

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL  
CENTRO DE TECNOLOGIA - CTEC

LUCAS DOS SANTOS FELIX

**ANÁLISE DAS VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DOS NOVOS SISTEMAS  
INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA A CIDADE DE MACEIÓ**

Maceió-AL

2023

LUCAS DOS SANTOS FELIX

**ANÁLISE DAS VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DOS NOVOS SISTEMAS  
INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA A CIDADE DE MACEIÓ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao colegiado do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Lima Marques da Silva

Maceió-AL

2023

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

F316a Felix, Lucas dos Santos.  
Análise das vantagens da utilização dos novos sistemas inteligentes de transporte para a cidade de Maceió / Lucas dos Santos Felix. – Maceió, 2023.  
74 f. : il., grafs. e tabs. color.

Orientador: Alexandre Lima Marques da Silva.  
Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) –  
Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 68-74.

1. Cidades inteligentes. 2. Sistemas inteligentes de veículos - Transporte público. 3. Ônibus de Trânsito Rápido. I. Título.

CDU: 629

## **AGRADECIMENTO**

A elaboração desta dissertação só foi possível graças à contribuição de pessoas e instituições, a quem gostaria de agradecer o apoio, especialmente:

À minha mãe Sandra Silva dos Santos Felix pelo amor e carinho e por ter me dado todas as condições necessárias para que eu pudesse alcançar meus objetivos de vida

Ao meu pai Paulo Roberto dos Santos Felix pelo amor e carinho e pela preocupação e pela cobrança ao longo dos anos.

Aos demais membros da minha família pelo apoio desde os meus primeiros anos de idade até os dias atuais.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Marques pela dedicação, incentivo e prestatividade na elaboração do presente trabalho.

À Universidade Federal do Estado de Alagoas pela educação gratuita e de alta qualidade adquirida ao longo dos meus cinco anos dentro da instituição

E a todos que colaboraram direta e indiretamente para elaboração deste trabalho

## LISTA DE ABREVIATURAS

- ANTP – Associação Nacional de Transporte Público;
- APTS – Sistemas Avançados de Transporte Público;
- AVCS – Sistemas Avançados de Controle Veicular;
- AVL – Sistemas de Localização Automática de Veículo;
- ATIS – Sistemas Avançados de informação ao Viajante/Condutor;
- ATMS – Sistemas Avançados de Gerenciamento de Tráfego;
- BE – Bilhetagem Eletrônica;
- BRT – Bus Rapid Transit (Ônibus de trânsito rápido)
- CAP – Contagem Automática de Passageiros;
- CCO – Centro de Controle Operacional;
- CPU – Cobrança de Pedágio Urbano;
- CVO – Operação de Veículo Comercial;
- ETC – Coleta Eletrônica de Pedágio;
- EUA – Estados Unidos da América;
- FISC – Fiscalização eletrônica de Veículos;
- GPS – Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global);
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;
- ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável;
- RMSP – Região Metropolitana de São Paulo;;
- SAAT – Sistemas Automatizados de Arrecadação Tarifária;
- SAMU – Serviço de Atendimento Móvel de Emergência;
- SAO – Sistema de Ajuda a Operação;
- SAT – Sistemas de Análise de Tráfego;
- SCA – Sistema de Controle Ambiental;

SCSE – Sistemas de Controle de Serviços de Emergência;

SCTD – Sistemas Comunicação e Transmissão de Dados;

SETEC – Serviços Técnicos Gerais;

SIGA – Sistema Integrado de Gestão e Automação do Tráfego;

SIM – Sistema Integrado Municipal;

SIMD – Sistema de Integração de Modais;

SIU – Sistema de informação aos usuários;

SMTR – Sistema de Monitoramento em Tempo Real;

SPS – Sistemas de Prioridade Semafórica;

STI – Sistema de Transporte Inteligente;

STPCI – Sistema de Transporte Público Coletivo Inteligente;

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação;

TPCI – Transporte Público Coletivo Inteligente

## **LISTA DE QUADROS E GRÁFICO**

**Gráfico 1** – Comparativo da quantidade de passageiros em relação ao período de janeiro dos anos de 2014, 2016 e 2020

**Quadro 1** – Definições das Tecnologias Inteligente aplicadas no ATMS

**Quadro 2** — Tecnologias inteligente aplicadas no STI em Países e cidades no mundo

**Quadro 3** – Tecnologias inteligente aplicadas no STI em cidades nacionais

**Quadro 4** – Análise das tecnologias inteligente em STI dos lugares pesquisados

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de ajuda à operação

Figura 2 – Sistema de informação ao usuário aplicativo Moovit

Figura 3 – Modelo de placa dos pontos de ônibus de Londres

Figura 4 – Ponto de *Countdown*

Figura 5 – Representação de um Ponto Inteligente na cidade de Curitiba

Figura 6 – Semáforo Inteligente na via principal de São José

Figura 7 – Crescimento Populacional do Município de Maceió (2010 - 2021)

Figura 8 – Região Metropolitana de Maceió destacando as rodovias, áreas urbanizadas e Faixa Azul

Figura 9 – Sistema viário principal de Maceió: Eixos radiais e ligações transversais

Figura 10 – Desenho do itinerário das linhas de ônibus municipais de Maceió

Figura 11 – Ilustração esquematizada da sobreposição dos itinerários já existentes

Figura 12 - Núcleo de Operação Integrada de Maceió.

Figura 13 - Instalação de um semáforo inteligente na Avenida Durval de Góes Monteiro

Figura 14 - Mapa da Linha do VLT de Maceió

Figura 15 – Representação da Concepção do BRT Maceió

## RESUMO

O avanço das tecnologias da informação tem proporcionado progressos significativos na gestão dos sistemas de transporte. Ao redor do mundo, várias tecnologias têm sido testadas e implementadas com sucesso para auxiliar no controle da operação do transporte público. Esses sistemas fornecem informações valiosas para o planejamento e operação dos sistemas de transporte. No Brasil, os investimentos em tecnologias avançadas ainda são relativamente limitados, e os principais desafios enfrentados incluem a escassez de veículos, baixa eficiência, falta de conforto durante as viagens, congestionamentos persistentes com consequente aumento nos tempos de deslocamento e a consequente diminuição da produtividade das atividades urbanas, além dos impactos ambientais negativos. Entretanto, é possível identificar um interesse crescente por parte dos órgãos gestores e operadores em adotar sistemas automatizados como meio de aprimorar a qualidade dos sistemas de transporte.

Este trabalho tem por objetivo analisar o sistema de transporte público de Maceió e compará-lo com base em Sistemas de Transportes Inteligentes (STI). Para isso, o levantamento das condições da infraestrutura do município de Maceió, bem como a pesquisa dos dados dos usuários do transporte público e as tecnologias de Sistema de transporte Inteligente foram realizados de forma bibliográfica. Por fim, notou-se que a utilização de tecnologias avançadas pode auxiliar no monitoramento dos tempos de viagens e tempos perdidos durante uma operação de transporte público e a implementação do Sistema BRT pode contribuir para promover benefícios ao sistema de transporte público, como a implantação de um Sistema de Prioridade Semafórico e um sistema de Contagem Automática de Passageiros em ônibus para auxiliar no planejamento e na gestão do serviço de transporte do município de Maceió.

Palavras-chave: Cidade Inteligente. Sistema de Transporte Inteligente. Sistema BRT. Tecnologias Inteligentes para Transporte Público.

## **ABSTRACT**

The advancement of information technologies has brought about significant progress in the management of transportation systems. Around the world, various technologies have been successfully tested and implemented to assist in controlling public transportation operations. These systems provide valuable information for the planning and operation of transportation systems. In Brazil, investments in advanced technologies are still relatively limited, and the main challenges faced include vehicle scarcity, low efficiency, lack of comfort during trips, persistent congestion leading to increased travel times, and consequent reduction in urban productivity, along with negative environmental impacts. However, there is a growing interest on the part of governing bodies and operators in adopting automated systems as a means to enhance the quality of transportation systems.

This work aims to analyze the public transport system in Maceió and compare it based on Intelligent Transport Systems (ITS). For this, the survey of the conditions of the infrastructure of the city of Maceió, as well as the research of the data of the users of the public transport and the technologies of Intelligent Transport System were carried out in a bibliographical way. Finally, it was noted that the use of advanced technologies can help monitor travel times and lost times during a public transport operation and the implementation of the BRT System can contribute to promoting benefits to the public transport system, such as the implementation of a Traffic Light Priority System and an Automatic Passenger Counting system on buses to assist in the planning and management of transport services in the city of Maceió.

