desempenho do Rastreamento Tempo Real | O sistema deve actualizar a localização do transporte em tempo real com uma latência máxima de 10 segundos. | Essencial |
| RNF02 | Experiência do Utilizador | A experiência de uso do sistema deve ser intuitiva e acessível, permitindo uma navegação fluida mesmo por utilizadores sem conhecimentos técnicos avançados.. | Essencial |
| RNF03 | Disponibilidade do Sistema | O aplicativo deve estar disponível 99,5% do tempo, excepto durante manutenções programadas. | Importante |
| RNF04 | Compatibilidade com Dispositivos | O aplicativo deve ser compatível com dispositivos Android e IOS | Essencial |
| RNF06 | Escalabilidade | O sistema deve suportar até 10.000 utilizadores simultâneos sem degradação significativa no desempenho. | Importante |
| RNF07 | Precisão das Estimativas | As estimativas de tempo e distância (para paragens e horários) devem | Importante |

ter uma margem de erro inferior a 10%.

Tabela 7: Tabela de Requisitos Não Funcionais

d) Diagrama de caso de uso

A figura abaixo apresenta o Diagrama de Casos de Uso do sistema, o qual descreve, de forma visual, as principais interações entre os utilizadores (utentes e motoristas) e as funcionalidades disponibilizadas pela aplicação. Este diagrama permite compreender os limites do sistema, os actores envolvidos e os serviços oferecidos a cada tipo de utilizador.

Para cada um dos casos de uso representados graficamente, foram elaboradas tabelas descritivas, contendo informações detalhadas como: nome, descrição, actor, prioridade, pré-condições, pós-condições, fluxos principais e fluxos alternativos. Estas tabelas encontram-se compiladas no Anexo 1.

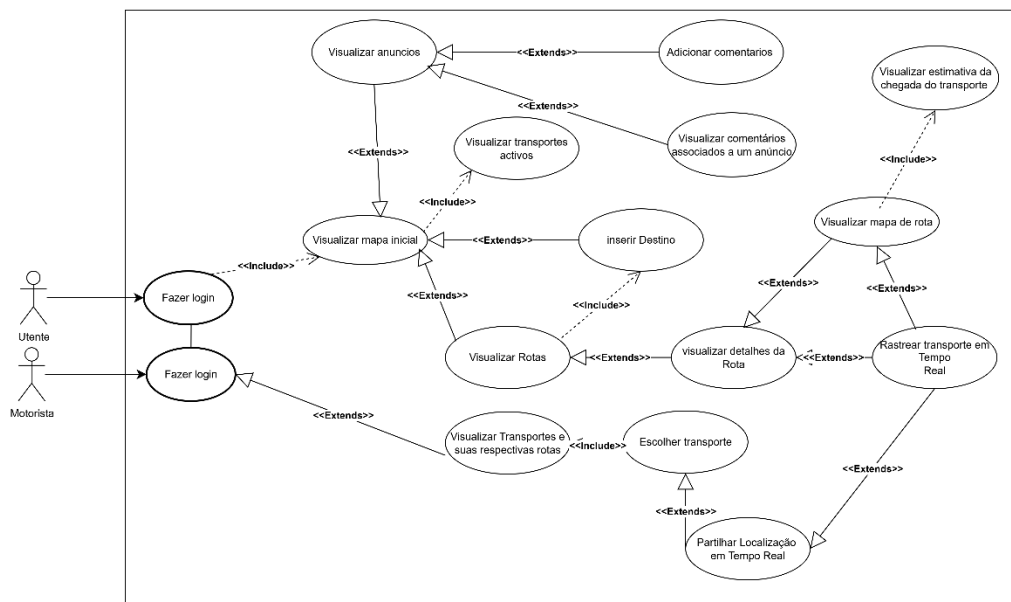


Figura 8 Diagrama de caso de uso

4.2 Projecto de sistema e software

De acordo com Sommerville (2011), a fase de projecto de sistema e software é uma etapa crítica no desenvolvimento de sistemas, onde os requisitos levantados são transformados em uma estrutura técnica que orienta a implementação do software. Esta fase envolve a definição da arquitetura do sistema, garantindo que o produto atenda às necessidades dos utilizadores e seja viável em termos técnicos e operacionais. Para o desenvolvimento do aplicativo para o MetroBus, o projecto de sistema buscou garantir uma estrutura modular, reutilizável e escalável, capaz de suportar comunicação em tempo real entre motoristas e utentes, além de fornecer uma interface intuitiva.

4.2.1 Arquitetura do sistema e software

A arquitetura do sistema, segundo Sommerville (2011), define a estrutura e a organização dos componentes do software e sua interação com o hardware. A arquitetura proposta é composta por três camadas, nomeadamente, a camada de apresentação, a camada de negócio e a camada de dados.

Na camada de apresentação encontra-se a aplicação movel utilizadas pelos utentes e motoristas desenvolvida usando react-native.js, sendo o meio através do qual os utilizadores interagem com o sistema. Esta camada é responsável por apresentar as informações ao utente, como a localização dos transportes, rotas disponíveis, notificações e estimativas de chegada, bem como pela recolha de comentários e interações do utilizador.

Na camada de negócio está concentrada a lógica central da aplicação, incluindo os serviços responsáveis pelo processamento e gestão dos dados solicitados na camada de apresentação, gestão das localizações partilhadas pelos motoristas e a integração com o sistema de gestão do MetroBus. Esta camada também contém as regras de negócio e expõe APIs consumidas pela camada de apresentação que foram desenvolvidas com nodejs.

Por fim, a camada de dados é composta pela base de dados mongoDB responsável pelo armazenamento das informações do sistema, como rotas, paragens, notificações e comentários. Esta camada também realiza a integração com sistemas e serviços externos,

como o sistema de gestão do MetroBus, que fornece dados administrativos e operacionais utilizados pela aplicação.

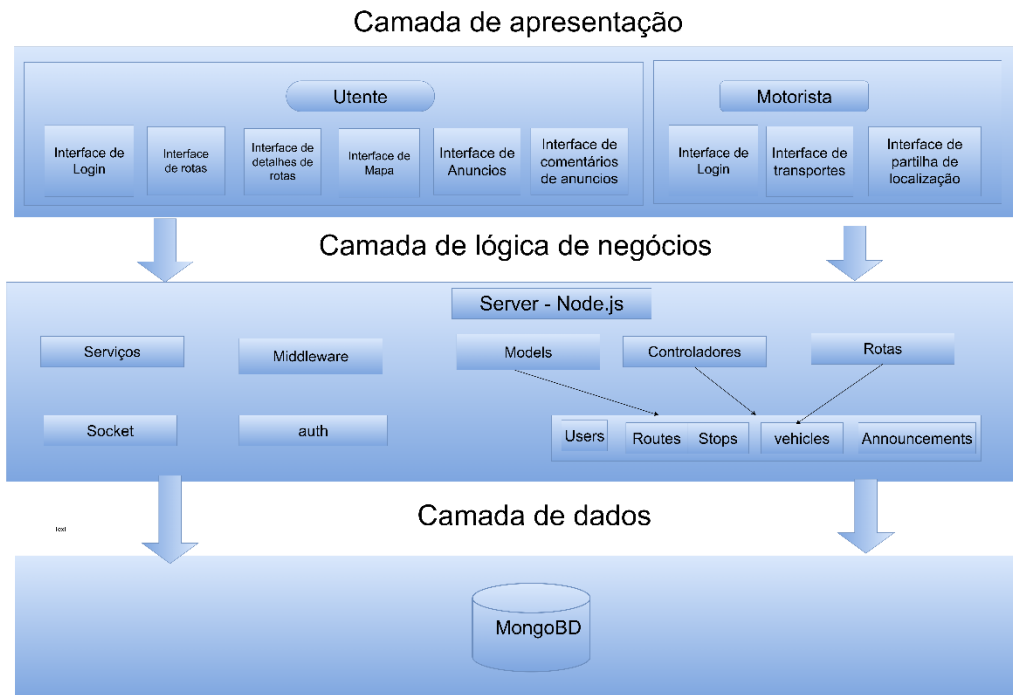


Figura 9 Arquitetura de software

4.2.2 Diagrama de lógica de base de dados

O diagrama de lógica de base de dados tem como objectivo representar de forma estruturada as entidades, atributos e os relacionamentos necessários para o funcionamento do sistema. Ele serve como uma visão intermediária entre a análise de requisitos e a implementação efectiva da base de dados, permitindo validar a organização das informações e garantir a integridade dos dados. Diferente dos modelos relacionais, o MongoDB adopta uma estrutura orientada a documentos, permitindo maior agilidade no desenvolvimento e integração com APIs.

O diagrama apresentado reflete a modelagem lógica das coleções e seus relacionamentos, definindo a estrutura que será utilizada para armazenar informações como usuários, rotas, transportes, comentários, anúncios e registros de rastreamento em tempo real. Essa modelagem garante que os dados sejam organizados de forma eficiente, evitando

redundâncias e assegurando que as consultas e operações de escrita sejam rápidas e seguras.

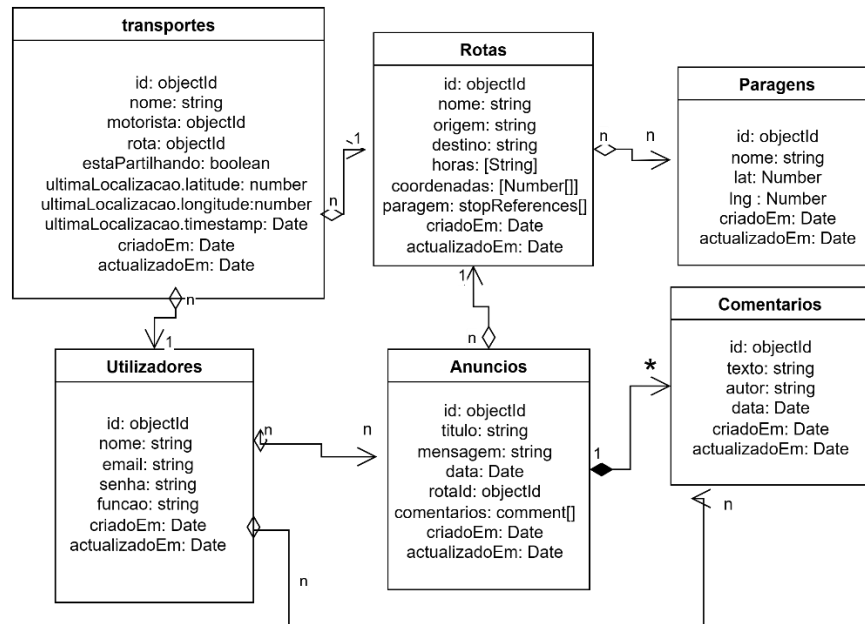


Figura 10 Diagrama de logica de base de dados

4.2.3 Diagrama de classes

O diagrama de classes é um dos principais artefactos da modelagem orientada a objectos, pois descreve a estrutura estática do sistema, identificando as classes, seus atributos, métodos e os relacionamentos entre elas. Esse diagrama possibilita visualizar como os elementos do sistema estão organizados e como interagem entre si, servindo como base para a implementação no código-fonte.

No contexto deste projecto, o diagrama de classes foi elaborado a partir da análise dos requisitos funcionais e não funcionais, refletindo a lógica do negócio e a forma como os dados e operações são encapsulados nas diferentes partes do sistema. Ele permite compreender de maneira clara as responsabilidades de cada classe, bem como suas associações, generalizações e dependências.

A modelagem apresentada representa entidades como usuário, transporte, paragem (Stop), rota, anúncio e comentário, além de suas interações. O diagrama também estabelece as

relações entre essas entidades, definindo cardinalidades e dependências necessárias para garantir consistência e coerência no desenvolvimento.

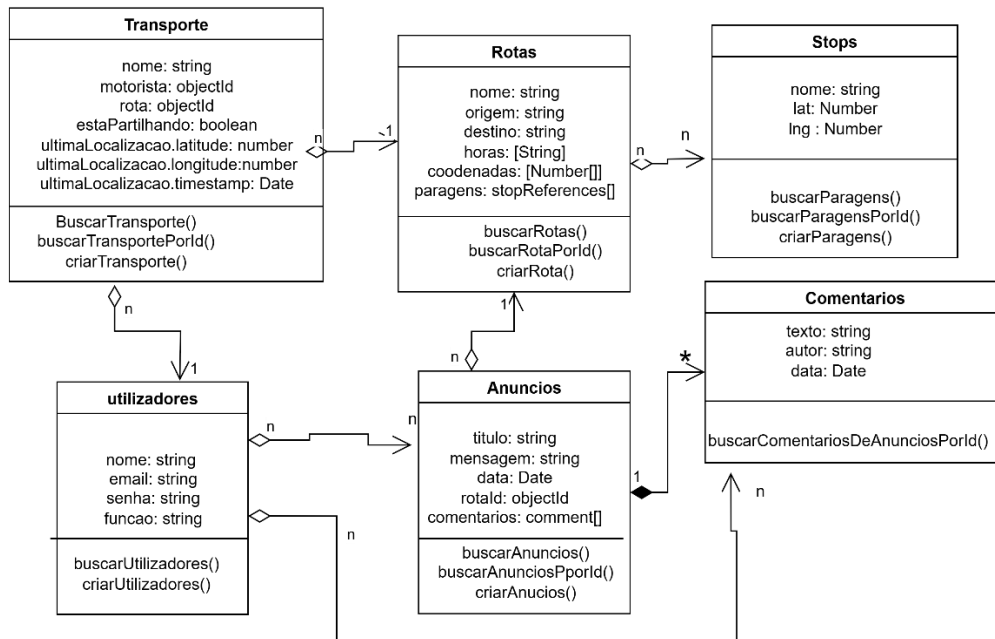


Figura 11 Diagrama de classes

4.2.4 Diagrama de seqüências

Os diagramas de seqüência descrevem, de forma temporal, a troca de mensagens entre actores (Utente e Motorista) e componentes do sistema. O objectivo é evidenciar a ordem dos eventos, os pontos de integração e as dependências entre camadas, a partir dos casos de uso definidos.

Os fluxos foram derivados directamente dos requisitos funcionais e dos casos de uso correspondentes. Para cada caso, o diagrama documenta: pedido do utilizador, validações no backend, consultas/actualizações à base de dados e resposta ao cliente. Abaixo é apresentado o diagrama do caso de uso rastrear transporte em tempo real e os diagramas de seqüência dos restantes casos de uso encontram-se compilados no Anexo 3, mantendo o mesmo padrão de modelação e notação.

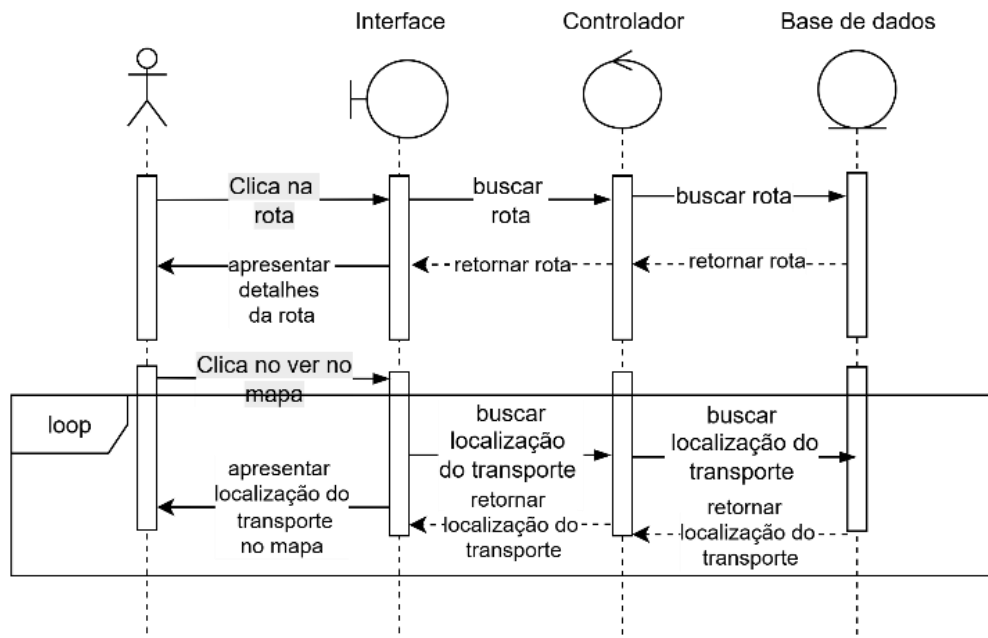


Figura 12 Diagrama de sequencias

4.3 Implementação e teste unitário

A fase de Implementação e Teste Unitário é dedicada à codificação dos componentes do sistema e à verificação individual do funcionamento de cada parte do software. Após a etapa de projecto detalhado, os programadores iniciam a construção do sistema através da escrita do código executável, respeitando os padrões e boas práticas estabelecidos.

4.3.1 Implementação

A fase de implementação deste projecto envolveu a construção dos componentes principais da aplicação, distribuídos entre o frontend, desenvolvido com *React Native*, e o backend, implementado com *Node.js*. Ambos os ambientes foram escolhidos pela sua flexibilidade, comunidade activa e ampla documentação, factores fundamentais para o desenvolvimento eficiente e modular de aplicações móveis modernas.

a) Frontend – React Native

Para o desenvolvimento da interface do utilizador, optou-se por utilizar o *framework* React Native, dada a sua capacidade de criar aplicações nativas multiplataforma (iOS e Android) com uma única base de código. A documentação oficial utilizada como referência encontra-se disponível em: <https://reactnative.dev/docs/getting-started>

Criação do projecto

```
PS C:\Users\Winje\desktop\Faculdade de Engenharia\1 semestre 2024\Trabalho de conclusao de curso> npx create-expo-app@latest metroBus
Need to install the following packages:
create-expo-app@3.4.2
Ok to proceed? (y) y

Creating an Expo project using the default template.

To choose from all available templates (https://github.com/expo/expo/tree/main/templates) pass in the --template arg:
$ npx create-expo-app --template

To choose from all available examples (https://github.com/expo/examples) pass in the --example arg:
$ npx create-expo-app --example
```

Figura 13 Execução de comando para criar projecto em React native

Antes de qualquer implementação, a estrutura do projecto React Native encontrava-se minimalista, contendo apenas os ficheiros básicos de configuração e o componente principal App.js. A imagem abaixo ilustra essa estrutura inicial:

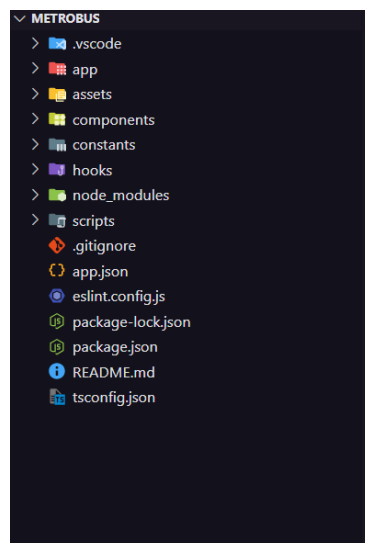


Figura 14 Estrutura inicial do projecto

Após o desenvolvimento do aplicativo, a estrutura do frontend foi reorganizada e enriquecida com a adição de várias ferramentas e bibliotecas que proporcionaram maior modularidade,

reutilização de código e facilidade de manutenção. A estrutura final apresenta os seguintes principais directórios e ficheiros:

- components/: Componentes reutilizáveis como o button e input
- screens/: Interfaces das páginas
- services/: Serviços de comunicação com o backend sockets, routes, announcements, stops e vehicles;
- hooks/: Hooks personalizados, incluindo o DriverLocation, UserLocation;

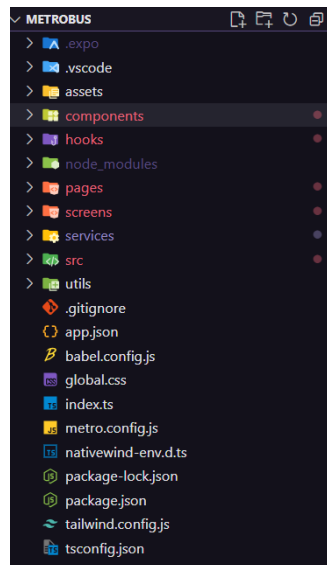


Figura 15 Estrutura final do projecto

Um dos elementos centrais da aplicação é a localização em tempo real do utente, funcionalidade esta que permite ao sistema calcular e apresentar a paragem de autocarro mais próxima. Para tal, foi utilizado um *hook* de geolocalização personalizado com o auxílio da biblioteca expo-location, conforme o exemplo abaixo:

```

1 import * as Location from "expo-location";
2 import { useEffect, useState } from "react";
3
4 const useLocation = () => {
5   const [errorMsg, setErrorMsg] = useState("");
6   const [latitude, setLatitude] = useState(-25.96120065344693);
7   const [longitude, setLongitude] = useState(32.577502764749426);
8
9   const getUserLocation = async () => {
10    let { status } = await Location.requestForegroundPermissionsAsync();
11
12    if (status !== "granted") {
13      setErrorMsg("Não tem permissão para usar a localização");
14      return;
15    }
16
17    let { coords } = await Location.getCurrentPositionAsync();
18
19    if (coords) {
20      const { latitude, longitude } = coords;
21      setLatitude(latitude);
22      setLongitude(longitude);
23    }
24  };
25
26   useEffect(() => {
27     getUserLocation();
28   }, []);
29   return { latitude, errorMsg, longitude };
30 };
31 export default useLocation;

```

Figura 16 Hook para ter a localização do utente

Adicionalmente, para a visualização da posição do utilizador, do transporte, das rotas e paragens no mapa, foi integrado o componente Map da biblioteca react-native-maps, o qual permite adicionar marcadores e controlar a posição. O código simplificado para essa funcionalidade está apresentado a seguir:

```

<Map
  style={StyleSheet.absoluteFill}
  initialRegion={{
    latitude: coordinate.latitude,
    longitude: coordinate.longitude,
    latitudeDelta: 0.005,
    longitudeDelta: 0.005,
  }}
  >
  <Marker coordinate={coordinate} title="Você" />
  {Object.entries(drivers).map(([vehicleId, coords]: any) => (
    <Marker
      key={vehicleId}
      coordinate={{
        latitude: coords.latitude,
        longitude: coords.longitude,
      }}
      title={vehicleId}
      image={require("../assets/pin-marker.png")}
    />
  ))}
</Map>

```

Figura 17 Código para visualização da localização no mapa

b) Backend – Node.js

Para o backend da aplicação, foi adoptada a tecnologia Node.js, com a utilização do *framework* Express.js para facilitar a criação e gestão das rotas e controladores de API. A escolha por esta stack deve-se à sua leveza, desempenho assíncrono e integração nativa com o MongoDB. A documentação de referência está disponível em: <https://expressjs.com>.

Inicialmente, a estrutura do backend apresentava-se com os ficheiros básicos:

- server.js: ponto de entrada da aplicação;
- package.json: gestão de dependências.

A imagem abaixo representa a inicialização do projecto o comando `npm init` e a seguir foi feita a instalação do Express. Nesta fase inicial, o projecto ainda não contém lógica de negócio, apresentando apenas os ficheiros essenciais.

```
PS C:\Users\Winje\Desktop\Faculdade de Engenharia\1 semestre 2024\Trabalho de conclusao de curso\backend-metroBus> npm init -y
Wrote to C:\Users\Winje\Desktop\Faculdade de Engenharia\1 semestre 2024\Trabalho de conclusao de curso\backend-metroBus\package.json:

{
  "name": "backend-metrobus",
  "version": "1.0.0",
  "main": "index.js",
  "scripts": {
    "test": "echo \"Error: no test specified\" && exit 1"
  },
  "keywords": [],
  "author": "",
  "license": "ISC",
  "description": ""
}
```

Figura 18 Inicialização do projecto no backend

A instalação do express permitiu configurar o servidor HTTP e definir as rotas da API de forma eficiente, fornecendo a base para o desenvolvimento das funcionalidades backend da aplicação. A seguir à instalação, foi criada uma configuração simples do servidor no ficheiro server.js

Após o desenvolvimento das funcionalidades principais, a estrutura do backend evoluiu para conter os seguintes elementos:

- routes/: definição das rotas da API (e.g., /paragens, /utilizadores);
- controllers/: lógica de controlo associada a cada rota;
- models/: modelos de dados definidos com Mongoose;

- config/: configuração da ligação à base de dados;
- middlewares/: validações e controlos de autenticação.
- Services/: conexão com sockets

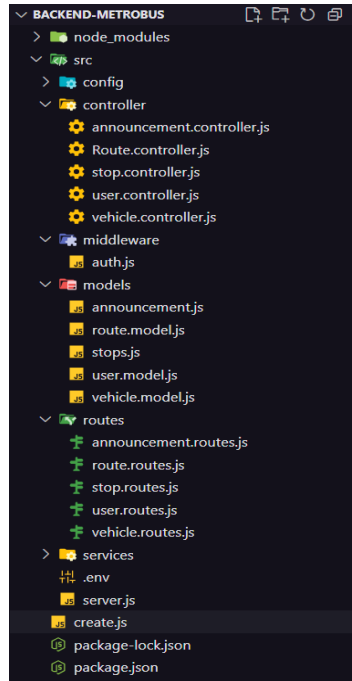


Figura 19 Estrutura final do porjecto no backend

No que diz respeito à base de dados, foi utilizado o MongoDB, tendo como interface de modelação o pacote Mongoose, o qual permite definir esquemas de dados com regras específicas. Este recurso é essencial para garantir integridade e coerência dos dados manipulados pela API. Um exemplo da definição de um modelo de "Rotas" é apresentado abaixo:

```

const mongoose = require("mongoose");

const StopSchema = new mongoose.Schema({
  stopId: {
    type: mongoose.Schema.Types.ObjectId,
    ref: "Stop",
    required: true,
  },
  order: { type: Number, required: true },
});

const RouteSchema = new mongoose.Schema(
  {
    name: { type: String, required: true },
    origin: { type: String, required: true },
    destination: { type: String, required: true },
    stops: [StopSchema],
    hours: [String],
    coordinates: [
      {
        type: [Number],
        required: true,
        validate: {
          validator: (arr) => arr.length === 2,
          message: "Cada coordenada deve conter [lng, lat]",
        },
      },
    ],
  },
  { timestamps: true }
);

module.exports = mongoose.model("Route", RouteSchema);

```

Figura 20 Models de rotas

4.4 Integração e teste do sistema

Após a conclusão da implementação e validação individual de cada módulo, foi iniciada a fase de integração e teste do sistema, conforme descrito por Sommerville (2011). A fase de integração e teste de sistema consistiu na junção dos componentes desenvolvidos (frontend e backend) e na verificação do seu funcionamento como um sistema coeso e funcional. Este processo incluiu a preparação do ambiente de execução, definição da arquitetura de implantação e execução de testes de integração para garantir a comunicação fluída entre os módulos da aplicação.

4.4.1 Arquitectura de implantação

O diagrama abaixo ilustra a arquitectura de implantação adoptada:

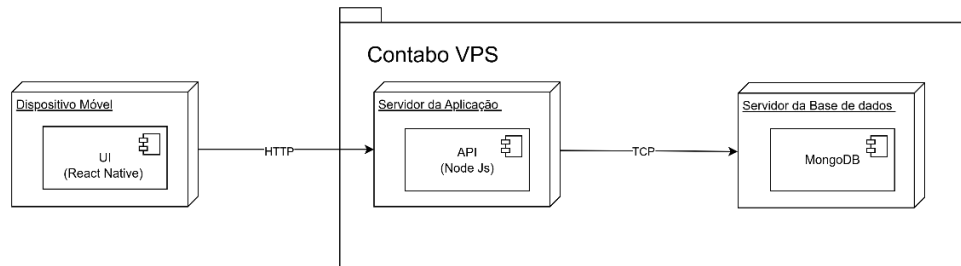


Figura 21 Arquitectura de implantação

Para garantir a disponibilidade, escalabilidade e segurança da aplicação de rastreamento de transportes, optou-se pela hospedagem do backend e da base de dados em um Servidor Privado Virtual (VPS) da Contabo. A escolha baseia-se no custo-benefício oferecido pelo provedor, na flexibilidade de configuração e no desempenho adequado para aplicações que exigem comunicação em tempo real.

O diagrama de implantação apresentado ilustra a arquitetura final em ambiente de produção. No lado do cliente, encontra-se o aplicativo móvel desenvolvido em React Native, responsável pela interface com o usuário e comunicação via protocolo HTTP com o servidor.

No VPS da Contabo, foram definidos dois módulos principais:

- Servidor de Aplicação: responsável por hospedar a API desenvolvida em Node.js com Express, que processa requisições, aplica regras de negócio e interage com a base de dados.
- Servidor de Base de Dados: dedicado ao armazenamento das informações no MongoDB, incluindo dados de transportes, rotas, usuários, anúncios e comentários. Esse servidor se comunica com a aplicação via protocolo TCP, garantindo integridade e consistência dos dados.

A utilização do VPS permite controle total do ambiente, possibilitando a instalação de dependências específicas, configuração personalizada de rede e adoção de práticas de segurança, autenticação reforçada e *backups* automáticos.

4.4.2 Testes do sistema

Durante o desenvolvimento do sistema, foram realizados testes funcionais com o objectivo de validar os principais fluxos de uso da aplicação, assegurando que cada funcionalidade implementada estivesse de acordo com os requisitos previamente definidos.

À medida que cada caso de uso era concluído, procedia-se à execução de testes específicos para verificar o seu correcto funcionamento, tanto de forma isolada quanto integrada com os demais componentes do sistema. O foco principal dos testes foi garantir que as interacções entre o utilizador (utente ou motorista), a aplicação e os dados fossem realizados de forma eficiente, coerente e segura. Foram considerados diversos cenários, incluindo entradas válidas, inválidas, falhas de rede e permissões do dispositivo.

Abaixo apresenta-se uma tabela contendo a descrição de um dos principais casos de teste funcionais executados durante o processo de validação do sistema. Os demais casos de teste encontram-se documentados no Anexo 2, que apresenta de forma detalhada todos os cenários testados.

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|------------------------------|-------------------|---|
| Inserção válida de destino | Destino existente | Sistema exibe rotas que passam pelo destino |
| Inserção de destino inválido | Texto aleatório | Mensagem: 'Nenhuma rota encontrada' |

Tabela 8 casos de testes de Inserir destino

4.4.3 Cronograma de implementação e entrega do sistema

A implantação refere-se à instalação efectiva do sistema em seu ambiente de produção, incluindo os dispositivos móveis dos motoristas e os servidores ou serviços de backend responsáveis pelo processamento e disponibilização dos dados de localização em tempo real. Esta fase envolve:

- ✓ A distribuição de dispositivos moveis para o aplicativo de rastreamento em tempo real;
- ✓ Disponibilização do aplicativo para os utentes na loja de aplicativos;
- ✓ Treinamento dos motoristas e pessoal de apoio técnico.