Keywords: Smart City. Intelligent Transport System. BRT system. Intelligent Technologies for Public Transport.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
1.1. Considerações Iniciais	17
1.2. Objetivos	18
1.2.1. Objetivo Geral	18
1.2.2. Objetivos Específicos	18
1.3. Justificativa	19
<b>2. METODOLOGIA</b>	<b>23</b>
2.1. Levantamento de Dados	24
2.2. Desenvolvimento	25
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>27</b>
3.1. Cidades Inteligentes	27
3.2. Mobilidade Inteligente	28
3.3. Transporte Público Coletivo Inteligente	28
<b>4. ESTUDO DAS TECNOLOGIAS PARA STI</b>	<b>31</b>
4.1. Sistemas Inteligentes de Transportes	31
4.1.1. APTS Advanced Public Transportation Systems	32
4.1.2. Sistemas de Ajuda à Operação (SAO)	33
4.1.3. Sistemas De Informação ao Usuário (SIU)	34
4.1.4. Sistemas de Localização Automática de Veículos (AVL)	35
4.2. Sistema Avançado de Gerenciamento de Tráfego (ATMS)	36
4.3. Coleta Eletrônica de Pedágios (ETC)	39
4.4. Operação de Veículos Comerciais (CVO)	40
4.5. Sistemas Integrado de Modais (SIMD)	40
<b>5. PANORAMA DOS SISTEMAS INTELIGENTES</b>	<b>43</b>
5.1. Panorama internacional	43
5.1.1. Coreia do Sul	44
5.1.2. Londres - Inglaterra	44
5.1.3. Sidney - Austrália	46
5.1.4. Estados Unidos da América	48
5.1.5. Barcelona - Espanha	49
5.2. Panorama Nacional	50
5.2.1. Fortaleza (CE)	52
5.2.2. Rio de Janeiro (RJ)	52
5.2.3. Porto Alegre (SC)	53
5.2.4. Curitiba (PR)	54
5.2.5. Belo Horizonte (MG)	57
5.2.6. Goiânia (GO)	57
5.2.7. São Paulo (SP)	59
<b>6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO DE CASO</b>	<b>61</b>
6.1. O município de Maceió	61

6.2. O sistema viário principal da região metropolitana de Maceió	62
6.3. O sistema de transporte público coletivo por ônibus em Maceió	64
6.4. Caracterização do Sistema de Transporte Inteligente de Maceió	68
6.5. Caracterização do sistema de transporte público VLT	70
6.6. Futura Implementação de um sistema de transporte público BRT	71
<b>7. ANÁLISE DO STI DE MACEIÓ</b>	<b>73</b>
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>79</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Considerações Iniciais

O termo conhecido mundialmente em inglês “Smart city” traduzido para o idioma português ‘Cidade Inteligente’, faz referência a uma cidade ou local onde a sociedade e o governo utilizam de forma coletiva as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), visando promover o desenvolvimento sustentável, impactando positivamente na economia, na mobilidade urbana, no meio ambiente, na educação, na saúde, na segurança pública e na gestão pública da cidade (SANTOS; PASSOS, 2017).

As TIC’s aplicadas nas cidades inteligentes promovem a comunicação entre serviços públicos, gestores e os cidadãos, impactando no desenvolvimento das atividades por estes serviços, possibilitando a melhoria na qualidade de vida dos cidadãos. Castilha (2017) conceitua qualidade de vida relacionando-a com a sustentabilidade, com a participação popular, com a proteção dos ecossistemas, com a satisfação das necessidades básicas dos cidadãos, com uma gestão baseada na solidariedade social, na visão holística dos problemas e na redução das iniquidades sociais. A melhoria na qualidade de vida dos habitantes pode ocorrer de diversas formas, como por exemplo, no aumento da eficiência dos serviços de transporte público coletivo, o que acaba impactando positivamente a mobilidade urbana da região (RAMILO, 2021).

A Política Nacional de Mobilidade Urbana (BRASILIA, 2012) conceitua o termo de mobilidade em centros urbanos como atributo da cidade, correspondente à facilidade de deslocamento das pessoas e bens em espaços urbanos. Entre as funções públicas de interesse comum, o transporte desempenha um papel vital na melhoria da mobilidade e acessibilidade dos cidadãos metropolitanos, além de ser essencial para o adequado funcionamento do setor privado produtivo e de outras funções públicas (LEITE, 2015).

No entanto, a demanda por sistema de ônibus urbano no Brasil vem sofrendo por um declínio nos últimos anos. Assim, vários fatores podem ser listados para justificar este acontecimento, dentre eles está a descentralização dos centros urbanos, o aumento da quantidade de viagens, problemas relacionados à economia vigente etc. Neste quadro, nota-se que devido à perda de espaço no mercado, é interessante que surjam novos referenciais competitivos. E na busca por eles, já é possível contar com o auxílio dos novos sistemas de tecnologias avançadas específicas para o uso nos transportes públicos (SILVA, 2016).

Nos países desenvolvidos, os sistemas de transporte público passaram por avanços significativos em termos de qualidade e eficiência recentemente. A adoção de tecnologias modernas, com integração de frotas e redes viárias por meio de sistemas inteligentes, tanto na automação da bilhetagem quanto no controle da operação, trouxe diversos benefícios. Nesse contexto, a precisão das informações obtidas por meio dos sistemas inteligentes e em tempo real pode resultar em melhorias nos processos operacionais do transporte coletivo. Isso inclui dimensionar a oferta de forma mais adequada à demanda real, controlar as viagens, regular as linhas, fornecer informações mais precisas aos passageiros, reduzir a evasão de receita, permitir a integração temporal, entre outros benefícios (SILVA, 2016).

Com o objetivo de melhorar a qualidade do transporte público coletivo, muitas cidades têm buscado adotar tecnologias que incluam um Sistema de Transporte Inteligente. Uma cidade inteligente é aquela que ultrapassa os desafios do passado e se prepara para o futuro, utilizando a tecnologia como uma ferramenta para prestar serviços públicos urbanos de maneira mais eficiente e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida dos cidadãos (CUNHA et al., 2016).

A implementação de um Sistema de Transporte Inteligente (STI) tem o potencial de aprimorar a eficiência do sistema de transporte público, trazendo benefícios tanto para os gestores quanto para os usuários. E a disponibilidade de aplicativo por parte das concessionárias de atendimento ao transporte público pode ainda melhorar a atratividade deste modal em relação a outros, e ainda auxiliar na gestão e planejamento.

Desse modo, para que o descrito se torne viável, é necessário estabelecer um estudo qualificado. Portanto, uma das finalidades do trabalho em questão consiste justamente em uma busca de novos sistemas inteligentes de transporte que possam contribuir para a melhoria da mobilidade urbana na cidade de Maceió.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo Geral**

Analisar os métodos e atributos que possam contribuir para a alavancagem do ITS – Intelligent Transportation Systems no transporte público de Maceió por ônibus urbano.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Estabelecer e definir sistemas de transporte inteligente aplicados ao transporte coletivo urbano;

- Definir e analisar os sistemas inteligentes com o foco principal no conceito de “Mobilidade inteligente”;
- Verificar quais as tecnologias são utilizadas no Sistemas de Transporte Inteligente nacional e internacional;
- Avaliar as condições da infraestrutura de mobilidade urbana no transporte público da região do município de Maceió;
- Confrontar as condições do transporte coletivo do município de Maceió com as tecnologias das Smart City e propor melhorias plausíveis para a região.

### 1.3. Justificativa

Na literatura, **Davis e Boundy (2020)** informa que no ano de 2008, o mundo atingiu o impressionante número de 1 bilhão de veículos em circulação, e segundo o IBGE (2020a) no ano de 2018 a frota de veículos no Brasil, chegou a 100,7 milhões de automóveis nas vias públicas, quase um para cada dois habitantes. Esta constatação nos remete a pesquisar se as infraestruturas urbanas para a mobilidade também cresceram proporcionalmente ao número de veículos em circulação e como lidar com esse número grande e crescente de veículos, especialmente em horários de pico, além de verificar se principalmente estão suprindo o cidadão com a qualidade adequada de serviço em suas necessidades diárias.

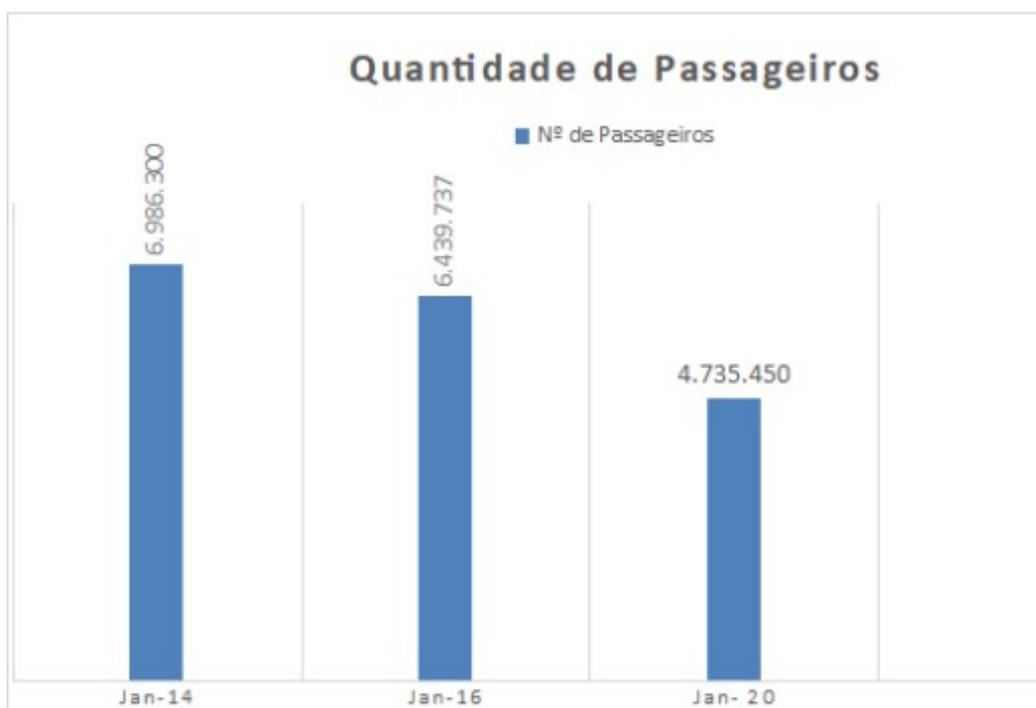
Para colaborar com essa ideia, após realizar estudos sobre o fluxo do tráfego de veículos, **Fausto Filho et al. (2018)** chegaram à conclusão que o trecho que compreende a avenida Fernandes Lima possui uma tendência de piora para os próximos 5 anos, tornando o trânsito da região bastante caótico caso as autoridades competentes não apresentem soluções de melhoria.

De acordo com o **DETRAN-AL (2020)**, em 2000 havia 45 mil veículos deste tipo registrados e em 2019 este número saltou para 196 mil, um crescimento expressivo de 435%. As consequências de um aumento tão significativo no número de automóveis é certamente o seu uso e o que causa uma saturação no sistema viário da cidade. Além disso, na última Pesquisa Origem e Destino realizada na Região Metropolitana de Maceió no ano de 2014, já se constatou que o número de viagens motorizadas utilizando meios de transporte individuais superam a quantidade de viagens utilizando os meios de transporte coletivo. Foram registradas em um dia útil 533 mil viagens por modos individuais motorizados, enquanto as viagens por modos coletivos totalizaram 439 mil (**ALAGOAS, 2014, p. 73**).