O tempo estimado para esta fase é de dois meses, conforme demonstrado na Tabela a seguir:

| Mes | Primeiro Mês | | | | | Segundo Mês | | |
|-------------------------------|--------------|---|---|---|---|-------------|---|---|
| semana | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Início do projecto | X | | | | | | | |
| Planeamento da Rota e Mapas | | X | | | | | | |
| Desenvolvimento do aplicativo | | | X | X | X | | | |
| Instalação e Configuração | | | | | | X | | |
| Testes do aplicativo | | | | | | | X | |
| Entrega do sistema | | | | | | | | X |

Tabela 9 Cronograma de implementação e entrega do sistema

4.5 Operação e manutenção

A fase de Operação e Manutenção constitui uma etapa contínua e crucial no ciclo de vida do aplicativo móvel de rastreamento de transportes do MetroBus. Essa fase garante que, após a implementação do sistema, todas as funcionalidades sejam mantidas de forma estável, segura e eficiente para os utentes e operadores.

Após o desenvolvimento e a fase de testes, o sistema entra em funcionamento em tempo real, exigindo monitoramento constante, manutenção proactiva, colecta de dados e possíveis actualizações.

4.5.1 Manutenção proactiva e preventiva

A manutenção proactiva e preventiva desempenha um papel importante na protecção da continuidade operacional e da confiabilidade do sistema de rastreamento do MetroBus. Esta

etapa procura antecipar falhas, evitar interrupções indesejadas e assegurar que os componentes do sistema operem dentro dos parâmetros esperados.

A manutenção proactiva implica monitoramento constante de desempenho, análise de logs, verificação de condições dos dispositivos de rastreamento e revisão dos serviços backend, a fim de detectar sinais de desgaste ou mau funcionamento antes que eles afectem a experiência do utilizador. A manutenção preventiva se refere à proteção do sistema mediante intervenções periódicas planeadas, tais como: limpeza de dados, verificação de sensores, actualização de software e validação de integrações com APIs externas.

| Tipo de Manutenção | Responsável | Recursos Necessários | Frequência |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Proactiva | Equipa Técnica | Dispositivo de rastreamento | Mensal |
| Preventiva | Administrador do Sistema | Servidores e Logs | Trimestral |
| Actualização do App | Equipa de Desenvolvimento | Ferramentas de Build | Conforme necessário |
| Verificação de APIs | Equipa Backend | Postman / Monitoramento | Semanal |
| Limpeza de Dados | Administrador BD | Scripts SQL | Trimestral |

Tabela 10 Manutenção Proactiva e Preventiva

4.5.2 Actualizações e melhorias

À medida que o sistema evolui e os requisitos dos utentes aumentam, torna-se necessário implementar actualizações e melhorias. Estas actualizações podem incluir:

- ✓ Optimização do desempenho do aplicativo;
- ✓ Inclusão de novas funcionalidades, como rotas alternativas ou estimativas de lotação;
- ✓ Integração com meios de pagamento ou bilhética digital.

As actualizações devem ser testadas previamente em ambiente de testes (staging) antes de serem disponibilizadas em produção, a fim de evitar interrupções nos serviços.

5 Capítulo V- Apresentação do Sistema

5.1 Tela de login

Ao iniciar a aplicação, o utilizador é convidado inserir os seus dados para autenticação, a função do utilizador define o fluxo de navegação a ser seguido na aplicação. Nesta tela, o utilizador insere o seu email e palavra-passe, este passo é obrigatório para garantir a segurança no acesso.



Figura 22 Tela de login

5.2 Painel do motorista e partilha de localização

Após o login bem-sucedido, o motorista visualiza a lista de todos os transportes disponíveis com as suas respectivas rotas no sistema.

A interface permite selecionar um transporte específico e iniciar o processo de partilha de localização em tempo real, que será visível para os utentes na aplicação.

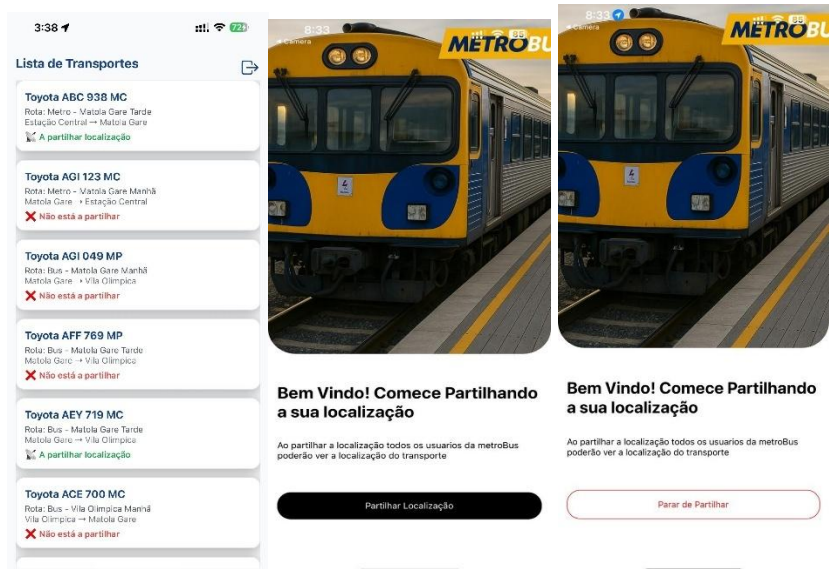


Figura 23 Interface do Motorista para visualização de carros e partilhar localização

5.3 Página inicial do utente

Trata-se da primeira tela a ser acedida pelo utente após o login. Nela, é possível visualizar os transportes activos e inserir o destino pretendido, e o sistema irá apresentar as rotas que passam por esse local .

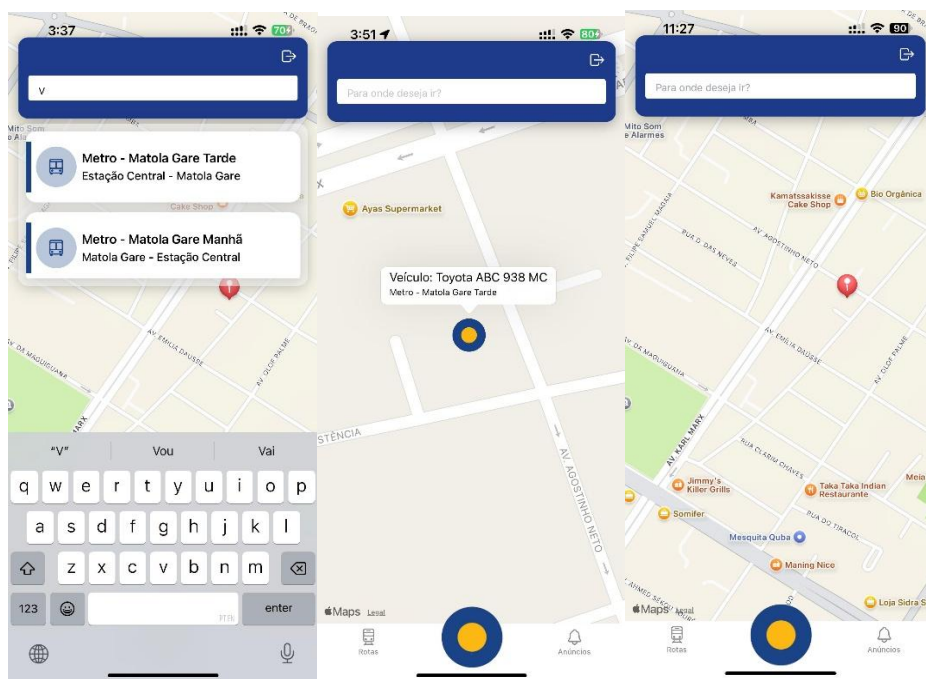


Figura 24 Interface inicial para pesquisar por destino, visualizar transportes activos e sua localização

5.4 Listagem de rotas e detalhes da rota seleccionada

O sistema apresenta a lista completa de rotas cadastradas, com informação como origem, destino e horários de partida. Ao seleccionar uma rota específica, o utente é redireccionado para a página de detalhes, onde são exibidas as paragens ao longo do percurso.

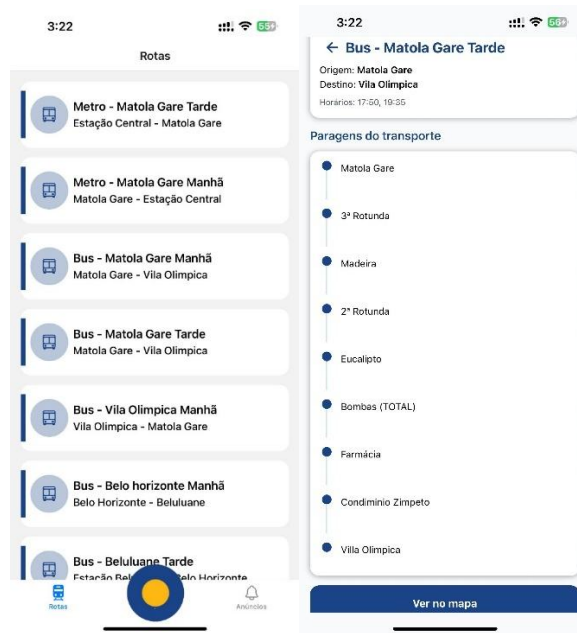


Figura 25 Interface de listagem e visualização de detalhes de rotas

5.5 Visualização da rota no mapa e da paragem mais próxima

A interface do mapa mostra a rota traçada, os transportes em movimento (caso haja motoristas a partilhar a localização na rota) e indica a localização actual do utente, a paragem mais próxima num raio de 3km e a previsão de passagem do transporte por cada paragem. Estas informações são fundamentais para auxiliar o utente na tomada de decisão sobre o momento ideal para sair de casa e chegar à paragem.

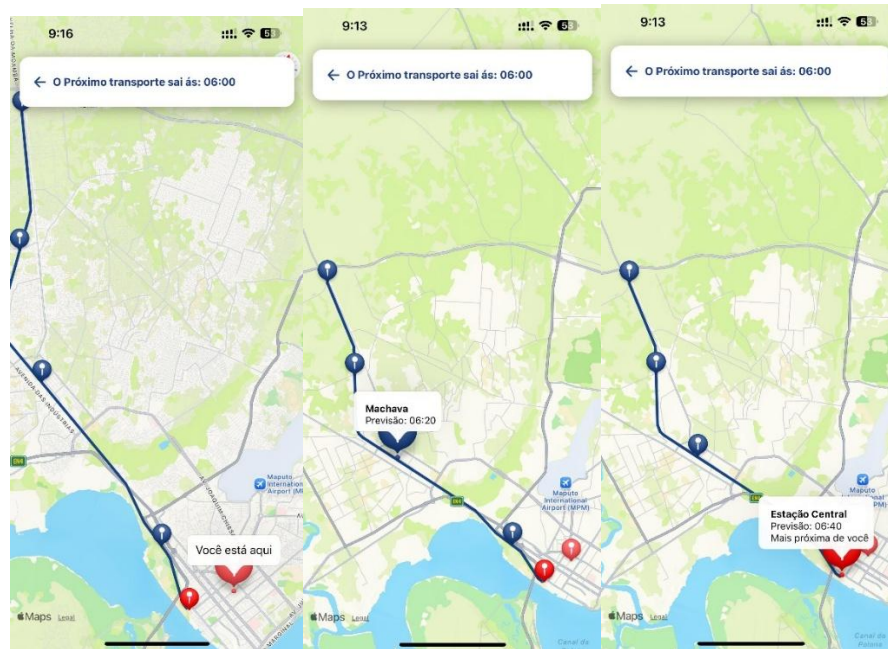


Figura 26 Visualização de rota, paragens e paragem mais proxima no mapa

5.6 Listagem de anúncios e comentários

Esta interface reúne todos os anúncios institucionais ou comunicados urgentes lançados pelo sistema. Ao seleccionar um anúncio, o utente pode visualizar os comentários incluindo comentários de outros utentes (caso existam). A plataforma permite também que o utente participe, deixando o seu comentário, dúvida ou observação.

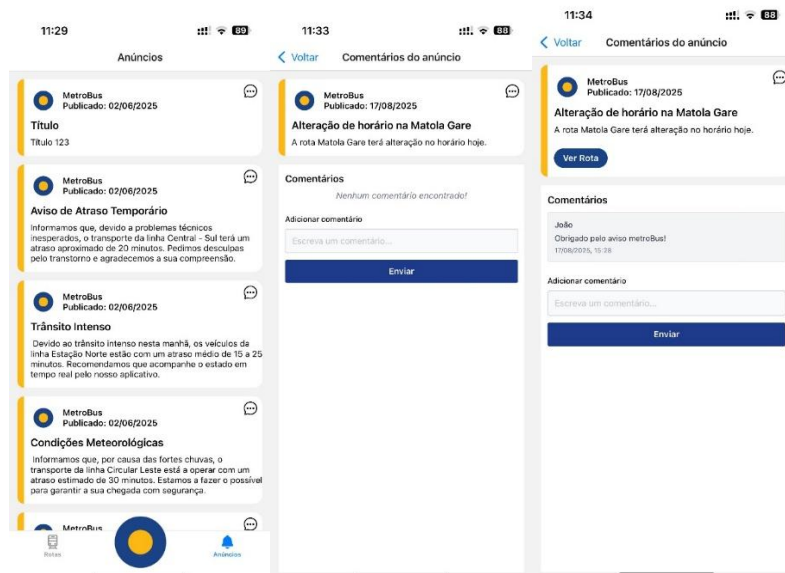


Figura 27 Interface de listagem e detalhes de anúncios e comentários

6 Capítulo VI – Conclusões e Recomendações

6.1 Conclusão

O presente trabalho teve como objectivo geral o desenvolvimento de um Aplicativo Móvel para Rastreamento de Transportes para os Utentes do MetroBus, visando mitigar os desafios de mobilidade urbana na cidade e província de Maputo, como longos tempos de espera nas paragens, inconsistências nos horários e falta de informação em tempo real sobre a localização dos transportes do MetroBus. Este objectivo foi alcançado através da realização dos objectivos específicos delineados, que serviram como etapas estruturadas para a construção de uma solução tecnológica adaptada ao contexto local.

Em primeiro lugar, descreveu-se o sistema actual de controle de chegada dos transportes nas paragens da cidade e província de Maputo, por meio de pesquisa documental, bibliográfica e questionários online direccionados a utentes e gestores do MetroBus. Esta análise revelou limitações como a dependência de tabelas estáticas de horários, atrasos causados por congestionamentos e a ausência de mecanismos de rastreamento dinâmico, fornecendo uma base sólida para identificar os problemas reais enfrentados pelos utilizadores.

Em seguida, identificaram-se as tecnologias móveis usadas no desenvolvimento de soluções para transporte público, através de uma revisão de literatura que explorou ferramentas como GPS, IoT, GIS e aplicativos moveis. Esta etapa permitiu seleccionar tecnologias acessíveis e escaláveis, considerando factores como a conectividade limitada e a literacia digital em Moçambique. Posteriormente, compararam-se soluções de rastreamento de veículos para o monitoramento de transportes públicos com ênfase em custos, sustentabilidade e integração.

Por fim, desenvolveu-se um protótipo funcional de um aplicativo móvel para rastreamento de transporte, seguindo a metodologia em Cascata, que incluiu Análise e definição de requisitos, Projecto de sistema e software, Implementação e teste unitário, Integração e teste de sistema e Operação e manutenção. O protótipo resultante integra funcionalidades como visualização de rotas no mapa, estimativa de tempos de chegada, partilha de localização pelos motoristas e visualização de anúncios e comentários, garantindo uma experiência intuitiva e eficiente para utentes e motoristas.

A solução proposta, materializada no aplicativo móvel, representa uma contribuição inovadora para a melhoria da mobilidade urbana em Maputo, promovendo maior eficiência, satisfação dos utentes e sustentabilidade no sector de transportes públicos. Embora limitada pelo escopo de protótipo, esta pesquisa demonstra o potencial das tecnologias móveis para resolver problemas reais, alinhando-se com as necessidades do MetroBus e da sociedade moçambicana.