Outro resultado da Pesquisa Origem e Destino de 2014 que vale o destaque é o tempo médio de viagem. Observou-se que os modais motorizados individuais apresentaram um tempo médio de viagem de 27 minutos, em contraste com os meios coletivos em Maceió, que registraram um tempo médio de 72 minutos (ALAGOAS, 2014, p. 81).

Borges et al (2020), ao realizar um estudo sobre o desenvolvimento de uma nova rede de transportes públicos de Maceió utilizando tecnologia, chegou à conclusão de que em janeiro de 2020, as empresas de transporte público registraram uma média de 4.735.450 de passageiros transportados na cidade de Maceió/AL, concretizando uma queda de 2.250.850 de passageiros/mês desde 2014, como expressado no **Gráfico 1**:

**Gráfico 1:** Comparativo da quantidade de passageiros em relação ao período de janeiro dos anos de 2014, 2016 e 2020



**Fonte :** Adaptado do Borges et al (2012).

Como muitas vezes o transporte público coletivo não recebe a devida atenção por parte da União, Estados e/ou Municípios, as cidades acabam moldando sua infraestrutura viária unicamente para atender ao automóvel, arrastando o transporte público sem prioridade, para uma crise de perda de atratividade (NETO, 2004). Além disso, os principais problemas enfrentados no transporte público urbano incluem (LEITE 2015):

- Congestionamento com a elevação dos tempos de viagens e, conseqüente, redução de produtividade;

- Prejuízos na eficiência e no desempenho dos ônibus urbanos;
- Falta de Conforto e segurança nas viagens;
- Ausência de confiabilidade nos serviços prestados;
- Necessidade de investimentos crescentes no sistema viário;
- Redução de áreas verdes e impermeabilização do solo para expansão do sistema viário.

A perda de atratividade do transporte público tem levado os passageiros a buscar outras formas de deslocamento, o que tem impulsionado o surgimento do transporte individual por aplicativo. Desde 2014, esse modal surgiu no Brasil como uma alternativa para competir diretamente com os serviços prestados pelos taxistas **(ROMILO, 2021)**.

Em uma pesquisa de origem e destino feita na Região Metropolitana de São Paulo no ano de 2017 estima-se que as viagens contratadas pelos serviços de transporte por aplicativo realizaram 362 viagens/dia, enquanto os serviços por táxi convencionais 113 viagens/dia. O sistema transporte individual por aplicativo pode afetar de forma significativa as condições ambientais urbanas, os custos do transporte/tarifa e o uso das vias públicas, além do aumento do número de veículos causando mais congestionamento **(ANTP, 2019)**.

**Pais (2022)** reconhece em seu estudo sobre a avaliação do desempenho do tráfego urbano em Maceió que temos problemas, em vista disso, o deslocamento de pessoas na região encontra-se prejudicado, pois os usuários de transporte público sofrem com a falta de qualidade nas viagens, com o tempo excessivo do traslado, a falta de integração entre as linhas, o que dificulta a conexão entre diferentes áreas da cidade e condições precárias dos veículos que pode afetar a segurança e o conforto dos passageiros.

Com o objetivo de aprimorar a qualidade do transporte público coletivo, as cidades estão buscando incorporar tecnologias que abrangem um Sistema de Transporte Inteligente (STI). Uma Cidade Inteligente pode ser definida como um contexto urbano que enfrenta e supera os obstáculos históricos, visando alcançar um futuro próspero. Nesse sentido, a tecnologia é utilizada como um instrumento para aprimorar a prestação dos serviços públicos urbanos, promovendo maior eficiência e elevando a qualidade de vida dos cidadãos **(CUNHA et al., 2016)**.

A implementação de um Sistema de Transporte Inteligente (STI) tem o potencial de aprimorar a eficiência do sistema de transporte público, trazendo benefícios tanto para os gestores quanto para os usuários. E a disponibilidade de aplicativo por parte das

concessionárias de atendimento ao transporte público pode ainda melhorar a atratividade deste modal em relação a outros, e ainda auxiliar na gestão e planejamento **(ROMILO, 2021)**.

Durante os últimos anos o município de Maceió vem realizando investimentos na infraestrutura de mobilidade urbana. Um projeto de sistema *Bus Rapid Transit* (BRT) foi apresentado pela SMTT, no dia 23 de março de 2023, mas até o momento da pesquisa não há nenhuma data de execução prevista. Ao fazer uma análise do projeto, A prefeitura de Maceió planeja implantar um corredor de transporte coletivo tipo BRT, que ligará os bairros mais distantes na parte alta da capital. O projeto abrangerá uma extensão de 14,5 km e terá 22 estações, com uma distância média de 620 metros entre elas. O corredor será exclusivo para ônibus, sem interferência dos demais veículos em circulação, e contará com estações de parada fechadas e elevadas ao nível do piso interno dos veículos, portas automáticas e pagamento antecipado das passagens **(MACEIÓ, 2023)**.

A região do município de Maceió beneficia-se com a implantação do STI e sistema BRT, melhorando não só o deslocamento das pessoas desta região, mas promovendo melhorias no Sistema de Transporte Público como um todo.

Portanto este trabalho se insere no contexto nacional e internacional no que se refere aos apontamentos da existência do transporte público inteligente no município de Maceió, como uma ferramenta técnica e científica de apoio para melhorias que ainda podem ser implantadas, em benefício da população.

Dessa forma, busca-se identificar os componentes e critérios essenciais para o desenvolvimento de um modelo de mobilidade urbana integrado a um sistema de transporte inteligente, com o intuito de promover uma contribuição significativa para a sociedade local.

## 2. METODOLOGIA

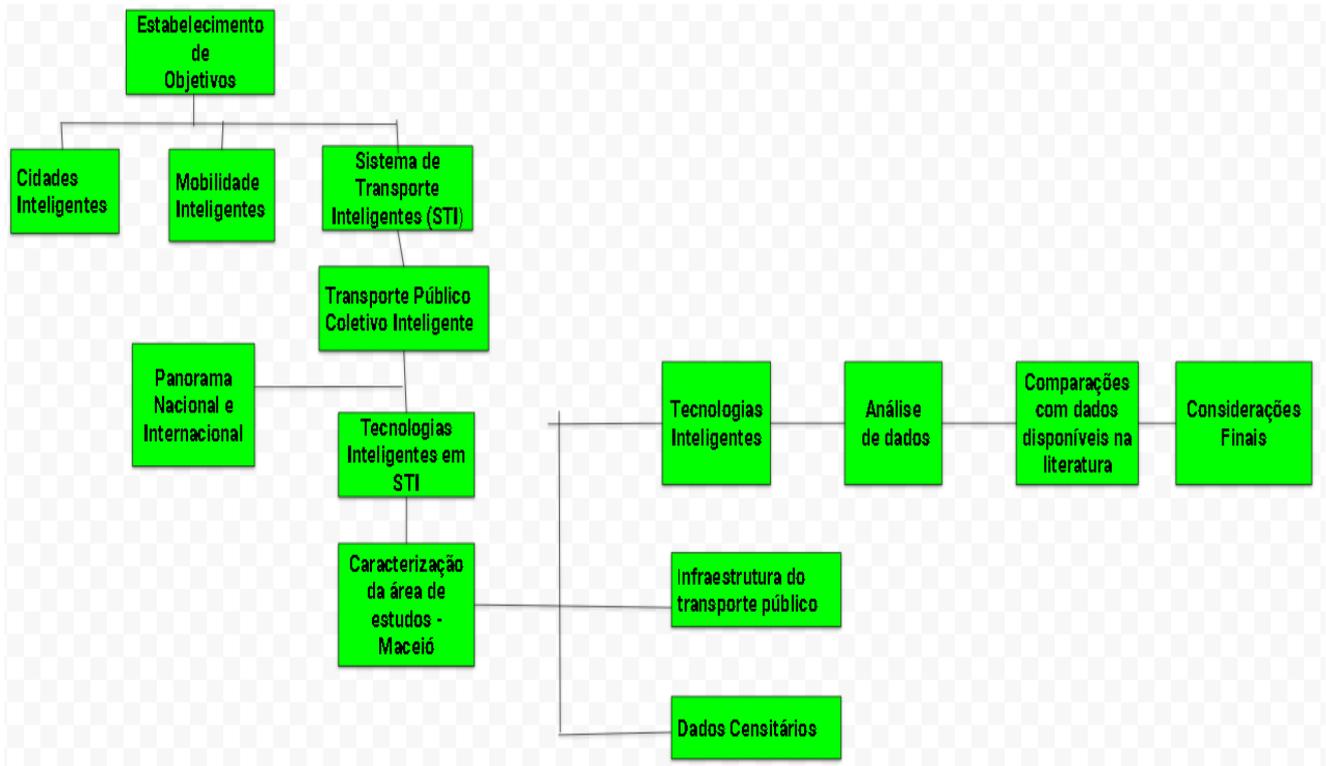
Segundo **Strauss e Corbin (1998)**, o método de pesquisa reúne técnicas e procedimentos para coletar e analisar dados. Nele são fornecidos os meios para alcançar o objetivo proposto, ou seja, as ferramentas das quais fazemos utilização na pesquisa, a fim da resposta ou solução da nossa questão.

Nesse sentido, esta pesquisa apresenta características e propriedade de uma pesquisa descritiva, de acordo com **Gil (2002)** pesquisas descritivas permitem caracterizar o assunto pesquisado, no qual há conhecimentos prévios sobre este, permitindo assim que ele seja implantado e estruturado. Desse modo, as pesquisas caracterizadas como descritivas com base em seus objetivos, acabam servindo mais para proporcionar uma nova visão do problema, o que acaba aproximando-as das pesquisas exploratórias.