6.2 Recomendações

Com base nos resultados obtidos e nas limitações identificadas durante o desenvolvimento do protótipo, apresentam-se as seguintes recomendações para garantir a implementação efectiva, sustentabilidade e evolução do aplicativo móvel de rastreamento de transportes do MetroBus:

- ✓ Adicionar um módulo de rotas e anúncios ao sistema existente: Para que este aplicativo funcione de forma integrada e eficiente, recomenda-se a inclusão de um módulo dedicado à gestão dinâmica de rotas e anúncios no sistema de gestão actual do MetroBus. Este módulo permitiria a actualização automática de itinerários, horários e anúncios, facilitando a sincronização com o aplicativo e reduzindo inconsistências.
- ✓ Realizar testes em escala real e treinamento de utilizadores: Antes da implantação em produção, sugere-se a execução de testes piloto com um grupo representativo de utentes e motoristas do MetroBus, incluindo cenários de alta demanda (horas de pico). Adicionalmente, deve-se promover sessões de treinamento para motoristas sobre o uso da funcionalidade de partilha de localização e para utentes sobre a navegação no aplicativo, visando aumentar a adopção e minimizar resistências.
- ✓ Expansão de funcionalidades: Incluir recursos como notificações push, integração com sistemas de pagamento, *feedback* em tempo real. Além disso, integrar o aplicativo com sistemas de bilhética electrónica ou alertas de lotação poderia enriquecer a experiência do utente.
- ✓ Monitorar e actualizar continuamente: estabelecer um plano de manutenção proactiva, com monitoramento de métricas como taxa de uso, latência de dados e *feedback* dos utilizadores via questionários pós-implantação.

Estas recomendações visam maximizar o potencial do protótipo desenvolvido, transformando-o em uma ferramenta robusta e sustentável para a melhoria da mobilidade urbana.

Bibliografia

- Fenner, R. D., Robaina, J. V., Martiins, L. A., Barbosa, R. D., & Soares, J. R. (2020). *FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS DA PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS* (1a Edição ed., Vol. 1 volume). Bagai.
- Apolitical. (07 de Novembro de 2018). *Como os especialistas em dados rastreiam o transporte informal | Apolítico*. Acesso em 03 de Março de 2025, disponível em Apolítico: <https://apolitical.co/solution-articles/pt/mapeamento-dados-especialistas-ajuda-cidades-transporte-informal>
- Araújo, A. R. (2010). *Estudo do funcionamento dos transportes públicos em Maputo e*.
- Atzori, L., Morabito, G., & Iera, A. (2010). *The Internet of Things: a survey*.
- Bank, W. (2018). *Mozambique Urbanization Review: Accelerating Urbanization to Support Structural Transformation*. Washington, D.C: World Bank Group.
- BLOG, C. (18 de Março de 2024). *Rastreador de ônibus: um guia completo*. Acesso em 13 de Maio de 2025, disponível em COBRI BLOG: https://www.cobli.co/blog/rastreador-de-onibus/#Quais_os_beneficios_de_um_rastreador_de_onibus_para_os_passageiros
- Cervero, R. (1998). *The Transit Metropolis: A Global Inquiry*. Washington, D.C.: Island Press.
- Cervo, A. L. (2002). *Metodologia Científica 5ª ed*. São Paulo: Prentice Hall.
- Chissano, D. L., Mucavele, F., & Tembe, M. (2022). Desafios na Gestão do Transporte Público em Maputo. *Revista Moçambicana de Engenharia*, 45–58.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications.
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (2018). *The SAGE handbook of qualitative research*. SAGE Publications.

- EMTPM. (s.d.). *Nossa História*. Acesso em 05 de Maio de 2025, disponível em EMTPM – Empresa Municipal de Transportes Públicos de Maputo: <http://trafego.emtpm.co.mz/index.php/emtpm/nossa-historia>
- Finkenzeller, K. (2010). *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*. Wiley.
- Forte, Y. (2024). *Transporte Público*. Acesso em 26 de Abril de 2025, disponível em Google Arts & Culture: <https://artsandculture.google.com/story/6AVhshvbthVP-g?hl=pt>
- GCFGlobal. (s.d.). *Informática Básica: O que são hardware e software?* Acesso em 18 de Maio de 2025, disponível em GCFGGlobal: <https://edu.gcfglobal.org/pt/informatica-basica/o-que-sao-hardware-e-software-/1/>
- Gerhardt, T. E., & Silveira, D. T. (2009). *Métodos de pesquisa* (1 edição ed.). Porto Alegre: Editora da UFRGS,.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4 edição ed.). São Paulo : Atlas.
- INCM, I. N. (2023). *Relatório de Regulação das Comunicações*. Ana Priscila Salomão, Onísio Soiane e Esperança Muchave.
- INE. (2023). *Maputo Cidade*. Fonte: Instituto Nacional de Estatística: https://www.ine.gov.mz/pt/web/guest/censo-2017/-/document_library/pfpz/view/92163?_com_liferay_document_library_web_portlet_DLPortlet_INSTANCE_pfpz_redirect=http%3A%2F%2F10.30.0.10%2Fweb%2Fguest%2Fsenso-2017%3Fp_p_id%3Dcom_liferay_document_library_web_por
- INFSOFT. (s.d.). *Usando Beacons para Posicionamento, Rastreamento e Navegação Interna*. Acesso em 12 de Maio de 2025, disponível em INFSOFT: <https://www.infsoft.com/basics/positioning-technologies/bluetooth-low-energy-beacons/>

- Jackson, T. (30 de Outubro de 2023). *Disrupt Africa*. Acesso em 09 de Abril de 2025, disponível em <https://disruptafrica.com/2023/10/30/sas-whereismytransport-closes-after-failing-to-secure-investment/>
- Kaplan, E., & Hegarty, C. (2017). *Understanding GPS Principles and Applications*.
- Lakatos, M. A., & M., M. E. (2001). *Fundamentos da Metodologia Científica*. 4ª ed. São Paulo: Atlas.
- Litman, T. (2021). *Evaluating Public Transit Benefits and Costs: Best Practices Guidebook*. Victoria, BC: Victoria Transport Policy Institute.
- London, T. f. (s.d.). *Transport for London*. Acesso em 03 de Março de 2025, disponível em Plan a journey: <https://tfl.gov.uk/>
- Marconi, M., & Lakatos, E. (2003). *Fundamentos de Metodologia Científica* (5a ed.). São Paulo, Brasil: Atlas.
- MOKO SMART. (29 de junho de 2023). *Principal 7 Tecnologias de gerenciamento de frota IoT que você deve conhecer*. Fonte: MOKOSmart: <https://www.mokosmart.com/pt/fleet-management-technologies/>
- moovit. (3 de Maio de 2020). Acesso em 28 de Março de 2025, disponível em Moovit: <https://moovit.com/pt/about-us-pt/>
- MOVE Maputo. (02 de Novembro de 2022). *Bilheteira eletrônica*. Acesso em 26 de Abril de 2025, disponível em MOVE Maputo: <https://movemaputo.gov.mz/service/bilheticaeletronica/>
- Muzembe, A. (2020). *Mapeamento dos Fluxos de Transporte Público em Maputo*. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.
- Pais, O. (31 de Agosto de 2019). *O País*. Acesso em 29 de Março de 2025, disponível em Txapita-flexibiliza-sistema-de-transporte-no-grande-maputo: <https://opais.co.mz/txapita-flexibiliza-sistema-de-transporte-no-grande-maputo/>

- País, O. (31 de Agosto de 2019). *O País*. Acesso em 28 de Março de 2025, disponível em [Txapita-flexibiliza-sistema-de-transporte-no-grande-maputo: https://opais.co.mz/txapita-flexibiliza-sistema-de-transporte-no-grande-maputo/](https://opais.co.mz/txapita-flexibiliza-sistema-de-transporte-no-grande-maputo/)
- Prado, J., Jurandir, P., & Graeml, A. R. (2010). Percepção dos benefícios do uso de sistemas de rastreamento de veículos. p. 20. Acesso em 26 de Abril de 2025
- Pumatronix. (1 de Julho de 2022). *Sistemas de Transporte Inteligente (ITS): o que são e como funcionam?* Acesso em 26 de Abril de 2025, disponível em Pumatronix: <https://pumatronix.com/sistemas-transporte-inteligente-its-o-que-sao-e-como-funcionam/>
- Raupp, F. M., & Beuren, I. M. (2006). *Metodologia da Pesquisa Aplicável*. São Paulo Atlas.
- Rodrigues, R. B., Durão, F. A., Garcia, V. C., & da Silva, C. M. (2014). A cloud-based recommendation model. *EURO AMERICAN CONFERENCE ON TELEMATICS AND INFORMATION SYSTEMS*.
- Ruiz-Padillo, A., Da Silveira, C. A., & Tores, T. B. (2020). *Sistema de transporte: Introducao-conceitos-e-panorama*. Cachoeira do Sul Rio de Janeiro.
- Rural, O. (2014). Acesso em 16 de Abril de 2025, disponível em <https://omrmz.org/wp-content/uploads/Flash-4-COVID-19>
- Silva, P., Andrade, R., & Gomes, F. (2019). Aplicações Móveis para Rastreamento de Veículos: Estudo Comparativo em Cidades Brasileiras. *Revista Brasileira de Engenharia e Tecnologia*, 77-89.
- SMART, M. (15 de Abril de 2025). *MOKO SMART*. Acesso em 12 de Maio de 2025, disponível em Como escolher 10 Tipos de tecnologias de rastreamento de ativos: <https://www.mokosmart.com/pt/asset-tracking-technologies/>
- Soico, G. (23 de Novemnro de 2017). *projecto-metrobus-arranca-em-dezembro*. Acesso em 03 de Março de 2025, disponível em O País: <https://opais.co.mz/projecto-metrobus-arranca-em-dezembro/>

- Sommerville, I. (2011). *Engenharia de software* (9a edição ed.). São Paulo : Pearson Prentice Hall.
- Stacciarini, J. H., & da Silva, L. C. (julho de 2018). O TRANSPORTE PÚBLICO NA CAPITAL MAPUTO (MOÇAMBIQUE): ABORDAGENS E ANÁLISES GEOGRÁFICAS ATRAVÉS DO INTERCÂMBIO DE CONHECIMENTOS E TROCA DE SABERES. p. 13.
- Sussman, J. M. (2000). *Introduction to Transportation Systems*. Artech House.
- *Txapita Mobility*. (s.d.). Acesso em 24 de Fevereiro de 2025, disponível em Txapita Mobility: <https://txapita.co.mz/>
- Vieira, K. d., Dadá, Y. A., & Martins, M. (Dezembro de 2014). Observador-Rural-23. *TRANSPORTES PÚBLICOS RODOVIÁRIOS NA CIDADE DE MAPUTO: ENTRE OS TPM E OS MY LOVE*.
- vizologi. (s.d.). *vizologi*. Acesso em 28 de Março de 2025, disponível em business-strategy-canvas: <https://vizologi.com/business-strategy-canvas/moovit-business-model-canvas>

Anexos

Anexo 1: Tabelas descritivas de Casos de Uso

O sistema é composto por catorze (14) casos de uso, sendo apresentadas as suas especificações a seguir

CU1: Login

| | |
|---|---|
| Nome | Login |
| Descrição | Permite ao utilizador inserir suas credenciais e aceder funcionalidades protegidas. |
| Actor | Motorista, Utente |
| Prioridade | Essencial |
| Pré-Condição | O utilizador deve ter acedido a aplicação. |
| Pós-condição | Utilizador autenticado e redirecionado a interface relacionada a sua função. |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | <ol style="list-style-type: none">1. utilizador insere credenciais válidas.2. Sistema valida os dados.3. Sistema redireciona o utilizador à interface relacionada a sua função. |
| Fluxo Alternativo de Exceção (insucesso): | <ol style="list-style-type: none">1. O utilizador insere credenciais inválidas.2. O sistema exibe uma mensagem de erro "Credenciais inválidas". |

Tabela A1.1 Tabela descritiva de login

CU2: Inserir destino

| | |
|---|--|
| Nome | Inserir Destino |
| Descrição | O usuário insere o destino desejado e o sistema exibe todas as rotas disponíveis que passam pelo destino inserido |
| Actor | Utente |
| Prioridade | Essencial |
| Pré-Condição | O utilizador deve ter feito o login com a função Passageiro e estar na página principal |
| Pós-condição | O utilizador visualiza rotas que passam pelo destino inserido |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | <ol style="list-style-type: none">1. Utilizador digita o destino.2. Sistema consulta a base de dados.3. Sistema apresenta lista de rotas disponíveis que passam pelo destino inserido. |
| Fluxo Alternativo de Excepção (insucesso): | <ol style="list-style-type: none">1. O utilizador insere um destino inválido ou inexistente.2. O sistema exibe uma mensagem: "Nenhuma rota encontrada." |

Tabela A1.2 CU inserir destino

CU3: Visualizar todas as rotas

| | |
|---|---|
| Nome | Visualizar todas as rotas |
| Descrição | Permite ver todas as rotas cadastradas no aplicativo. |
| Actor | Utente |
| Prioridade | Importante |
| Pré-Condição | O utilizador deve ter acedido à aplicação com sucesso e ter seleccionado a aba de rotas. |
| Pós-condição | O utilizador visualiza a lista de todas as rotas disponíveis. |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | <ol style="list-style-type: none">1. Usuário seleciona a opção "Rotas".2. Sistema exibe uma lista completa de rotas. |
| Fluxo Alternativo de Excepção (insucesso): | <ol style="list-style-type: none">1. O sistema não consegue aceder à base de dados ou está offline.2. Uma mensagem de erro é exibida: "Erro ao carregar as rotas." |

Tabela A1.3 Visualizar todas rotas

CU4: Visualizar anúncios

| | |
|---|---|
| Nome | Visualizar Anúncios |
| Descrição | Anúncios importantes como atrasos, cancelamentos ou mudanças são apresentadas ao usuário. |
| Actor | Utente |
| Prioridade | Importante |
| Pré-Condição | O utilizador acedeu à aplicação e ter selecionado a aba de anúncios. |
| Pós-condição | O utilizador visualiza os anúncios disponíveis |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | <ol style="list-style-type: none">1. Usuário seleciona a opção "Anúncios".2. Sistema exibe uma lista completa de anúncios. |
| Fluxo Alternativo de Excepção (insucesso): | <ol style="list-style-type: none">1. Falha na ligação ao servidor.2. O sistema informa: "Erro ao carregar os anúncios." |

Tabela A1 4 Visualizar Anúncios

CU5: Visualizar detalhes de uma rota

| | |
|---|---|
| Nome | Visualizar detalhes de uma rota |
| Descrição | Permite ao usuário visualizar informações detalhadas de uma rota específica (origem, destino, horários de partida, paragens). |
| Actor | Utente |
| Prioridade | Essencial |
| Pré-Condição | O usuário escolheu uma rota |
| Pós-condição | O utilizador obtém detalhes completos da rota selecionada. |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | 1. Sistema apresenta detalhes como origem, destino, horários de partida e paragens. |
| Fluxo Alternativo de Excepção (insucesso): | 1.O sistema não encontra os detalhes da rota. 2.O sistema exibe mensagem de erro: "Detalhes da rota indisponíveis" |