A presente pesquisa adota uma abordagem metodológica que integra elementos qualitativos e quantitativos. A abordagem qualitativa fundamenta-se na análise de informações documentais e na consideração de aspectos subjetivos, visando alcançar uma compreensão mais aprofundada e abrangente das respostas relativas ao conhecimento sobre o tema em análise. Por sua vez, a abordagem quantitativa baseia-se na utilização de dados censitários, com o propósito de examinar e propor melhorias no sistema de transporte público existente na região de estudo. Essa combinação metodológica possibilita uma análise compreensiva e ampla do problema em questão, visando obter uma compreensão abrangente dos diversos aspectos envolvidos.

Assim sendo, o **Fluxograma 01** apresenta as etapas desenvolvidas neste trabalho

Fluxograma 01 – Etapas desenvolvidas no trabalho



Fonte: Autor (2023)

## 2.1. Levantamento de Dados

O levantamento bibliográfico foi conduzido por meio de uma pesquisa documental abrangendo os conceitos de Cidade Inteligente, Mobilidade Inteligente, Sistema de Transporte Inteligente e Transporte Público Coletivo Inteligente. Em seguida, foi realizada uma análise das tecnologias avançadas aplicadas no contexto do transporte público inteligente, especificamente no que se refere aos sistemas de ônibus inteligentes. Além disso, foi traçado um panorama das tecnologias avançadas tanto em nível global quanto no contexto brasileiro. Por fim, o levantamento contemplou uma avaliação da infraestrutura e das Tecnologias Inteligentes pertinentes à área de estudo.

Os principais documentos analisados e investigados para o desenvolvimento da dissertação foram: Sistema Inteligentes de Transporte – ITS (ANTP, 2012); Política Nacional de Mobilidade urbana (2012); Pesquisa Origem e Destino da Região Metropolitana de Maceió (2014); Série Histórica de veículos em Alagoas por tipo de veículo e ano (DETRAN-AL, 2020).

## 2.2. Desenvolvimento

Em relação aos meios para o desenvolvimento, a pesquisa bibliográfica foi a ferramenta utilizada para estudar, embasar e formular a apresentação da problemática e, a partir daí, analisar pontos referentes a inovações em transportes. Enquadra-se como bibliográfica por ter partido de um estudo desenvolvido com base em materiais publicados em livros, artigos e redes eletrônicas sobre o assunto.

Como esta pesquisa faz uso de uma quantidade considerável de publicações e artigos disponíveis apenas em meio digital e de documentos de órgãos governamentais e não-governamentais, pode ser classificada também como documental.

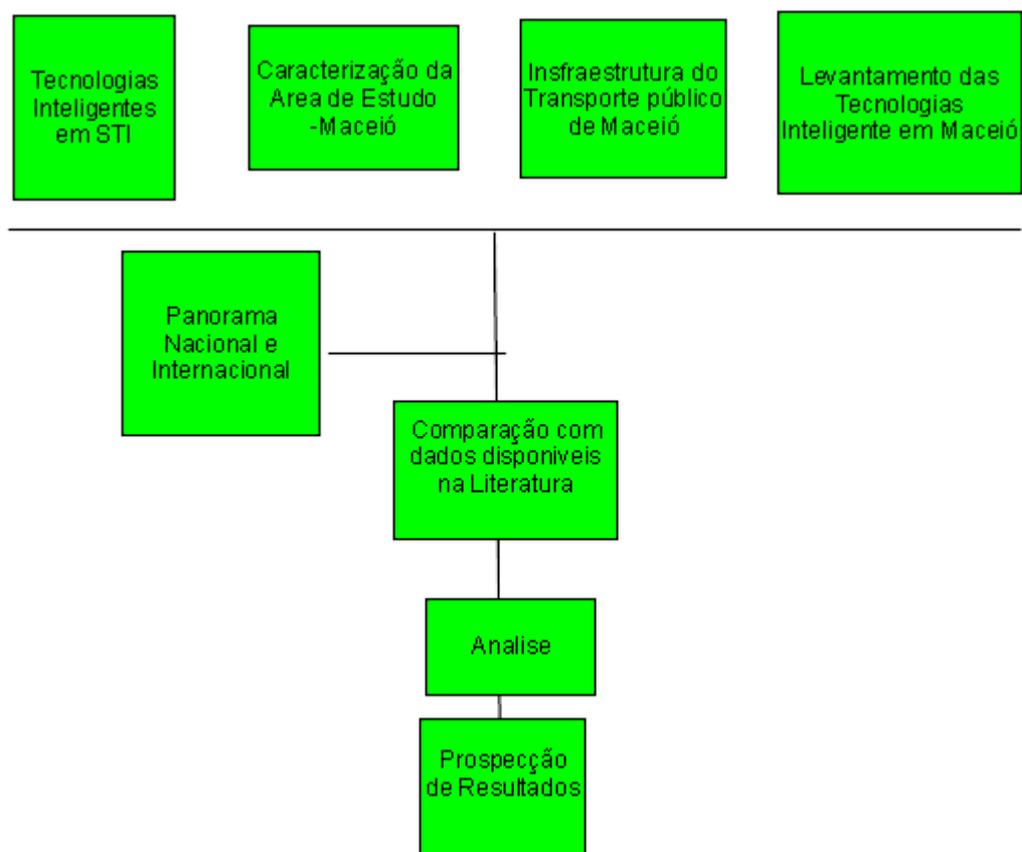
Com as características definidas, pode-se classificar este Trabalho de Conclusão de Curso, como uma pesquisa descritiva, bibliográfica e documental.

Para o desenvolvimento do presente trabalho será desenvolvida as seguintes etapas

- 1) Pesquisa Bibliográfica: Revisão de Literatura:
  - a) Revisão literária baseada em materiais estrangeiros e nacionais retirados de artigos científicos, dissertações, teses, e através de meios eletrônicos. Serão abordados os seguintes assuntos:
  - b) Conceito, definição e implantação das tecnologias utilizadas nos ITS – Intelligent Transportation Systems, bem como as vantagens de seu uso.
  
- 2) Pesquisa Descritiva: Obtenção de Informações
  1. Identificar os ITS e APTS – Advanced Public Transportation Systems implantados no Brasil;
  2. Identificar os benefícios que os novos APTS podem trazer para o controle operacional no transporte público de Maceió;
  3. Identificação dos critérios a serem considerados na análise.
  
- 3) Elaboração de quadros comparativos de tecnologias em Sistema de Transporte Inteligente do mundo, Brasil, Maceió

Deste modo, foram identificadas as condições e os dados pertinentes e ao final, realizaram-se as análises e considerações finais. A seguir é apresentado o **Fluxograma 02** com um resumo das análises.

**Fluxograma 02** — Dinâmica de pesquisa



Fonte: Autor (2023)

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão abordados conceitos importantes para o entendimento dos métodos e análises que serão propostos neste trabalho. O referencial teórico discorre sobre os conceitos básicos de Cidades inteligentes, Mobilidade Inteligente e Transporte Público Coletivo Inteligente e citando alguns autores que balizam o assunto proposto.

#### 3.1. Cidades Inteligentes

Segundo **Santos (2018)**, a cidade é considerada o principal cenário contemporâneo para a reprodução da humanidade, onde estão inseridas suas conquistas, desafios, sonhos e metas. No entanto, o modelo de urbanização adotado pelas cidades, inclusive no Brasil, não tem atendido às necessidades da sociedade, mas sim promovido a geração de excedentes e a acumulação de capital, reforçando o ciclo do próprio sistema.

**Ferreira (2016)** afirma que uma Cidade Inteligente (CI) tem como sua principal característica a utilização das Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) em todos os seus níveis com o objetivo de otimizar a eficiência e promover a interconectividade em suas atividades relacionadas ao planejamento, administração e implementação de serviços e infraestrutura.

Conforme **Flexor e Alves (2020)** ao longo do tempo, a sociedade se desenvolve e se molda também a partir do meio técnico-científico no qual está inserida, tendo suas práticas intimamente conectadas aos avanços tecnológicos desenvolvidos e vigentes naquele determinado período. É dentro dessa perspectiva que a cidade contemporânea se desenvolve na era da informação, adotando o conceito de "Cidade Inteligente". Nesse contexto, são incorporados sistemas e dispositivos de gestão e controle de informações, baseados na digitalização e no uso da internet, com o objetivo de aprimorar a experiência do indivíduo ao interagir com os diversos serviços disponibilizados em cada localidade.

Nesse sentido, a amplitude da definição de Cidade Inteligente (CI), independentemente de suas características serem urbanas ou rurais, é aplicável em ambos os contextos. Essa aplicabilidade é válida tanto em áreas metropolitanas como em outras localidades, uma vez que as características da CI transcendem tais estratificações (**GOMES et al., 2016**).

### 3.2. Mobilidade Inteligente

Conforme **Lam e Head (2012)** descrevem a Mobilidade Inteligente é um conceito que se refere ao uso de tecnologia e inovação para melhorar a eficiência e a sustentabilidade do transporte e da locomoção de pessoas e bens e isso pode incluir o uso de veículos elétricos e autônomos, sistemas de compartilhamento de carros e bicicletas, aplicativos de transporte público e privado, sensores e dispositivos de monitoramento de tráfego, sistemas de navegação avançados e soluções integradas de transporte multimodal.

Nesse sentido, a mobilidade inteligente é uma área que propõe soluções para a acessibilidade local, nacional e internacional das cidades inteligentes, utilizando recursos das TIC's, inovações e estratégias de segurança (**DEWALSKA-OPTEK,2014**).

**Papa e Lauwers (2015)** discutem a mobilidade inteligente sob duas abordagens: a “tecnocêntrica” (com foco na oferta) e a “centrada no consumidor” (com foco na demanda). A mobilidade inteligente tecnocêntrica tem a TIC para a infraestrutura de transporte no seu núcleo, a infraestrutura das cidades inteligentes está associada à sua operacionalidade e organização, por meio do processo de gestão e otimização. E a abordagem “centrada no consumidor” enfatiza o lado humano, focando no fornecimento de novos produtos de mobilidade para os consumidores (usuários dos meios de transporte). Desta forma, uma mobilidade só se torna verdadeiramente inteligente se, por meio da tecnologia e da infraestrutura, proporcionar uma melhor qualidade de vida à sociedade (**ROMILDO, 2021**).

Por fim, o principal objetivo da mobilidade inteligente é a conectividade que auxilia os usuários na transmissão de todas as informações de tráfego em tempo real e os administradores públicos conduzirem simultaneamente o gerenciamento dinâmico das condições viárias. Os dados relacionados à mobilidade podem mudar constantemente (por exemplo, dados sobre vagas de estacionamento, condições de trânsito, acidentes, trens ou atrasos de ônibus) e podem ser comunicados imediatamente aos usuários de aplicativos móveis, para garantir uma viagem inteligente, fácil e suave (**PINNA et al., 2017**).

Com o progresso acelerado do conceito de Mobilidade Inteligente, emergem questões de significativa importância que recebem ênfase. Dentre essas questões, merece destaque o conceito de Sistema de Transporte Inteligente (STI).

### 3.3. Transporte Público Coletivo Inteligente

Na teoria, o Transporte Público Coletivo Inteligente é um conceito que se refere ao uso de tecnologia e inovação para melhorar a eficiência, a qualidade e a sustentabilidade dos serviços de transporte público coletivo, que são oferecidos para um grande número de pessoas

e isso pode incluir o uso de sistemas de informações em tempo real, que permitem aos usuários acessarem informações precisas sobre horários, rotas e condições do trânsito, o uso de veículos elétricos e/ou autônomos, a criação de corredores exclusivos para ônibus, a instalação de pontos de parada inteligentes, com informações e serviços de conectividade para os usuários, além de soluções de pagamento eletrônico e bilhetagem integrada (ANTP, 2012).

O objetivo do transporte público coletivo inteligente é tornar o sistema de transporte público mais atraente e acessível para os usuários, reduzir o congestionamento de tráfego e a poluição do ar, e melhorar a eficiência operacional dos serviços, aumentando assim a qualidade de vida nas cidades. Com essas soluções, espera-se que mais pessoas possam utilizar o transporte público como sua primeira opção de locomoção, melhorando o acesso aos serviços e promovendo a inclusão social.

Para realizar o Transporte Público Coletivo Inteligente em áreas urbanas é necessário realizar o gerenciamento em 5 áreas de interesse (ANTP, 2012):

- A disponibilidade de informações sobre o sistema durante o deslocamento é fundamental;
- Gerenciamento do transporte público;
- Integração no sistema de operação;
- O gerenciamento do transporte público de acordo com a demanda é essencial;
- Segurança no sistema de transporte público.

De acordo com (ANTP, 2012), para atender estas áreas de interesse o transporte público coletivo deve possuir alguns requisitos mínimos de um sistema inteligente de transporte:

- Equipamentos para comunicação entre usuários, condutores e operadores;
- Comunicações entre usuários e a infraestrutura e/ou centro de comunicações;
- As comunicações estabelecidas entre a infraestrutura e os centros de comunicações desempenham um papel fundamental no contexto das tecnologias aplicadas em sistemas de transporte inteligentes;
- Dados necessários antes da entrada em operação do sistema (ex: volume de tráfego, demanda de passageiros);
- Regulamentação;
- Institucional (questões jurídicas e organizacionais);
- Padronização de tecnologia.

Ainda, segundo (ANTP, 2012) existem diversos exemplos de Transporte Público Coletivo Inteligente. Destacam-se:

- Metrô de Cingapura: o metrô de Cingapura é considerado um dos mais eficientes e tecnologicamente avançados do mundo, com sistemas de sinalização avançados, veículos totalmente automatizados e sistemas de pagamento eletrônico;
- Ônibus elétricos de Shenzhen: a cidade chinesa de Shenzhen implantou uma frota de mais de 16.000 ônibus elétricos, tornando-se a primeira cidade do mundo a ter uma frota de ônibus totalmente elétrica;
- Sistema de transporte integrado de Curitiba: o sistema de transporte público de Curitiba, no Brasil, é conhecido por seu modelo de corredores de ônibus exclusivos e por sua bilhetagem integrada, que permite aos usuários pagar uma única tarifa para usar vários modos de transporte;
- BRT de Bogotá: o sistema de Bus Rapid Transit (BRT) de Bogotá, na Colômbia, é considerado um dos mais eficientes e bem-sucedidos do mundo, com uma rede extensa de corredores exclusivos para ônibus, integração com outras formas de transporte e pagamento eletrônico;
- Metrô de Dubai: o metrô de Dubai é conhecido por sua tecnologia avançada e luxuosidade, com sistemas de informação em tempo real, veículos climatizados e assentos de couro;
- Sistema de transporte integrado de Viena: o sistema de transporte público de Viena, na Áustria, é conhecido por sua eficiência e pela integração entre diferentes modos de transporte, incluindo ônibus, metrô, trem e bicicletas compartilhadas. O sistema também oferece soluções de pagamento eletrônico e bilhetagem integrada.

Na seção seguinte deste trabalho, será abordado o estudo das tecnologias para sistemas inteligentes de transporte. Serão apresentados conceitos, exemplos de aplicações que essas tecnologias podem proporcionar para a mobilidade urbana. A seção tem como objetivo fornecer uma visão geral sobre o estado atual das tecnologias para STI.

## 4. ESTUDO DAS TECNOLOGIAS PARA STI

Nesta seção serão abordados conceitos importantes para o entendimento dos métodos e análises que serão propostos neste trabalho. Na teoria há diversas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) que podem ser empregadas na construção de Sistemas Inteligentes. **Miyabukuro (2015)** em seu estudo, fica claro que dentro das diversas categorias de Sistemas Inteligentes há uma ampla gama de subcategorias. Como exemplo, **Rydewski et al (2015)** mencionam que há duas subcategorias principais de Sistemas Avançados de Transporte Público e elas são: os Sistemas de Localização Automática de Veículo (AVL) e os Sistemas Automatizados de Arrecadação Tarifária (SAAT). No entanto, **Bittencourt (2012)**, afirma os Sistemas Avançados de Transporte Público são classificados em três categorias principais: Sistema de Ajuda à Operação (SAO), Sistema de Informação aos Usuários (SIU) e Sistema de Acompanhamento e Análise de Transporte (SAAT). Essas divisões têm como objetivo otimizar a eficiência e a experiência dos passageiros. A seguir, apresenta-se uma revisão das Tecnologias Avançadas empregadas no STI, destacando as inovações recentes que estão transformando o setor de transporte público de forma significativa.

### 4.1. Sistemas Inteligentes de Transportes

Sistemas Inteligentes de Transporte é um termo utilizado para descrever o estado atual de sistemas complexos que visam aprimorar a experiência de mobilidade (**WILLIAMS, 2008**).

Segundo **Priya (2021)** esses sistemas representam o estado da arte na utilização dos Sistemas de Transporte, pois oferecem uma variedade de serviços inovadores para diferentes modalidades de transporte. Eles integram várias ferramentas online para auxiliar os usuários a obterem maior segurança, informações abrangentes e utilizar de maneira mais eficiente a rede de transporte. Os Sistemas Inteligentes de Transporte englobam uma diversidade de tecnologias e aplicações inovadoras para veículos e sistemas de tráfego. O objetivo central desses sistemas é o controle veicular e o aumento da segurança, proporcionando uma experiência mais segura e eficiente.

Nesse sentido, **Rutgersson (2013)** afirma que “O objetivo de sistemas inteligentes de transporte é aumentar o fluxo e a segurança do tráfego pelo direcionamento do tráfego e influenciando o comportamento do viajante para garantir vias livres de congestionamento e com tráfego seguro”.

#### 4.1.1. APTS Advanced Public Transportation Systems

Os Sistemas Avançados de Transporte Público (APTS) utilizam gerenciamento de transporte e tecnologias da informação para aumentar a eficiência de operação e a segurança do transporte público. Dessa forma, o usuário tem a possibilidade de receber informações em tempo real, como as condições de tráfego, alterações de horários, problemas no sistema de transporte e avisos sobre possíveis atrasos (PRIYA, 2021).

Esses sistemas procuram operar com a finalidade de localizar o veículo em tempo real e no espaço e, portanto, são responsáveis pelo princípio de operação em tempo real. Desta forma, para que os APTS funcionem é necessário que a utilização de tecnologias e sistemas paralelos como: Sistema de Localização Automática de Veículos (AVL); Software de Operações de Transporte; Sistemas de Comunicação; e Sistemas de Informação Geográfica estejam operando em perfeita harmonia (MIYABUKURO, 2015).

Devido à eficiência, Ceder (2007) aponta que os APTS são uma resposta aos problemas dos sistemas de transporte, fornecendo um conjunto de tecnologias que aumentam a mobilidade, conveniência e segurança de seus usuários.

A Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano através do documento Sistemas Inteligente de Transporte (BRASILIA, 2013), descreve que as principais funcionalidades de um Sistema de Transporte Público Avançado são divididas em seis grupos:

- Planejamento, Programação e Gestão: É um conjunto de serviços que define a abrangência e extensão da rede, tipos de serviços oferecidos, padrões de atendimento e qualidade (medidos por indicadores), gera ordens de serviço, realiza fiscalização e gestão (monitoramento e controle) das operações de transporte público. Além disso, são implementadas medidas contingenciais para lidar com situações adversas e garantir a conformidade com os padrões estabelecidos;
- Tarifação Eletrônica: Essa gama de serviços abrange todas as fases do processo de comercialização de créditos, abrangendo desde a sua criação até a distribuição, validação e efetiva arrecadação por meio do sistema de bilhetagem. Além disso, inclui a compensação ("*clearing*"), que possibilita a integração entre diferentes modos de transporte;
- Informações aos Usuários dos Serviços *Bus Rapid Transit* (Externos): Conjunto de serviços responsáveis por distribuir, de forma extensiva, atualizadas e eficazes

informações estáticas e dinâmicas sobre a rede de transportes e sobre serviços aos Usuários;

- **Prevenção e Segurança:**Esse conjunto de serviços tem como objetivo principal garantir a security do viajante, passageiro ou condutor, abrangendo tanto a proteção contra ações de terceiros ("*security*") quanto a prevenção de riscos operacionais ("*safety*");
- **Coordenação Multimodos:** Conjunto de serviços que desempenha um papel fundamental na coordenação entre os sistemas de transporte e tráfego, com o objetivo de aprimorar as transferências intermodais e priorizar o transporte público nas interseções semaforicas;
- **Infraestrutura:** Objetiva a continuidade da operação, mantendo a infraestrutura e serviços auxiliares, como suprimento de energia elétrica, telecomunicações, processamento de dados e outros.