Tabela A1.5 Visualizar detalhes de uma rota

CU6: Adicionar comentários

| | |
|---|--|
| Nome | Adicionar comentários |
| Descrição | Permite ao utilizador enviar comentários sobre um anúncio. |
| Actor | Utente |
| Prioridade | Desejável |
| Pré-Condição | O utilizador deve ter acedido o sistema e à página dos anúncios. |
| Pós-condição | Comentário armazenado e visível na secção do anúncio. |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | <ol style="list-style-type: none">1.O utilizador escreve o comentário.2. O sistema guarda e confirma o envio. |
| Fluxo Alternativo de Excepção (insucesso): | <ol style="list-style-type: none">1.Comentário vazio.2. Sistema exhibe mensagem: "Adicione um comentário." |

Tabela A1 6 Adicionar Comentários

CU7: Visualizar mapa da rota

| | |
|---|---|
| Nome | Visualizar no mapa |
| Descrição | O sistema exibe a rota selecionada no mapa com destaque das paragens e permite navegação/zoom. |
| Actor | Utente |
| Prioridade | Essencial |
| Pré-Condição | O usuário já escolheu uma rota e clicou no botão ver no mapa. |
| Pós-condição | O utilizador visualiza a rota no mapa e suas paragens. |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | <ol style="list-style-type: none">1. O sistema exibe a rota no mapa com destaque das paragens.2. O sistema exibe horários de estimativa de chegada a cada paragem3. O usuário pode navegar ou aplicar zoom. |
| Fluxo Alternativo de Excepção (insucesso): | <ol style="list-style-type: none">1. Mapa não carregado devido a erro de rede.2. Sistema exibe: "Erro ao carregar o mapa." |

Tabela A1 7 Visualizar rota no mapa

CU8: Rastrear transporte em tempo real

| | |
|---|---|
| Nome | Rastrear transporte em tempo real |
| Descrição | Permite rastrear o veículo associado à rota selecionada, se disponível a localização, actualizando sua posição no mapa. |
| Actor | Utente |
| Prioridade | Essencial |
| Pré-Condição | O motorista deve estar a partilhar localização |
| Pós-condição | O utilizador visualiza a posição do transporte no mapa |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | <ol style="list-style-type: none">1.Utilizador escolhe uma rota.2.Sistema verifica se o motorista partilha localização.3.Sistema mostra posição do veículo actualizada em tempo real no mapa. |
| Fluxo Alternativo de Excepção (insucesso): | <ol style="list-style-type: none">1.Motorista não partilha localização. |

Tabela A1 8 Rastrear transporte em tempo real

CU9: Partilhar Localização em tempo real

| | |
|---|---|
| Nome | Partilhar Localização em tempo real |
| Descrição | Permite ao motorista enviar actualizações em tempo real da localização do transporte para que os utentes possam acompanhar o trajecto. |
| Actor | Motorista |
| Prioridade | Essencial |
| Pré-Condição | O motorista deve estar autenticado e com a permissão de localização activa no dispositivo. |
| Pós-condição | A localização actual do motorista é partilhada e visível aos utentes em tempo real. |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | <ol style="list-style-type: none">1.O motorista realizou a autenticação com sucesso2. O motorista seleccionou um transporte3.O motorista iniciou a sessão e permite acesso à localização.4. O sistema inicia a transmissão via WebSocket.5. A localização é enviada periodicamente ao servidor e exibida no mapa para os utentes. |
| Fluxo Alternativo de Excepção (insucesso): | <ol style="list-style-type: none">1. O motorista não concede permissão de localização.2. O sistema exibe aviso e desactiva a funcionalidade de partilha. |

Tabela A1.9 Partilhar Localização em tempo real

CU10: Visualizar estimativa da chegada do transporte

| | |
|---|--|
| Nome | Visualizar estimativa da chegada do transporte |
| Descrição | Permite ao utente visualizar a previsão da hora de chegada do transporte em todas as paragens de uma rota. |
| Actor | Utente |
| Prioridade | Importante |
| Pré-Condição | O utente deve ter seleccionado para verificar detalhes de uma rota no mapa. |
| Pós-condição | O sistema apresenta o tempo estimado de chegada do transporte para cada paragem |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | <ol style="list-style-type: none">1. Utente selecciona para ver detalhes de uma rota no mapa.2. Sistema calcula a distância entre o utente e a paragem mais próxima.3. Sistema estima o tempo de chegada com base na velocidade se o transporte estiver activo e caso não um valor estimado numa velocidade normal.4. Sistema apresenta o tempo estimado ao utente. |
| Fluxo Alternativo de Exceção (insucesso): | Sistema não consegue calcular o tempo estimado de chegada do transporte em cada paragem |

Tabela A1 10 Visualizar estimativa da chegada do transporte

CU11: Visualizar transportes activos

| | |
|---|--|
| Nome | Visualizar transportes activos |
| Descrição | Permite ao utente ver, em tempo real, os transportes que está a circular no mapa. |
| Actor | Utente |
| Prioridade | Essencial |
| Pré-Condição | O utente deve estar na página principal. |
| Pós-condição | O sistema exhibe os transportes activos no mapa com suas localizações actuais. |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | <ol style="list-style-type: none">1. Utente selecciona a página principal.2. Sistema requisita localização dos transportes activos.3. Sistema exhibe os transportes activos no mapa. |
| Fluxo Alternativo de Exceção (insucesso): | <ol style="list-style-type: none">1. Não existem transportes activos no momento.2. Sistema não exhibe transportes |

Tabela A1 11 Visualizar transportes activos

CU12: Visualizar comentários associados a um anúncio

| | |
|---|---|
| Nome | Visualizar comentários associados a um anúncio |
| Descrição | Permite ao utente visualizar os comentários feitos por outros utentes a um anúncio específico. |
| Actor | Utente |
| Prioridade | Desejável |
| Pré-Condição | O utente deve ter acedido a um anúncio publicado. |
| Pós-condição | O sistema exibe todos os comentários existentes para o anúncio. |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | <ol style="list-style-type: none">1. Utente acede ao detalhe de um anúncio.2. Sistema consulta e exibe os comentários vinculados ao anúncio. |
| Fluxo Alternativo de Exceção (insucesso): | <ol style="list-style-type: none">1. O anúncio não possui comentários.2. Sistema exibe: “Nenhum comentário encontrado” |

Tabela A1.12 Visualizar comentários associados a um anúncio

CU13: Visualizar transportes e suas respectivas rotas

| | |
|---|--|
| Nome | Visualizar transportes e suas respectivas rotas |
| Descrição | Permite ao motorista visualizar a lista de todos os transportes e as rotas as quais estão associados |
| Actor | Motorista |
| Prioridade | Essencial |
| Pré-Condição | O motorista deve ter sido logado com sucesso |
| Pós-condição | O sistema exige a listagem de todos os transportes |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | <ol style="list-style-type: none">1. Motorista tem acesso as funcionalidades segundo a sua função.2. Sistema consulta e exibe a listagem dos transportes. |
| Fluxo Alternativo de Exceção (insucesso): | <ol style="list-style-type: none">1. O sistema não possui transportes.2. Sistema exibe: “Nenhum transporte encontrado” |

Tabela A1.13 Visualizar transportes e suas respectivas rotas

CU14: Escolher transporte

| | |
|---|--|
| Nome | Escolher transporte |
| Descrição | Permite ao motorista escolher qual transporte deseja operar |
| Actor | Motorista |
| Prioridade | Essencial |
| Pré-Condição | O motorista deve ter acedido a listagem dos transportes. |
| Pós-condição | O sistema apresenta a possibilidade de partilhar localização para o transporte escolhido. |
| Cenário Principal de Sucesso (fluxo básico): | <ol style="list-style-type: none">1. Utente acede a listagem dos transportes.2. Sistema apresenta a possibilidade de partilhar localização ao transporte escolhido. |
| Fluxo Alternativo de Exceção (insucesso): | <ol style="list-style-type: none">1. O motorista não seleciona um transporte |

Tabela A1 14 Escolher transporte

Anexo 2: Casos de Teste por Caso de Uso

CU1 - Fazer Login

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|-----------------------|---------------------------|---|
| Credenciais válidas | Email e senha correctos | Acesso concedido à aplicação |
| Credenciais inválidas | Email ou senha incorretos | O sistema exibe a mensagem com texto: 'Credenciais inválidas' |

Tabela A2 1 Caso de teste Fazer Login

CU2 - Inserir destino

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|------------------------------|-------------------|---|
| Inserção válida de destino | Destino existente | Sistema exibe rotas que passam pelo destino |
| Inserção de destino inválido | Texto aleatório | Mensagem: 'Nenhuma rota encontrada' |

Tabela A2 2 Caso de teste Inserir Destino

CU3 - Visualizar todas as rotas

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|-----------------------|--------------------------|---|
| Carregamento de rotas | Acesso à página de rotas | O Sistema exibe lista de rotas existentes |

Tabela A2 3 Caso de teste Visualizar todas rotas

CU4 - Visualizar anúncios

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|----------------------|-----------------------------|---|
| Exibição de anúncios | Acesso à página de anúncios | O sistema exibe lista de anúncios carregada |

Tabela A2 4 Caso de teste visualizar anúncios

CU5 - Visualizar detalhes de uma rota

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|-----------------------------|--------------------------------|---|
| Visualização de rota válida | Seleção de uma rota específica | O Sistema exibe todos os detalhes da rota selecionada |

Tabela A2 5 Caso de teste visualizar detalhes de uma rota

CU6 - Adicionar comentários

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|----------------------|---------------------|---|
| Comentário válido | Texto de comentário | O Sistema retorna uma mensagem com o texto "Comentário submetido com sucesso" |
| Comentário vazio | Campo em branco | Mensagem de erro: 'Adicione um comentário' |

Tabela A2 6 caso de teste adicionar comentário

CU7 - Visualizar no mapa

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|----------------------------|--|---|
| Mapa carregado com sucesso | Escolha de visualização no mapa em uma rota específica | O sistema exibe Mapa com a rota e as respectivas paragens |

Tabela A2 7 Caso de teste visualizar mapa

CU8 - Rastrear transporte em tempo real

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|--------------------------|--|---|
| Rastreamento activo | Rota com motorista a partilhar localização | O sistema exibe a localização do transporte actualizada no mapa |
| Localização indisponível | Rota sem localização partilhada | Visualização da rota sem a localização do transporte |

Tabela A2 8 Caso de teste rastrear transporte em tempo real

CU9 - Partilhar localização em tempo real

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|----------------------|---|---|
| Permissão concedida | Escolha de rota e Localização activa | O sistema envia a localização partilhada com sucesso |
| Permissão negada | Escolha de rota e Localização desactivada | O sistema exibe a mensagem com texto: 'Permissão de localização necessária' |

Tabela A2 9 Caso de teste Partilhar localização em tempo real

CU10: Visualizar estimativa da chegada do transporte

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|--|---|---|
| Exibir estimativa da hora de chegada do transporte | Seleccção da opção de ver rota no mapa em uma rota específica | Sistema apresenta o tempo estimado para chegada do transporte em cada paragem |
| Exibir estimativa com transporte inativo | Seleccção da opção de ver rota no mapa em uma rota específica | Sistema apresenta uma estimativa baseada em velocidade padrão |

Tabela A2 10 Caso de teste visualizar estimativa de chegada do transporte

CU11: Visualizar transportes activos

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|--|--|--|
| Exibir transportes activos com sucesso | Existem transportes activos na base de dados | Sistema exibe todos os transportes activos no mapa |
| Nenhum transporte activo disponível | Base de dados sem transportes activos | Sistema não exibe transportes no mapa |

Tabela A2 11 caso de teste Visualizar transportes activos

CU12: Visualizar comentários associados a um anúncio

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|----------------------------------|---|--|
| Exibir comentários de um anúncio | Anúncio com comentários associados | Sistema exibe todos os comentários associados ao anúncio |
| Anúncio sem comentários | Anúncio acessado não possui comentários | Sistema exibe a mensagem: 'Nenhum comentário encontrado' |

Tabela A2 12 Caso de teste Visualizar comentários associados a um anúncio

CU13: Visualizar transportes e suas respectivas rotas

| Caso de Teste | Entrada | Resultado Esperado |
|-----------------------------|---|---|
| Carregamento de transportes | Acesso à página de listagem de transporte | O Sistema exibe lista de transportes existentes |