#### 4.1.2. Sistemas de Ajuda à Operação (SAO)

Segundo **Priya (2021)**, a automação dos sistemas de transporte público desempenha um papel fundamental na gestão complexa das redes de ônibus, proporcionando uma compreensão contínua e detalhada da localização de cada veículo e permitindo o controle efetivo da frota em trânsito. Tal automação capacita a identificação de causas de atrasos, antecipações ou falhas, viabilizando ações imediatas e soluções de problemas por meio de comunicação online em tempo real. Esse cenário pode ser visualizado na **Figura 1**.

**Figura 1:** Sistema de ajuda à operação



**Fonte :** Adaptado do **MILLDESK (2019)**.

Assim, é possível melhorar a produção em termos de desenho da rede, organização da programação, monitoração das operações e gerenciamento das informações, para a central de controle, motoristas e usuários (MILLDESK, 2021).

Ferreira (2015) ainda descreve que, a funcionamento do SAO consiste em uma central de operações para controle e armazenamento dos dados e eles recebem um pré-tratamento no veículo e um tratamento final na central de operações e de controle, de forma a assegurar a localização permanente do ônibus, o tempo parado, rotação do motor, número de passageiros, por trecho e horário, que servirão para uso no planejamento.

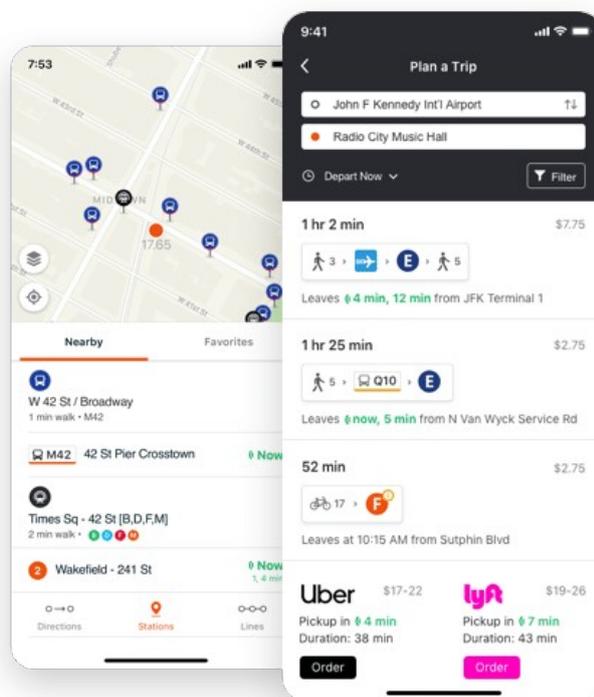
#### **4.1.3. Sistemas De Informação ao Usuário (SIU)**

Os sistemas de informação em tempo real utilizam-se de tecnologias de ponta que incluem telefone celular, monitores, computadores e painéis eletrônicos, para proporcionar informações com alto nível de precisão (SILVA, 2000).

Conforme Ferreira (2015), na visão do usuário, os SIU são aqueles que trazem maiores benefícios, através das tecnologias avançadas que foram implementadas nos Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT), pois além de permitir que os operadores e gestores extraiam informações relativas dos usuários, como tempo de espera, itinerário e outras informações que possam auxiliar no gerenciamento do transporte público que tem a capacidade de reduzir significativamente as incertezas associadas à viagem efetuada.

De acordo com a **Figura 2**, é possível observar que através dos SIU e por conta do avanço da internet via celular, o processo de informação pode ser feito nas moradias, estabelecimentos, shoppings, pontos, estações e dentro dos veículos (BITTENCOURT, 2012).

**Figura 2:** Sistema de informação ao usuário aplicativo Moovit.



**Fonte:** Adaptado do Moovit (2021).

Dessa forma, ao fornecer dados relacionados a horários, rotas e itinerários dos ônibus, esse serviço desempenha um papel de extrema relevância na manutenção de um padrão mínimo de qualidade exigido pelos usuários do transporte público urbano (SILVA, 2016).

#### 4.1.4. Sistemas de Localização Automática de Veículos (AVL)

O Sistemas de Localização Automática de Veículos (AVL) possibilita priorizar o transporte público urbano, reduzindo tempos de viagens aos usuários, custos do sistema aos operadores e a melhoria da trafegabilidade dos veículos na cidade (RAMILO, 2021).

Bittencourt (2012) apresenta as seguintes formas de tecnologias aplicadas ao AVL :

- *Signpost* (Antena): Informações capturadas de placa no veículo e transmitidas para antena fixada na via;
- *Wayside* AVL (Reconhecimento automático de caminho do veículo): Dados comunicados por meio de micro-ondas utilizados para sistemas de pedágio eletrônico e gerenciamento de tráfego;

- *Ground-Based Radio Positioning* (Posicionamento via rádio por base terrestre): Triangulação por rádio; a localização é devida ao movimento do veículo relacionado a duas ou mais estações de rádio fixas;
- *Satellite-Based Radio Positioning* (Posicionamento via rádio por satélite): Informações da localização do veículo relacionado a satélites circulares (GPS, por exemplo) ou geoestacionários;
- *Differential GPS* (GPS Diferencial): Correção do erro de aproximação do GPS através de receptor diferencial;
- *Dead Reckoning* (Identificador por deslocamento): Sensores e algoritmos detectam a distância entre um ponto imóvel e o veículo usando uma referência padronizada;
- *Hybrid Navigation System* (Sistema híbrido de navegação): A integração de duas ou mais tecnologias, como GPS ou antenas, juntamente com outras de natureza secundária.

Na literatura, **Miyabukuro (2015)** afirma que o objetivo do centro de controle operacional é passar as informações aos motoristas e aos usuários, da seguinte maneira:

- Informações pré-viagem (*Pre-trip Information*): por meio de telefonemas, acesso à internet, transmissões convencionais de rádio e nos pontos de atendimento das concessionárias de rodovias;
- Durante a viagem (*On-trip information*): Painéis de Mensagens Variáveis (*Variable Message Signs*– VMS) dispostos em pontos estratégicos das vias, aparelhos especiais de rádio (*Radio Data System/ Traffic Message Channel*).

#### 4.2. Sistema Avançado de Gerenciamento de Tráfego (ATMS)

O Sistema Avançado de Gerenciamento de Tráfego (ATMS) engloba a coordenação abrangente do fluxo de veículos, utilizando tecnologias em projetos voltados para a mitigação do congestionamento em vias urbanas e rurais, além de garantir a eficiência e segurança do sistema de transporte. Tecnologias avançadas são aplicadas em sistemas de sinalização, segurança no trânsito, gerenciamento de congestionamentos e rotas para atingir esses objetivos (**MIYABUKURO, 2015**).

O Sistema Avançado de Gerenciamento de Tráfego (ATMS) opera por meio da integração de diversos sistemas de tecnologia, como sensores, câmeras, sistemas de posicionamento global (GPS), comunicações sem fio e software de análise de dados. Esses sistemas são interligados para coletar, processar e distribuir informações em tempo real sobre as condições de tráfego na área urbana. Os sensores instalados nas vias detectam a presença

de veículos, medem a velocidade do tráfego e identificam congestionamentos, acidentes e outras situações de tráfego anormais. As câmeras de vigilância monitoram a área e fornecem imagens em tempo real para os centros de controle de tráfego **(BITTENCOURT, 2012)**.

Os sistemas de GPS são utilizados para rastrear a localização dos veículos e auxiliar na determinação dos tempos de viagem e das rotas mais eficientes. As informações coletadas pelos sensores e câmeras são enviadas para um centro de controle de tráfego, onde são processadas e analisadas por software de gerenciamento de tráfego. Com base nessa análise, o centro de controle pode tomar decisões e adotar medidas para melhorar as condições de tráfego, tais como ajustar a programação dos semáforos para reduzir congestionamentos em uma área específica ou alertar os motoristas sobre rotas alternativas **(MIYABUKURO, 2015)**.

Para a operação do ATMS no transporte público coletivo, é necessário possuir uma infraestrutura inteligente, que não se restrinja apenas aos veículos, mas que esteja presente nas vias e rodovias, na iluminação, nos semáforos, nos pontos de ônibus, estações de transferências e terminais de ônibus. O compartilhamento dinâmico das informações de tráfego para a coordenação automática do serviço promove medidas de gerenciamento do tráfego em tempo real. Esses dados devem ser trabalhados em conjunto com o SAO, o que resulta em uma melhor eficiência na gestão do tráfego **(BITTENCOURT, 2012)**.

Desse modo, são apresentadas as principais tecnologias que o ATMS e suas definições no **Quadro 1** a seguir :

**Quadro 1** – Definições das Tecnologias Inteligente aplicadas no ATMS

<b>Sistema</b>	<b>Definições</b>	<b>Autores</b>
<b>CCO</b>	Opera em integração com outros sistemas, realizando o monitoramento, controle e fiscalização, de forma segura e eficiente, da qualidade dos serviços prestados aos usuários do sistema de transporte público do município, coletando e tornando disponíveis, continuamente, informações diversas sobre os veículos e o sistema viário.	Lobler(2010); Simião e Firmino (2019)
<b>SCTD</b>	São parte fundamental do STI para prover a ligação entre o conjunto veículo/tripulação com as centrais de controle.	Silva (2000)
<b>SAT</b>	São equipamentos instalados no leito das vias que detectam num ponto específico a passagem dos veículos por meio de laços (sensores) indutivos ou piezoelétricos.	ANTP (2012)
<b>SCA</b>	Realiza o monitoramento estratégico por estações meteorológicas nas vias, sendo um instrumento que ajuda a operação, indicando condições climáticas adversas em algum trecho da via, permitindo ações mais rápidas, e aviso aos usuários através do SIU.	Costa (2010); ANTP (2012)
<b>SMTR</b>	Realiza o monitoramento em tempo real, enviando ao CCO as imagens obtidas em cada ponto de vídeo monitoramento fixos nas vias ou mesmo em câmeras instaladas dentro de veículos, através de, por exemplo, Vídeo <i>streaming</i> sobre IP, permitindo-se focalizações específicas, conforme estipulado pelos operadores na interface de operação para melhor gerenciar as condições do transporte público.	Ferreira (2015)
<b>SCSE</b>	Opera em conjunto com SMTR, permitindo aplicações voltadas para a gestão dos serviços de emergência, desde o transporte de materiais perigosos ao atendimento de ocorrência médicas em diferentes escalas.	Bittencourt (2012)

Fonte: Adaptado **ROMILO (2021)**

Legenda: CCO – Centro de Controle Operacional; SCTD – Sistemas Comunicação e Transmissão de Dados; SAT – Sistemas de Análise de Tráfego; SCA – Sistema de Controle Ambiental; SMTR – Sistema de Monitoramento em Tempo Real; SCSE – Sistemas de Controle de Serviços de Emergência.

As diversas tecnologias presentes na infraestrutura física da cidade devem se comunicar continuamente com o CCO por meio de uma variedade de opções de rede que permitam que as informações, dados, imagens e componentes capturados pelos diferentes dispositivos sejam efetivamente úteis na tomada de decisões mais precisas na gestão. Assim, é necessário que o Centro de Controle Operacional (CCO) integrado atue no sistema de transporte público, utilizando infraestrutura física inteligente em conjunto com tecnologias avançadas em (ANTP, 2012; BENEVOLO et al. 2016; NTU, 2019):

- Iluminação pública inteligente;
- Ponto de ônibus inteligente;
- Semáforos inteligentes;

- Veículos inteligentes;
- Fiscalização inteligente;
- Monitoramento climático e metrológico;
- Monitoramento inteligente por câmeras;
- integração entre multimodais.
- Aplicativos inteligentes;

#### **4.3. Coleta Eletrônica de Pedágios (ETC)**

A Coleta Eletrônica de Pedágio (ETC) é uma tecnologia avançada que oferece métodos de cobrança de pedágio mais adequados e eficientes, com o objetivo de minimizar tempos de espera e reduzir congestionamentos nas rodovias. Esse sistema é operado em pontos específicos, como praças de pedágio ou pontos de cobrança, e requer instalação prévia para funcionar adequadamente **(SILVA, 2000; FERREIRA, 2015)**.

Para utilizar o sistema ETC, os usuários precisam adquirir um dispositivo eletrônico chamado de "tag" ou "boleto eletrônico", que é instalado no para-brisa do veículo. Ao passar pela praça de pedágio, o sistema eletrônico detecta a presença da tag e automaticamente registra a passagem, debitando o valor correspondente em uma conta pré-paga ou vinculada a um cartão de crédito. Esse processo reduz significativamente o tempo de espera nas praças de pedágio, tornando a viagem mais rápida e confortável para os usuários **(FERREIRA, 2015)**.

Nesse sentido, ao realizar uma comparação entre os sistemas de cobrança manual e o ETC (*Electronic Toll Collection*), torna-se viável analisar os benefícios econômicos e ambientais, tais como a diminuição no volume de transações e no tempo de espera, bem como a redução do consumo de combustível, congestionamentos nas praças de pedágio e áreas adjacentes, poluição atmosférica e custos operacionais. É importante ressaltar que a implantação e manutenção dos sistemas de cobrança eletrônica podem gerar custos significativos, sendo a economia no custo operacional dependente do percentual de usuários que aderem ao sistema. No entanto, a longo prazo, o uso do ETC traz vantagens consideráveis para os usuários e o meio ambiente **(AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES, 2017)**.

#### **4.4. Operação de Veículos Comerciais (CVO)**

A Operação de Veículos Comerciais (CVO) é um conjunto de tecnologias que são utilizadas no transporte de mercadorias e bens por meio de veículos de carga, tais como caminhões, carretas, vans, entre outros. Essa atividade envolve diversas etapas, desde o carregamento dos produtos até a entrega no destino final. A tecnologia do Sistema de Transporte Inteligente (STI) é aplicada para aprimorar a gestão dos serviços da indústria de cargas, através da escolha das rotas mais eficientes, considerando fatores como a interferência e o atraso relativo a cada itinerário disponível, além do tempo despendido em cada trecho. O objetivo é manter o maior nível de segurança viária e garantir a melhor relação de custo-benefício da viagem **(BITTENCOURT, 2012)**.

A utilização da CVO em conjunto com um sistema de rastreamento veicular em veículos pesados pode trazer benefícios na otimização dos serviços prestados. Dentre eles, destaca-se a realização de inspeções automatizadas de veículos e condições de segurança, o monitoramento da segurança de bordo, a gestão de frota e a notificação de incidentes. Isso ocorre porque o sistema de rastreamento veicular fornece informações precisas sobre a localização e as condições do veículo, permitindo que as atividades sejam realizadas de forma mais eficiente e segura **(GALON, 2014)**.

#### **4.5. Sistemas Integrado de Modais (SIMD)**

O Sistema Integrado de Modais é um conceito que se refere à integração dos diferentes modos de transporte em uma única rede, permitindo que os usuários possam utilizar diferentes meios de transporte para percorrer um determinado trajeto de forma mais eficiente. Essa integração visa tornar o transporte mais eficiente e sustentável, com a redução de custos e o aumento da qualidade do serviço prestado. A integração dos modais pode incluir a conexão entre ônibus, metrô, trem, bicicleta, táxi e outros meios de transporte, com o objetivo de criar um sistema de transporte mais integrado e completo. Com isso, é possível reduzir o tempo de viagem, evitar congestionamentos, diminuir a poluição e a emissão de gases poluentes, além de oferecer maior comodidade e segurança aos usuários **(RAMILO, 2021)**.

Para que o Sistema Integrado de Modais funcione de forma eficiente, é fundamental que exista uma integração entre as diferentes redes de transporte, permitindo a troca de informações e a coordenação entre os diferentes modais. Nesse sentido, a operação do STI contempla a integração entre os modais disponíveis à população. Para garantir essa

integração, é necessário que seja criado um Sistema Integrado Municipal (SIM) para realizar o gerenciamento entre os diferentes modais **(RAMILO, 2021)**.

O SIM consiste em um consórcio operacional instituído entre empresas concessionárias de transporte coletivo em uma cidade, que deve ser criado por meio de um decreto da prefeitura municipal. A finalidade do SIM é garantir a integração entre os diferentes modais de transporte, possibilitando a criação de uma rede integrada e mais eficiente. Dessa forma, os usuários do transporte público podem se deslocar entre diferentes áreas da cidade utilizando diferentes modais, pagando apenas uma tarifa e sem a necessidade de realizar novas compras de bilhetes. Além disso, o SIM deve ter como objetivo garantir a qualidade e a segurança do transporte público e promover a melhoria contínua do serviço prestado **(LOBLER, 2010)**:

- Estabelecer um padrão na prestação do serviço, visando aprimorar a eficiência da operação;
- Expandir a infraestrutura de transporte, incluindo, quando apropriado, a implementação de serviços distintos;
- Aprimorar a relação entre receita e quilometragem por meio de estratégias de economia de escala que evitem sobreposições desnecessárias de rotas e/ou horários;
- Centralizar o controle empresarial da arrecadação e distribuição de receitas por meio da contabilidade do consórcio, de modo que as empresas consorciadas recebam diretamente a remuneração designada a elas e forneçam ao Poder Público todas as informações necessárias para que este possa exercer uma fiscalização completa e controle sobre as operações;
- Preservar o equilíbrio econômico-financeiro entre as empresas consorciadas, adotando, quando necessário, princípios de imparcialidade, a fim de evitar prejuízos entre as operadoras do consórcio.

O Sistema de Integração de Modais (SIM) traz inúmeras melhorias para a rede de transporte oferecida aos cidadãos, pois aumenta a oferta de modais disponíveis à população e consolida a utilização de um único meio de pagamento para a tarifação. Com isso, os usuários têm mais opções para se deslocar pela cidade, além de pagar apenas uma tarifa para utilizar diferentes modais, o que torna o transporte público mais acessível e econômico. Um exemplo de sucesso de um sistema integrado de modais é o *Swiss Pass*, que oferece um passe geral aos consumidores para acessar todos os modais de transporte na Suíça, como trens, metrô, ônibus, barcos, bicicletas e até mesmo esqui. Esse passe unifica o meio de pagamento, oferece utilização ilimitada e pode durar no mínimo quatro meses, o que torna o transporte público muito mais prático e vantajoso para os usuários **(SIMIÃO E FIRMINO, 2019)**.

No próximo capítulo, será apresentado um panorama nacional e internacional dos STI e nele serão analisados os principais avanços e tendências na implementação desses sistemas em diferentes cidades e regiões do mundo. O objetivo dele é fornecer uma visão geral do estado atual dos sistemas inteligentes de transporte e suas implicações para as cidades do futuro, com destaque para as possibilidades de aprimoramento e adaptação das tecnologias para a realidade e necessidades do município de Maceió.

## 5. PANORAMA DOS SISTEMAS INTELIGENTES

### 5.1. Panorama internacional

No contexto internacional, Santos (2015) afirma que os dados operacionais de transportes são disponibilizados em tempo real de maneira livre, e as inovações em STI, apontam para aplicação dos conceitos de Open Data e Big Data, nesse sentido vale destacar que algumas operações:

- Disponibilidade de informações online para o transporte de mercadorias e indivíduos;
- Implementação de padronização de Dados Abertos para os serviços oferecidos pelas cidades inteligentes;
- Aquisição de conhecimento e geração de valor por meio da análise de dados de sensores em cidades inteligentes utilizando *Big Data*, *Data Mining* e Inteligência Artificial;
- Métodos para avaliar a interação entre os diversos Sistemas de Transporte Inteligente (STI) destinados ao planejamento, gestão e monitoramento da mobilidade;
- Desenvolvimento de sistemas de gestão de transporte e tráfego para megacidades, abrangendo as demandas de sistemas intermodais e multimodais.