Tabela A2 13 Caso de teste Visualizar transportes e suas respectivas rotas

Anexo 3: Diagrama de sequência de casos de uso

DS1: Diagrama de sequência de Login

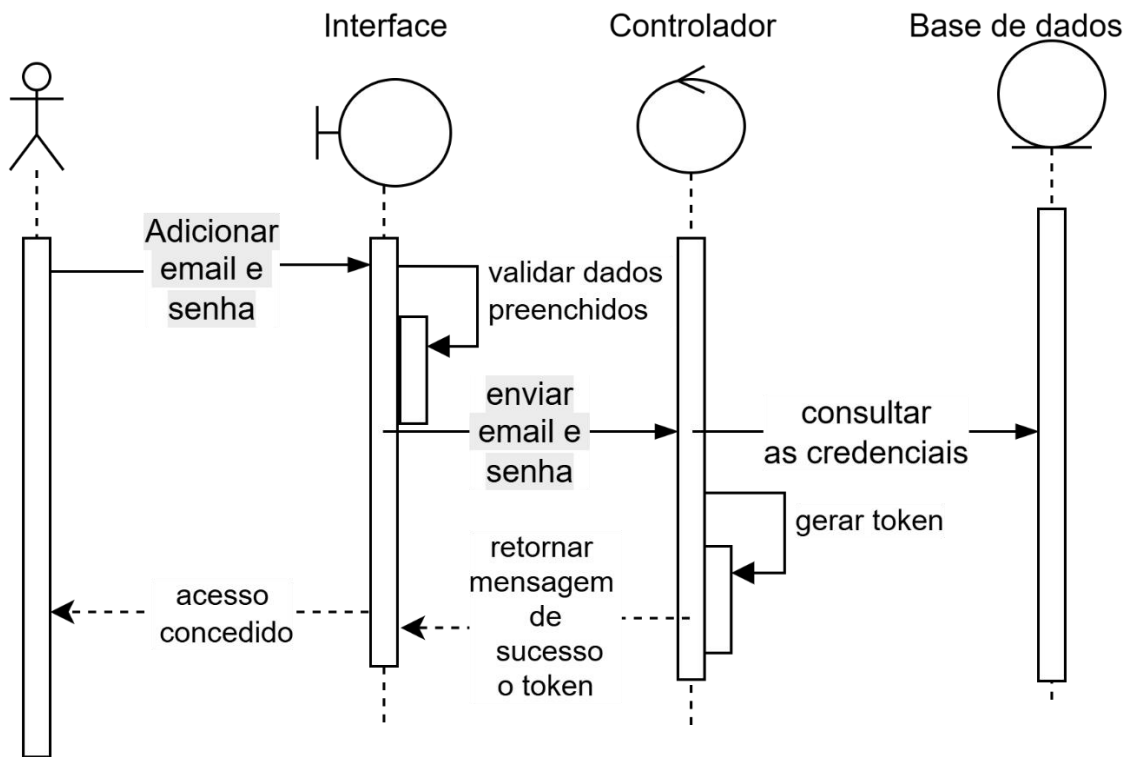


Figura A3.1 Diagrama de sequência de Login

DS2: Diagrama de sequencia de inserir Destino

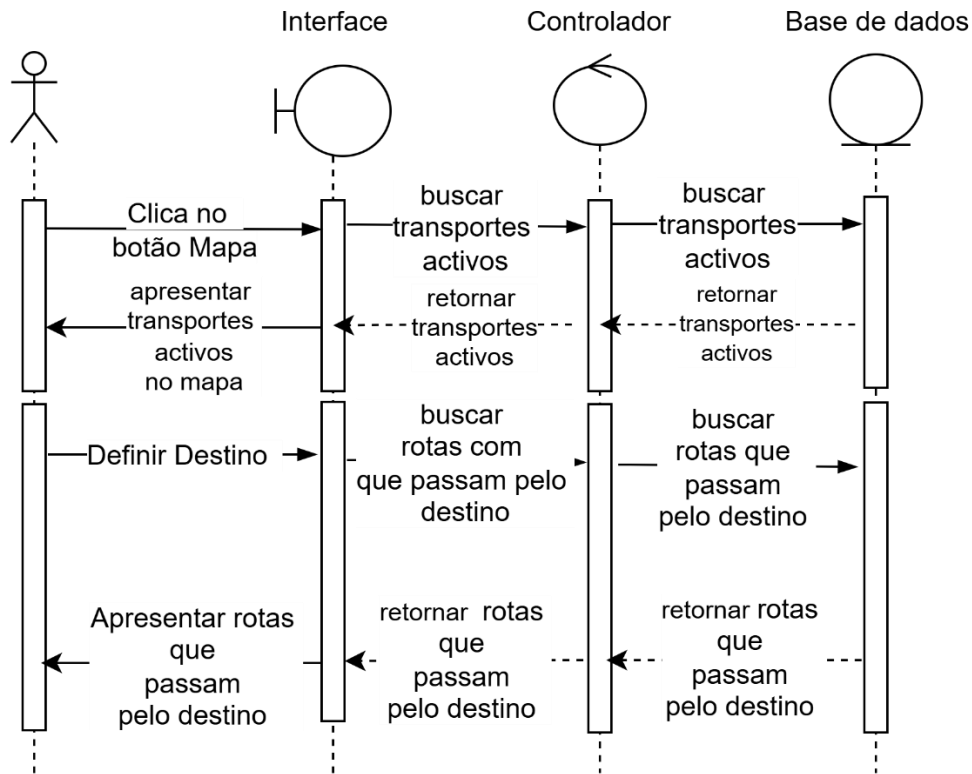


Figura A3 2 Diagrama de sequencia de inserir Destino

DS3: Visualizar comentários associados a um anúncio

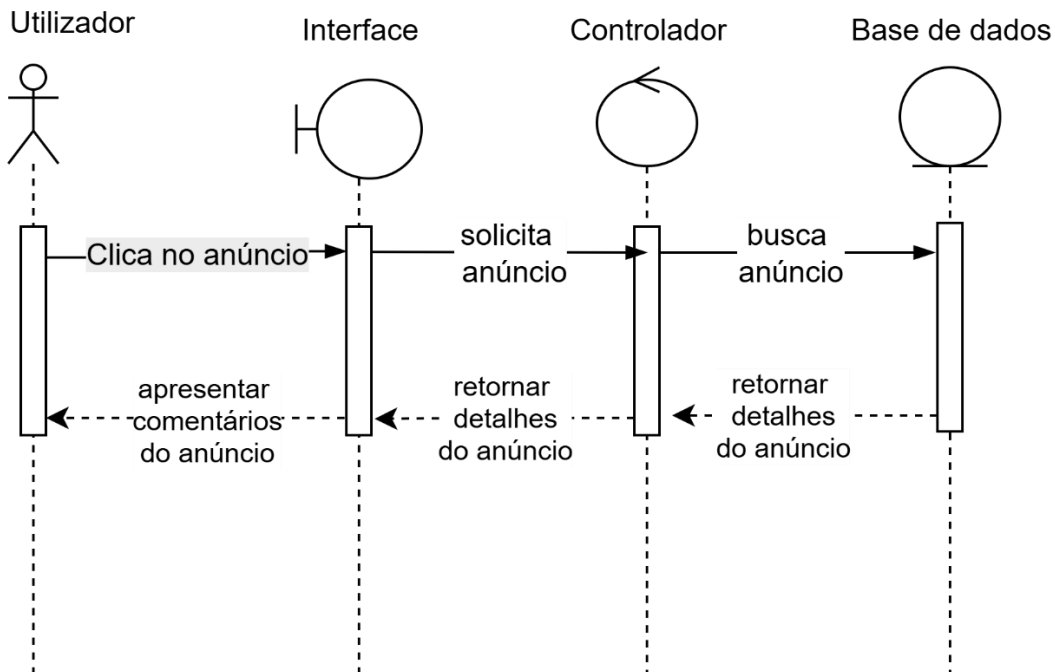


Figura A3 3 Diagrama de sequencia de Visualizar comentários associados a um anúncio

DS4: Visualizar Rotas

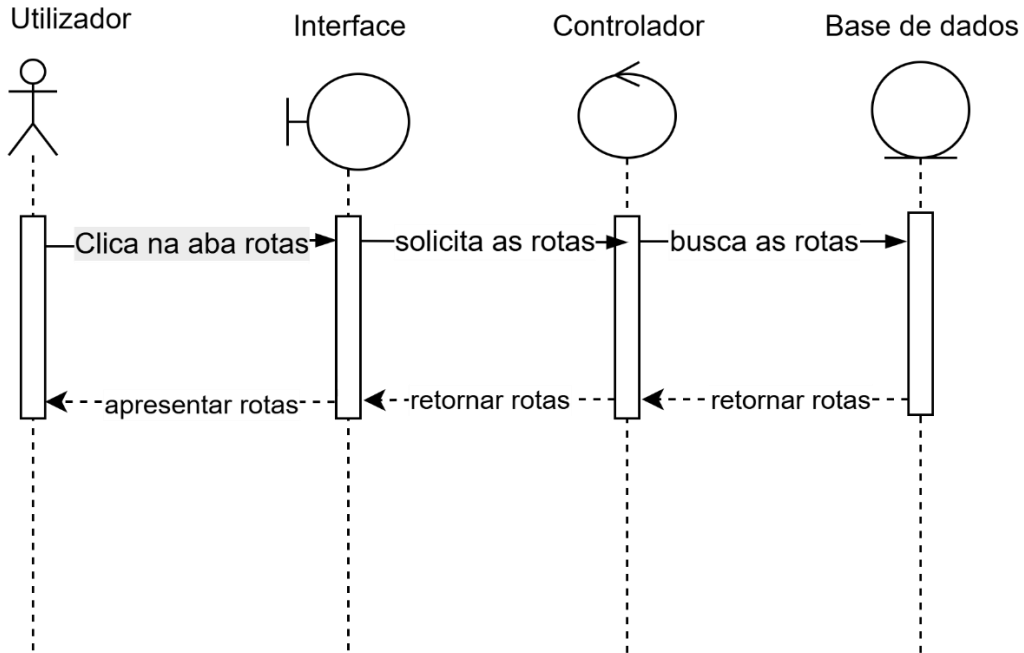


Figura A3 4 Diagrama de sequencia de Visualizar Rotas

DS5: Adicionar comentários

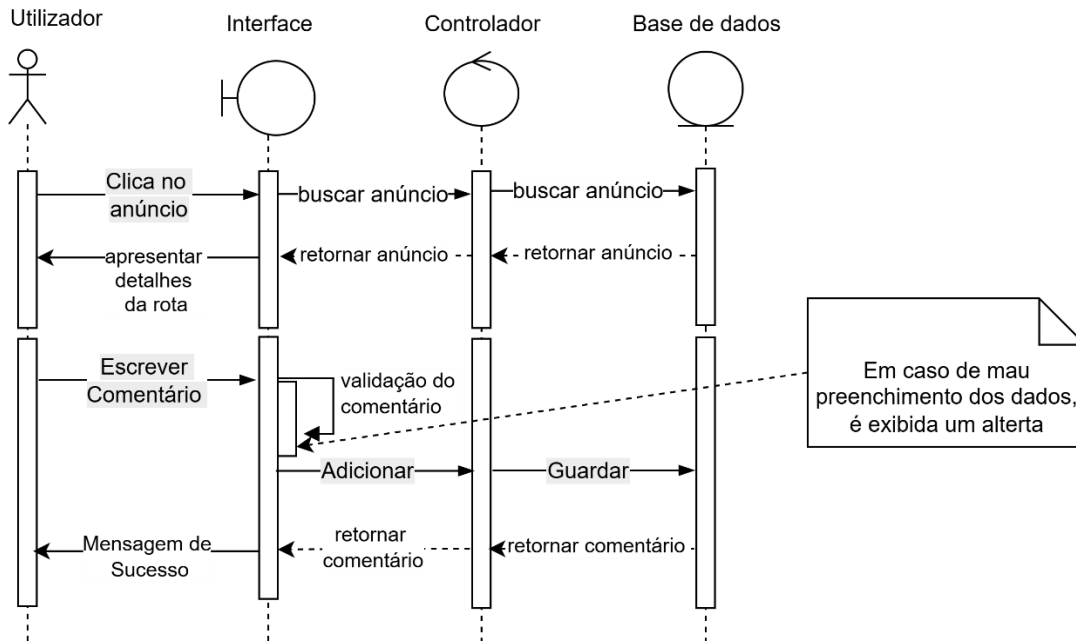


Figura A3 5 Diagrama de sequencia Adicionar comentários

DS6: Visualizar no mapa/ Rastrear em tempo real

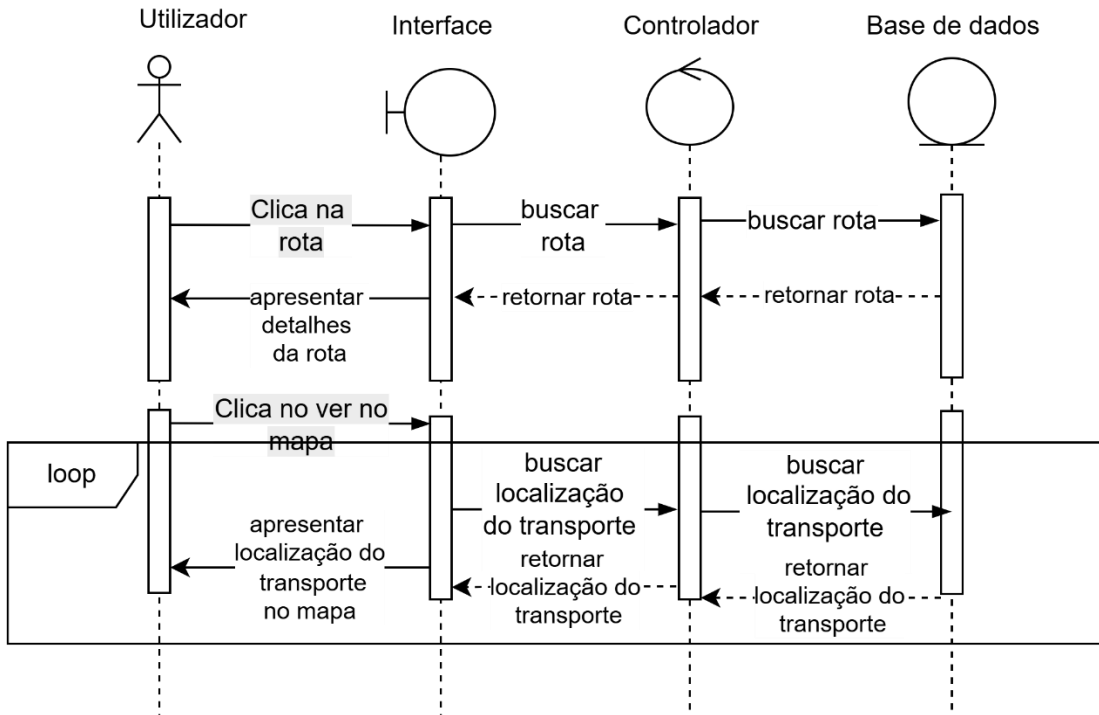


Figura A3 6 Diagrama de sequencia Visualizar no mapa/ Rastrear em tempo real

DS7: Visualizar Detalhes de uma rota

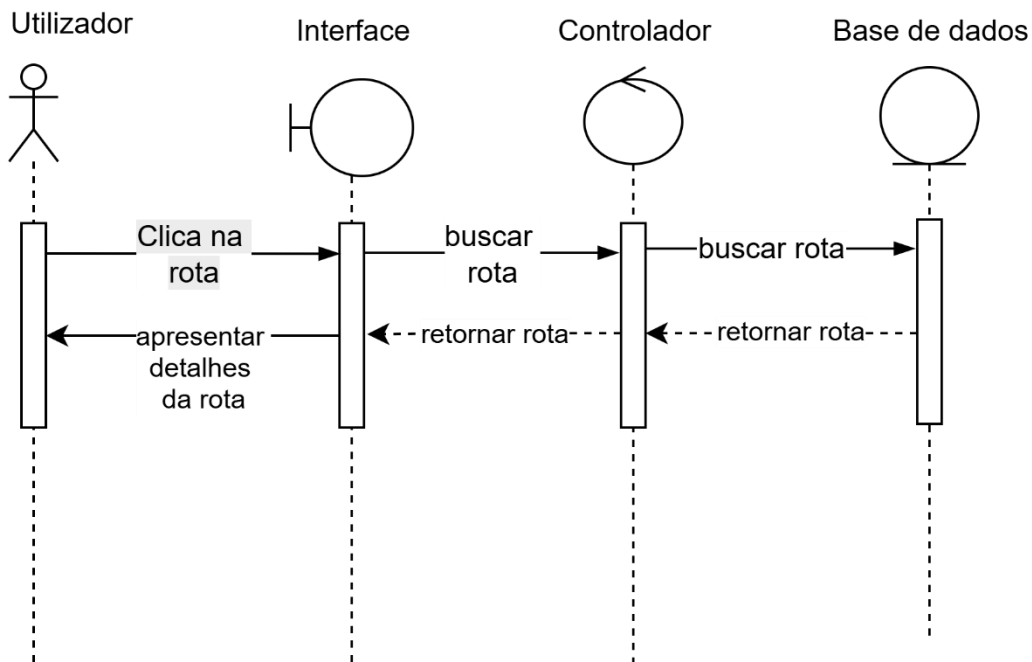


Figura A3 7 Diagrama de sequencia Visualizar Detalhes de uma rota

DS8: Visualizar anuncios

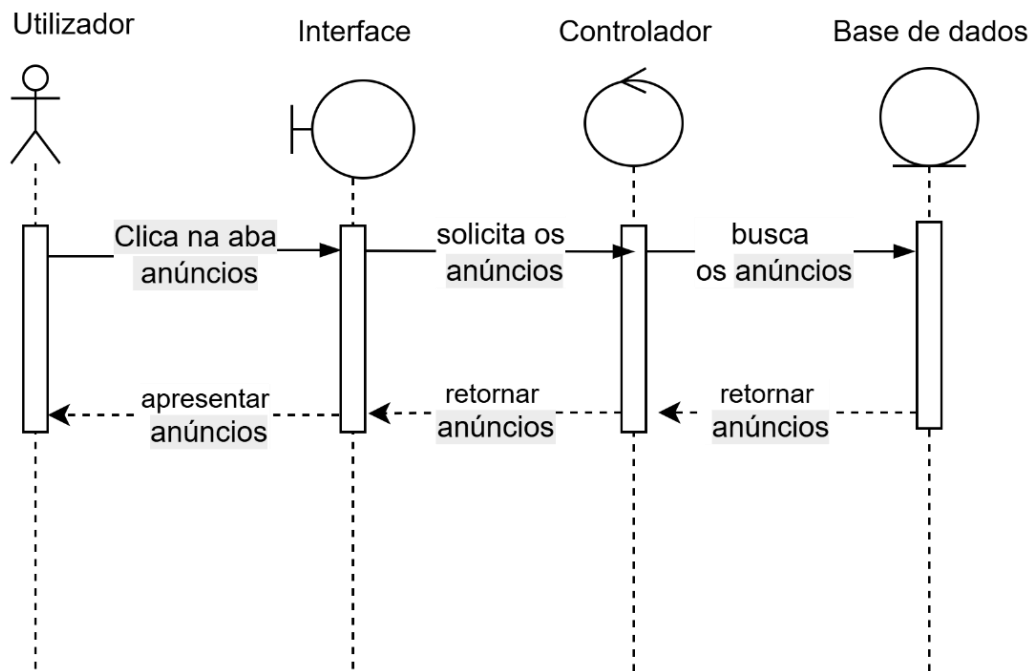


Figura A3 8 Diagrama de sequencia Visualizar anuncios

DS9: Partilhar localização

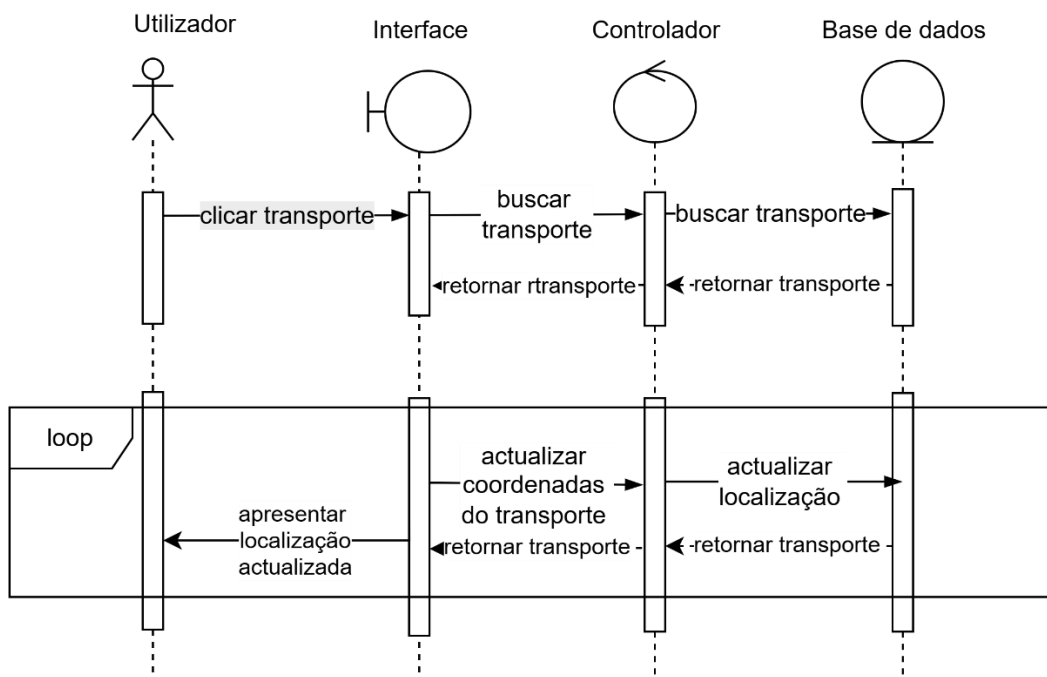


Figura A3 9 Diagrama de sequencia Partilhar localização

DS10: Visualizar transportes activos

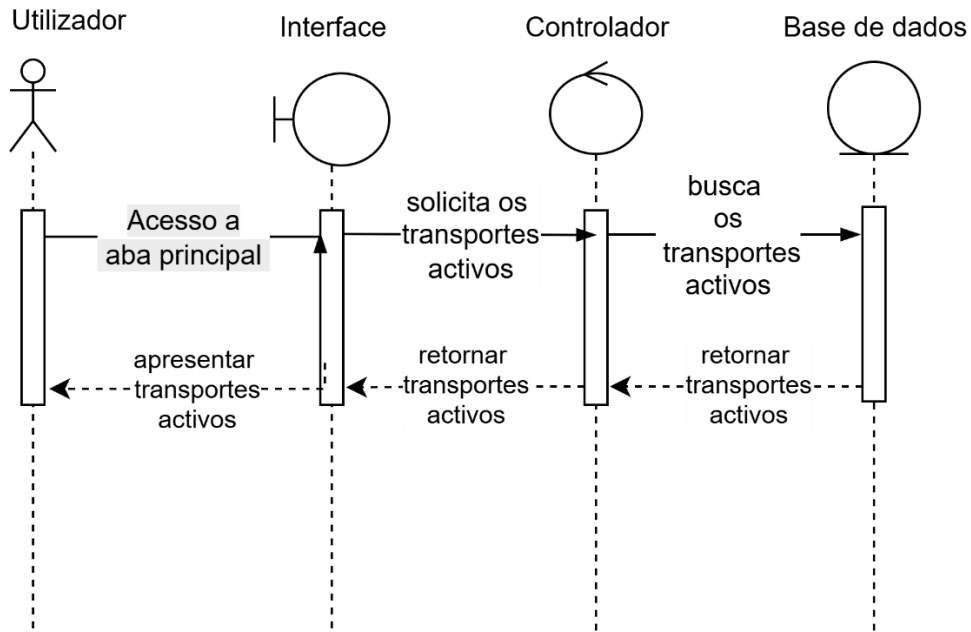


Figura A3 10 Diagrama de sequencia de Visualizar transportes activos

DS11: Visualizar comentarios asociados a um anúncio

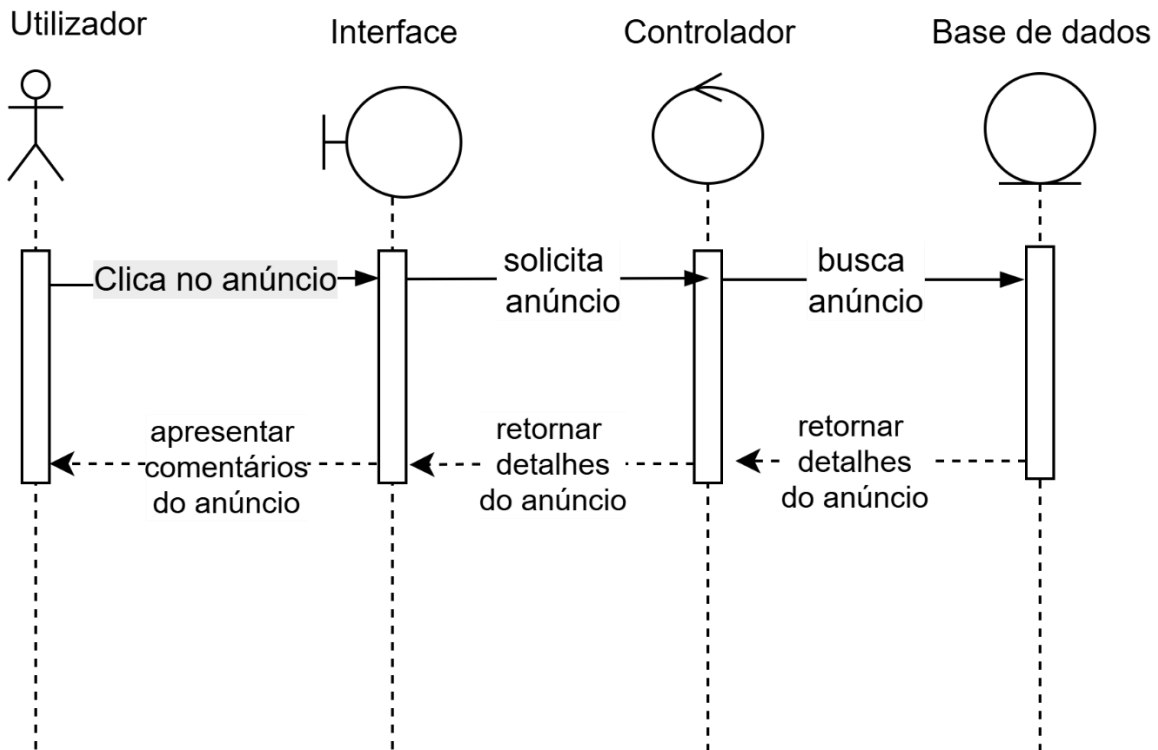


Figura A3 11 Diagrama de sequencia Visualizar comentarios asociados a um anúncio

DS12: Visualizar transportes

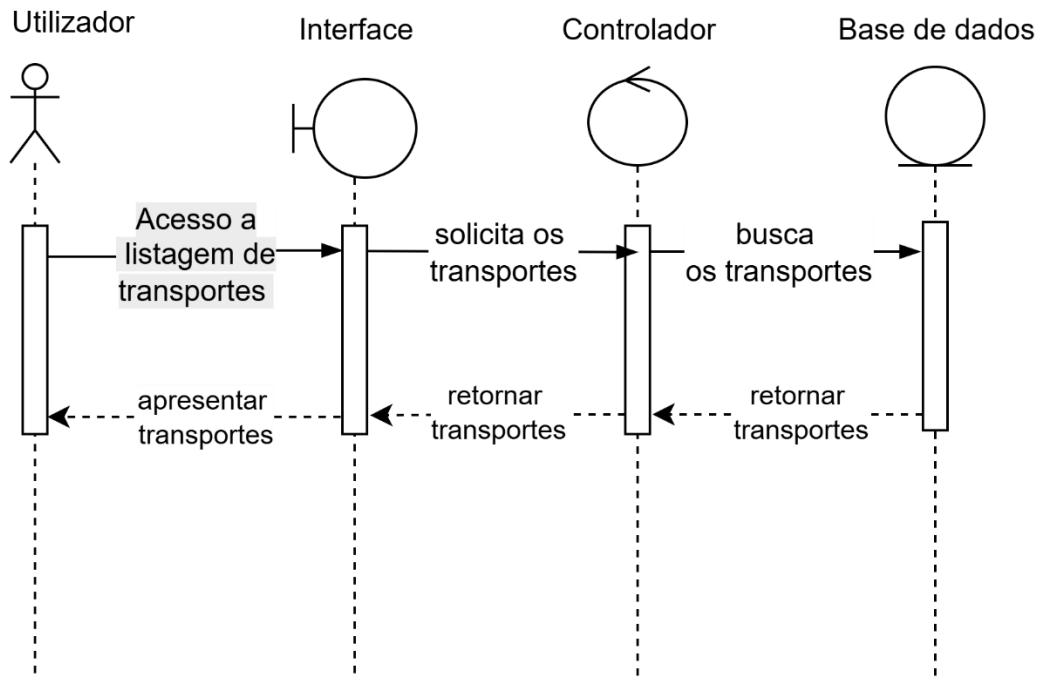


Figura A3 12 Visualizar transportes

Anexo 4: Questionário para os utentes da MetroBus

Olá, meu nome é Win Savanguana, estudante do curso de Engenharia Informatica na UEM.

Estou a desenvolver um projecto de monografia com o tema "Desenvolvimento de um Aplicativo Móvel de Rastreamento de transportes para os Utesntes da MetroBus". O objectivo deste questionário é colectar dados relevantes sobre a experiênciadados utentes e a gestão do sistema de transporte MetroBus, de forma a compreender as necessidades, dificuldades e oportunidades de melhoria no serviço. As informações obtidas serão utilizadas exclusivamente para fins académicos e científicos, no âmbito deste estudo.

* Indica uma pergunta obrigatória

1.Como faz o controlo da chegada dos transportes da MetroBus nas paragens? *

- Placas ou painéis nas paragens
- Aplicativo ou site oficial da MetroBus
- Perguntando a outros utentes ou funcionários
- Não faço controlo; apenas chego à paragem na hora fornecida pela MetroBus
- Não obtenho informações

2.Com que frequência os transportes da MetroBus chegam na hora prevista? *

- Sempre
- Frequentemente
- Raramente
- Nunca

3.Qual é o principal problema que enfrenta com o sistema actual de controlo de chegada dos transportes da MetroBus?

- Atrasos frequentes
- Longos períodos de espera
- Falta de comunicação nas paragens
- Outra

Se respondeu outra na pergunta anterior, pode especificar?

4. Está familiarizado com alguma destas formas de controlo de chegada de transportes: sinalizações com luzes interactivas, códigos QR, aplicativos de rastreamento, painéis electrónicos? *

- Sim, e são eficazes
- Sim, mas não são eficazes
- Não, nunca vi
- Não sei

5. Já deixou de usar a MetroBus devido à falta de informações sobre a chegada dos autocarros? *

- Sim
- Não

Se respondeu sim a pergunta anterior pode dizer o porquê?

6. Utiliza algum aplicativo móvel para obter informações sobre transporte público? *

- Sim, um aplicativo da MetroBus
- Sim, outro aplicativo (ex.: Google Maps)
- Não, mas gostaria de usar
- Não, e não tenho interesse

7. Qual funcionalidade considera mais importante num aplicativo de transporte

*

público?

- Rastreamento em tempo real
- Horários e rotas
- Notificações de atrasos
- Tanto faz

8. Que tipo de dispositivo móvel utiliza? *

- Smartphone Android
- iPhone
- Telefone básico (sem aplicações)
- Não uso dispositivo móvel

9. Estaria disposto a usar um aplicativo móvel para acompanhar os transportes *
da MetroBus?

- Sim
- Não
- Depende

Se respondeu Depende, pode especificar?

10. Qual seria a importância de um sistema que mostre a localização do autocarros em tempo real?

- Muito importante
- Moderadamente importante

Pouco importante

Não importante

11. Onde prefere receber informações de rastreamento dos autocarros? *

Num aplicativo no smartphone

Por SMS ou chamadas

Não tenho preferência

12. Tem alguma sugestão ou comentário sobre como melhorar o sistema de controle de chegada ou implementar tecnologias de rastreamento na MetroBus?

Google Formulários

Anexo 5: Questionário para a gestão da MetroBus

Olá, meu nome é Win Savanguana, estudante do curso de Engenharia Informatica na UEM. Estou a desenvolver um projecto de monografia com o tema "Desenvolvimento de um Aplicativo Móvel de Rastreamento de transportes para os Utentes da MetroBus". O objectivo deste questionário é colectar dados relevantes sobre a experiência dos utentes e a gestão do sistema de transporte MetroBus, de forma a compreender as necessidades, dificuldades e oportunidades de melhoria no serviço. As informações obtidas serão utilizadas exclusivamente para fins académicos e científicos, no âmbito deste estudo

* Indica uma pergunta obrigatória

1.Introduza o seu nome

2.Qual o seu cargo na MetroBus

3.A MetroBus possui algum sistema de gestão *

Sim

Não

4.Qual é o principal método usado pela MetroBus para que os utentes possam monitorar a chegada dos transportes nas paragens?

Sistema manual (Tabela com os horarios prevista)

GPS ou rastreamento em tempo real

Software de gestão de frota

Nenhum sistema específico

5. Que tecnologia móvel considera mais viável para melhorar o sistema da MetroBus?

- Aplicativos baseados em GPS
- Notificações via SMS
- Sistemas baseados em IoT
- Outro

6. Se respondeu outra na pergunta anterior, pode especificar

7. A MetroBus utiliza alguma solução de rastreamento de veículos? *

- Sim, baseada em GPS
- Não, mas está a planear
- Não, e não há planos
- Sim, outro sistema

8. Se respondeu, sim outro sistema, na pergunta anterior pode explicar qual

9. Qual é o principal critério para escolher uma solução de rastreamento de veículos? *

- Custo
- Precisão
- Facilidade de implementação
- Escalabilidade

10. Que funcionalidade a MetroBus considera prioritária num aplicativo de rastreamento?

- Rastreamento em tempo real
- Integração com sistemas de frota
- Relatórios de desempenho
- Comunicação com utentes

11. Qual é o requisito técnico mais importante para o aplicativo? *

- Compatibilidade com Android e iOS
- Segurança dos dados
- Acessibilidade para os usuários
- Desde que responda as necessidades

12. Tem alguma sugestão ou comentário sobre como melhorar o sistema de controle

de chegada ou implementar tecnologias de rastreamento

Anexo 6: Tabela usada pelos utentes no sistema actual

|  METRO ROTAS E HORÁRIOS | |  | |
|---|--------------|---|-------------|
| METRO — LINHA BOANE | | | |
| SEGUNDA — SEXTA | | | |
| ↕ | BOANE | 6:00 | _____ |
| → | DICA | 6:08 | _____ |
| → | LUIS CABRAL | 6:22 | _____ |
| → | BELULUANE | 6:28 | _____ |
| → | TSALALA | 6:40 | _____ |
| → | MACHAVA | 6:52 | _____ |
| → | CABINE B | 7:08 | _____ |
| → | EST. CENTRAL | 7:14 | _____ |
| ↕ | EST. CENTRAL | 17:25 | _____ |
| → | CABINE B | 17:30 | _____ |
| → | MACHAVA | 17:47 | _____ |
| → | TSALALA | 17:58 | _____ |
| → | BELULUANE | 18:09 | _____ |
| → | LUIS CABRAL | 18:17 | _____ |
| → | DICA | 18:26 | _____ |
| → | BOANE | 18:32 | _____ |
| METRO — LINHA MATOLA-GARE | | | |
| SEGUNDA — SEXTA | | | |
| ↕ | MATOLA-GARE | 7:00 | 17:50 _____ |
| → | DANIEL | 7:09 | 17:59 _____ |
| → | MACHAVA | 7:21 | 18:11 _____ |
| → | CABINE B | 7:37 | 18:27 _____ |
| → | EST. CENTRAL | 7:42 | 18:32 _____ |
| ↕ | EST. CENTRAL | 16:50 | 18:35 _____ |
| → | CABINE B | 16:57 | 18:40 _____ |
| → | MACHAVA | 17:12 | 18:57 _____ |
| → | DANIEL | 17:32 | 19:15 _____ |
| → | MATOLA-GARE | 17:39 | 19:24 _____ |
| As rotas e os horários poderão ser alterados sem aviso prévio. | | | |



AUTOCARROS

PARA ESTAÇÃO DA MACHAVA

ROTAS E HORÁRIOS

METROBUS

PERÍODO DA MANHÃ

| | |
|-------------------------|---|
| NKOBE | MAPANDENE > MACHAVA — 5:20 ↳ Rotunda Nkobe > Ponta Vermelha > Antiga Terminal Nkobe > Lojas > Fios > Bombas Nhabete > Escola > Km 15 > Socimol > Muchina > Baião > ESTAÇÃO MACHAVA |
| TCHUMENE | SALENE > MACHAVA — 5:40 ↳ Bill > Txumene > Contentor Amarelo > Esquadra > Tricamo > Malhampsene > Tsalala - Escola > Contentor Amarelo > Lusalite > Liberdade > Fiberglass > Zuide > Cavalo Branco > ESTAÇÃO MACHAVA |
| KONGOLOTE | MERCADO KONGOLOTE > MACHAVA — 5:40 ↳ Licuacuanine > Petromoc > Círculo Ndlavela > Zona Verde > Hospital Ndlavela, T3 Padaria > Eka > B.O > Estádio da Machava > Bairro > Coca-cola > ESTAÇÃO MACHAVA |
| CIDADE DA MATOLA | CIDADE DA MATOLA > MACHAVA — 5:35 ↳ Godinho > São Gabriel > Spar > Madruga > João Mateus > Ceres > Avenida > Novare > Bascula > Texlom > WBHO > Aviário > Farmácia Witbank > Padaria Boane > 700 > BCI > Cruzamento 700 > Fomento via Jardim do Eden > Fomento Sial > ESTAÇÃO MACHAVA CEMITÉRIO TEXLOM > MACHAVA — 5:40 ↳ Texlom > Aviário > Escola Willow > Farmácia Witbank > Padaria Boane > 700 > Chaveiro Mabote > Cruzamento Farmácia > Fomento Sial > ESTAÇÃO MACHAVA |
| FIOS | FERREIRA FIOS > MACHAVA — 5:45 ↳ Lojas Ferreira > E.P.C de Ndavela > Patrice (Bombas TOTAL) > Canhueiro > Esquadra > Bedene > ESTAÇÃO MACHAVA |

PERÍODO DA TARDE

| | |
|-------------------------|--|
| NKOBE | MACHAVA > MAPANDENE — 18:00 ↳ Baião > Muchina, Socimol > Km 15 > Escola > Bombas Nhabete > Fios > Lojas > Antiga Terminal Nkobe > Ponta Vermelha > Rotunda Nkobe > MAPANDENE |
| KONGOLOTE | MACHAVA > MERCADO KONGOLOTE — 17:20 / 18:00 / 19:10 ↳ Tamega > Coca-cola > Bairro > Jardim de Estádio > B.O > T3 Padaria > Hospital Ndlavela > Zona Verde > Círculo Ndlavela > Petromoc > IURD > MERCADO KONGOLOTE |
| CIDADE DA MATOLA | MACHAVA > 700 > CIDADE DA MATOLA — 17:20 / 18:00 / 19:10 ↳ Fomento Sial > Fomento via Jardim do Eden > Cruzamento 700 > BCI > 700 > Padaria Boane > Farmácia Witbank > Aviário > WBHO > Texlom > Bascula > Novare > Avenida > Ceres > João Mateus > Madruga > Spar > São Gabriel > GODINHO |
| FIOS | MACHAVA > FERREIRA FIOS — 18:00 ↳ Bedene > Esquadra > Canhueiro > Patrice (Bombas TOTAL) > E.P.C de Ndavela > LOJAS FERREIRA |
| MATOLA | MACHAVA > BELO HORIZONTE — 17:20 / 19:10 ↳ Zuide > Fiberglass > Liberdade > Lusalite > Contentor Amarelo > Sikwama > Malhampsene > 120 > Chapa 60 > Novare > Cruzamento Mozal > Estação de Belulane > Ilanga > Nelson Mandela > Palhota > Antenas > Posto Administrativo > Tubiacanga > Macuacua > Mangueiras > Cruzamento Matola Rio > SIMOC > Tandabuntu > Km 16 > Xidiminguane > Campoane > ISTEg > Eventos Kholhissa > BELULUANE MACHAVA > HIGEST — 17:20 / 19:10 ↳ Mafurreira > Pilheiro > Baião > Muchina > Socimol > Fim do Murro > HIGEST (15) MACHAVA > BEDENE > PATRICE — 17:20 / 19:10 ↳ Texlom > Aviário > Escola Willow > Farmácia Witbank > Padaria Boane > 700 > Chaveiro Mabote > Cruzamento Farmácia > Fomento Sial > ESTAÇÃO MACHAVA MACHAVA > MATOLA GARE — 18:00 ↳ Km 16 > Casa Abandonada > MATOLA GARE |

Qualquer dúvida entre em contacto connosco. Pela nossa linha de apoio ao cliente.



AUTOCARROS

PARA ESTAÇÃO DE BELULUANE,
MATOLA GARE E DANIEL

ROTAS E HORÁRIOS

METROBUS

PERÍODO DA MANHÃ

BELO HORIZONTE

BELO HORIZONTE > BELULUANE — 5:45

↳ Wutive > Xidimiguane > Campoane > Km 16 > Condomínio Amarelo > Tanda Vantu > Bombas Novas (Pretomoc SASOL) > > Desvio de Mozal-Estaleiro > Bombas da PUMA > Bombas PETROMOC Tubiakanga > Posto Administrativo > Antenas > > Cruzamento Mozal > Nelson Mandela > Ilanga > Cruz. Beluluane > Farmácia > **ESTAÇÃO BELULUANE**

V. OLÍMPICA

VILA OLÍMPICA > MATOLA-GARE — 5:20

↳ Condomínio Zimpeto > Zimpeto > Total > Eucalipto > Madeira > Muhalazi > Rotunda > **ESTAÇÃO MATOLA-GARE**

DANIEL

MAPANDENE > DANIEL — 6:00

↳ Mafurreira > Nkobe > Rotunda Terminal > Hospital > Ponta Vermelha > Esquadra > Loja > Igreja > Km 15 > **ESTAÇÃO DANIEL**

SALENE > DANIEL — 6:10

↳ Bill > Txumene > Contentor Amarelo > Esquadra > Tricamo > 8 de Março > **ESTAÇÃO DANIEL**

PERÍODO DA TARDE

BELO HORIZONTE

BELULUANE > BELO HORIZONTE — 18:20

↳ Estação Beluluane > Farmácia > Cruz. Beluluane > Ilanga > Nelson Mandela > Cruzamento Mozal > Antenas > > Posto Administrativo > Bombas PETROMOC Tubiakanga > B. da PUMA > Desvio de Mozal-Estaleiro > > Bombas Novas (Pretomoc SASOL) > Tanda Vantu > Condomínio Amarelo > Km 16 > Campoane > Xidimiguane > Wutive > > **BELO HORIZONTE**

VILA OLÍMPICA

MATOLA-GARE > VILA OLÍMPICA — 17:50 / 19:35

↳ Matola-Gare > 3ª Rotunda > Madeira > 2ª Rotunda > Eucalipto > Bombas (TOTAL) > Farmácia > Condomínio Zimpeto > > **VILA OLÍMPICA**

DANIEL

DANIEL > MAPANDENE — 17:40 / 19:25

↳ Estação Daniel > Km 15 > Igreja > Loja > Esquadra > Ponta Vermelha > Hospital > Rotunda Terminal > Nkobe > **MAFURREIRA**

DANIEL > SALENE — 17:40 / 19:25

↳ Estação Daniel > 8 de Março > Tricamo > Esquadra > Contentor Amarelo > Txumene > **BILL**

TXOVA+

**POUPE MAIS
COM PASSE
MENSAL**

Com o passe mensal, a sua família viaja quantas vezes forem necessárias durante todo o mês.

PASSE A - TITULAR

3.500.00mts

Este passe mensal pode ser pago pela entidade empregadora ou pelo próprio,

PASSE B - AGREDADO

1.750.00mts

Com o benefício de 50% do desconto no passe B para até 2 membros do agregado familiar.

NOTA: COM ACESSO LIVRE AO PARQUE DA MACHAVA



As rotas e os horários poderão ser alterados sem aviso prévio.



AUTOCARROS DIRECTOS

ROTAS E HORÁRIOS

METROBUS

PERÍODO DA MANHÃ

| | |
|-------------------------------|--|
| M. GARE | MATOLA-GARE > VILA OLÍMPICA > MAPUTO — 6:00 ↳ 3ª Rotunda > Madeira > 2ª Rotunda > Eucalipto > Bombas (TOTAL) > Farmácia > Condomínio Zimpeto > VILA OLÍMPICA |
| TROCA | VILA OLÍMPICA > CIRCULAR > OMM > ESTAÇÃO CENTRAL — 5:50 VILA OLÍMPICA > CIRCULAR > JULIUS NYERERE > ESTAÇÃO CENTRAL — 5:50 VILA OLÍMPICA > CIRCULAR > MARGINAL > ESTAÇÃO CENTRAL — 5:50 |
| AV. DE MOÇABIQUE | MATENDENE > CATEDRAL — 5:55 ↳ Terminal Matendene > Mesquita > Quisse Mavota > Procuradoria > Cruzamento de Matendene > Bombas TOTAL > Molumbela > Hospital Psiquiátrico > Coqueiros > Bombas BP > Missão Roque > Benfica (BIM) > Bagamoio (Hotel 2001) > Bombas Galp > Farmácia Sombras Matsinha > Chapa Xai Xai > Inhagoia > Jardim (Igreja Universal) > Junta (Recheio) > Paragem 007 > SASOL > Marien NGuabe 4x4 > Formula 1 > Escola 7 de Setembro > Karl Max > Mercado do Povo > CATEDRAL |
| FACIM | FACIM > CATEDRAL — 5:50 ↳ Ricatla > Maguanine > Agostino Neto > Novo Cemitério > Michafutene > Tsiveni > Vila Pouca > Paragem Tanques > Rotunda de Grande Maputo > Estaleiro dos Chineses > Rotunda CMC > Bar dos Amigos > Mercado CMC > Churasqueira do Amor > Rua 9 > Mussuazi > Passaro Verde > Magoanine > Bombas Chicanhanine > 1ª Rua > Imaculada > Hulene Expresso > Rua da Beira > Praça dos Heróis > Complexo Oficial da TMCEL > Joaquim Chissano > Praça da OMM > Vladimir Lenine > CATEDRAL |
| MATEQUE E COSTA DO SOL | MATEQUE > COSTA DO SOL > ESTAÇÃO CENTRAL — 5:50 ↳ Ferragem Choupal (na Circular) > Rotunda de Albazine > Av. Dom Alexandre > Bombas SASOL > Escola Guebo > Nwaxitsena > Bombas PUMA > Igreja Presbiteriana > Dona Alice > Passagem de Nível > Costa do Sol > Mar na Brasa > Escola Portuguesa > UEM > Maringué > Kenneth Kaunda > Ministério da Educação > Prédio Curtiço > TMCEL > JAT > BCI > 10 de Novembro > ESTAÇÃO CENTRAL |

PERÍODO DA TARDE

| | |
|-------------------------|--|
| AV. DE MOÇABIQUE | CATEDRAL > MATENDENE — 15:40 / 17:30 ↳ Mercado do Povo > Karl Max > Escola 7 de Setembro > Formula 1 > Marien NGuabe 4x4 > SASOL > Paragem 007 > Junta (Recheio) > Jardim (Igreja Universal) > Inhagoia > Chapa Xai Xai > Farmácia Sombras Matsinha > Bombas Galp > Bagamoio (Hotel 2001) > Benfica (BIM) > Missão Roque > Bombas BP > Coqueiros > Hospital Psiquiátrico > Molumbela > Bombas TOTAL > Cruzamento de Matendene > Procuradoria > Quisse Mavota > Mesquita > TERMINAL MATENDENE |
| FACIM | CATEDRAL > FACIM — 15:40 / 17:40 ↳ Vladimir Lenine > Praça da OMM > Joaquim Chissano > Complexo Oficial da TMCEL > Praça dos Heróis > Rua da Beira > Hulene Expresso > Imaculada > 1ª Rua > Bombas Chicanhanine > Magoanine > Passaro Verde > Mussuazi > Rua 9 > Churasqueira do Amor > Mercado CMC > Bar dos Amigos > Rotunda CMC > Estaleiro dos Chineses > Rotunda de Grande Maputo > Paragem Tanques > Vila Pouca > Tsiveni > Michafutene > Novo Cemitério > Agostino Neto > Maguanine > Ricatla > FACIM |

NOSSA LINHA
ATENDIMENTO AO CLIENTE
841002424



As rotas e os horários poderão ser alterados sem aviso prévio.



AUTOCARROS

MAPUTO

HORÁRIO MANHÃ

- ESTAÇÃO CENTRAL → COSTA DO SOL
7:25 / 7:50
- ESTAÇÃO CENTRAL → MUSEU
7:25 / 7:50
- ESTAÇÃO CENTRAL → OMM
7:25 / 7:50
- ESTAÇÃO CENTRAL → 25 DE SETEMBRO (BCI)
7:25 / 7:50
- ESTAÇÃO CENTRAL → OMM → P. COMBATENTES
7:25
- ESTAÇÃO CENTRAL → J. NYERERE → P. COMBATENTES
7:50

HORÁRIO TARDE

- COSTA DO SOL → ESTAÇÃO CENTRAL
15:30 / 16:40 / 17:30
- MUSEU → ESTAÇÃO CENTRAL
15:40 / 16:40 / 17:50
- 25 DE SETEMBRO (BCI) → ESTAÇÃO CENTRAL
15:50 / 17:05 / 18:15
- OMM (ESQUINA) → ESTAÇÃO CENTRAL
15:40 / 16:40 / 17:45
- EPM → ESTAÇÃO CENTRAL
16:45

METROBUS