A seguir é apresentado no **Quadro 2**, as principais tecnologias inteligentes utilizadas em locais pelo mundo e que por conta delas ocorreu uma melhoria significativa na mobilidade urbana nas regiões de estudo.

**Quadro 2** – Tecnologias inteligentes em STI dos lugares pesquisados

Local	CCO	APTS	ATMS	SMTR	SIMD	FISC	CPU	BE	Autores
Coréia do Sul	x	x		X	x	x		x	ANTP (2012), Lim (2012)
Londres (Inglaterra)	x	x	x	X	x	x	x	x	Braga (2014); TfL, (2007)
Sidney (Austrália)	x	x	x	X	x			x	ANTP (2012), Leite (2015)
Estados Unidos da América	x	x	x	X	x	x		x	Cunha et al. (2017), ANTP (2012)
Barcelona (Espanha)	x	x	x	X	x		x	x	Minguell (2018), Torres (2007).

Fonte: Adaptado ROMILO (2021)

Legenda: CCO – Centro de Controle Operacional; APTS – Sistemas Avançados de Transporte Público; ATMS – Sistema Avançados de Gerenciamento de Tráfego; SMTR – Sistema de Monitoramento em Tempo Real; SIMD – Sistema de Integração de Modais; FISC – Fiscalização eletrônica de Veículos; CPU – Cobrança de Pedágio Urbano; BE – Bilhetagem Eletrônica.

### 5.1.1. Coreia do Sul

Na literatura, **LIM (2012)** afirma que a Coreia do Sul é um dos líderes mundiais na área de Sistemas Inteligentes de Transporte e entre os anos de 2000 e 2010 realizou a implementação de um projeto em quatro cidades- modelos: Kwa-chon, Daejon, Jeonju e Jeju, o que permitiu validar os benefícios das aplicações implantadas e constituir um ambiente propício para o desenvolvimento de padrões para a arquitetura e a implementação do STI sul-coreano. Nesse sentido, os novos sistemas foram implementados baseando-se em três pontos centrais: construção de corredores de trânsito rápido para ônibus, coordenação dos serviços de ônibus e de metrô e conexão dos sistemas de tarifas e de bilhetagens entre as rotas.

Além disso, todas as 400 linhas de ônibus foram divididas em quatro grupos, identificados por cores e eles operam da seguinte forma (**LELLIS,2015**):

- **Azuis** -Operam rotas expressas de longa distância, conectando subúrbios entre si e ao centro da cidade;
- **Verdes** - Percorrem trajetos dentro da região metropolitana, fornecendo conexões com estações de metrô e pontos de ônibus;
- **Amarelos** - Circulam exclusivamente no centro de Seul;
- **Vermelho** - Designadas para viagens de longa distância, ligando as cidades satélites ao centro da capital sul-coreana.

Para atender esse sistema complexo, todos os veículos têm GPS, o que permite às autoridades monitorarem a velocidade e a localização dos ônibus (**LELLIS, 2015**).

### 5.1.2. Londres - Inglaterra

A região metropolitana de Londres, também conhecido como apenas Londres, tem seu transporte urbano e suburbano como uma das quatro principais áreas de investimento do governo, com vistas a incentivar a utilização do transporte público, e de maneira complementar, foi implementada a cobrança de pedágio diário para veículos que circulam pela região central de Londres, cuja implementação ocorreu em 2000. Isso se traduziu em

uma medida que visava aumentar a proporção de viagens feitas por transporte público de 33% para 40%, ao passo que a proporção das viagens realizadas por transporte motorizado privado, principalmente de carro, tivesse uma redução de 44% para 38% (ANTP,2012).

A administração municipal supervisiona o sistema de transporte público por meio da *TfL*, uma das maiores redes de transporte do mundo, que engloba mais de 700 rotas. Essa extensa rede requer uma gestão contínua, e os serviços de ônibus são regularmente revisados, seguindo as diretrizes estabelecidas pela prefeitura. Um dos principais aspectos dessas diretrizes é a disponibilização de informações aos usuários, uma medida que demanda pouco investimento e proporciona um retorno significativo em termos de melhor utilização da ocupação e capacidade dos transportes (GUIDI ET AL, 2015).

Foi estabelecido em Londres um modelo padronizado de placa para os pontos de ônibus urbanos, com a finalidade de comunicar informações relevantes aos usuários. A **Figura 3** mostra quanto e quais são as informações associadas à sinalização contida nos locais de espera.

**Figura 3:** Modelo de placa dos pontos de ônibus de Londres.



**Fonte :** Adaptado do Guidi et al (2015)

Além disso, em determinadas áreas da cidade, os passageiros têm acesso a um painel informativo que exibe em tempo real a previsão de chegada dos ônibus - popularmente conhecido como *Countdown*, mostrado na **Figura 4**. Este sinalizador fornece informações sobre a ordem de chegada dos veículos subsequentes, juntamente com o tempo de espera específico para cada linha próxima, sendo atualizado de forma contínua (GUIDI ET AL, 2015).

**Figura 4:** Ponto de *Countdown*.



**Fonte :** Adaptado do Guidi et al (2015)

### 5.1.3. Sidney - Austrália

O Sistema de Transporte Inteligente Australiano foi estabelecido em 1992 por meio de uma iniciativa conjunta do governo, da indústria e da comunidade. A ideia era assegurar o uso eficiente de tecnologias inteligentes no transporte, promover a conscientização sobre os potenciais benefícios do uso de STI, melhorar a eficiência dos sistemas de transporte australianos e estimular o desenvolvimento viável do setor privado. Desde então, o STI australiano tem sido responsável pelo desenvolvimento e implementação de tecnologias inteligentes no transporte, como sistemas de informação de tráfego em tempo real, controle de tráfego inteligente, gerenciamento de incidentes, sistemas de pagamento eletrônico e soluções de transporte sustentável. Essas tecnologias visam melhorar a eficiência do transporte, reduzir congestionamentos e emissões de poluentes, além de tornar o transporte mais seguro e confortável para os usuários. Com a crescente demanda por soluções de transporte mais eficientes e sustentáveis, o STI australiano tem sido um líder na implementação de tecnologias inovadoras e na promoção de uma cultura de transporte inteligente no país (ANTP, 2012).

O sistema de transporte público de Sydney é gerenciado pela Transport for NSW e utiliza uma série de tecnologias inteligentes para tornar o transporte mais eficiente e conveniente para os usuários e as seguintes tecnologias são as usadas (ANSELMO,2020):

- **Opal Card:** O Opal é um cartão inteligente recarregável que os usuários podem usar para pagar por viagens em ônibus, trens, balsas e bondes em Sydney. O cartão é recarregável online ou em máquinas de venda automática em estações e pontos de venda selecionados.
- **Sistema de informações em tempo real:** O sistema fornece informações em tempo real sobre os horários de chegada e partida dos ônibus, trens e balsas. Os usuários podem acessar essas informações em telas nas estações ou em aplicativos móveis.
- **Aplicativos móveis:** Há vários aplicativos móveis que os usuários podem usar para planejar suas viagens, encontrar as melhores rotas e horários de transporte público, comprar bilhetes e receber alertas sobre atrasos ou alterações de serviço.
- **Sistema de gerenciamento de frota:** Os veículos de transporte público em Sydney estão equipados com GPS, o que permite que a *Transport for NSW* monitore a localização de cada veículo em tempo real e gerencie a frota de forma mais eficiente.
- **Priorização de ônibus:** Alguns corredores de ônibus em Sydney estão equipados com tecnologia que permite que os ônibus mudem os semáforos para verde enquanto se aproximam das interseções, o que ajuda a reduzir o tempo de viagem e melhorar a pontualidade dos serviços de ônibus.

Em Sidney, todos os ônibus operados pela empresa Transperth possuem características de entrada baixa, são acessíveis para cadeiras de rodas e equipados com sistemas de ar-condicionado. Os serviços de ônibus em Perth são administrados por três empresas privadas e são divididos em 11 zonas, as quais são submetidas a processos de licitação a cada 10 anos. A Transperth assume a responsabilidade de supervisão e regulação dos serviços de ônibus em toda a região metropolitana de Perth, englobando também áreas rurais adjacentes. As rotas dos ônibus podem ser classificadas em dois formatos principais: serviços alimentadores que conectam os subúrbios residenciais às estações de ônibus ou intercâmbios de ônibus/trem, e rotas diretas para o centro financeiro (CBD). Atualmente, a frota de ônibus que atende ao município conta com mais de 1.600 veículos (ANTP, 2012).

#### 5.1.4. Estados Unidos da América

Segundo **Cunha et al (2017)**, desde a década de 60 os EUA utilizam equipamentos eletrônicos para o controle de tráfego em rodovias, e a partir de 1988 consolidou-se o IVHS - Intelligent Vehicle Systems, denominada atualmente como sendo Sistema Inteligente de Transporte.

Vale ressaltar que o sistema de transporte público dos Estados Unidos é complexo e varia de cidade para cidade. No entanto, muitas cidades estão usando tecnologias inteligentes para tornar o transporte mais eficiente e conveniente para os usuários. Em algumas cidades, como Nova York, Boston e Washington D.C., os usuários podem pagar por transporte público com cartões inteligentes, como o MetroCard em Nova York e o SmarTrip em Washington D.C. Esses cartões podem ser recarregados com dinheiro e utilizados em metrô, ônibus e outros meios de transporte (**CUNHA et al , 2017**).

A seguir algumas das tecnologias usadas no transporte público dos EUA:

- **Cartões inteligentes:** Muitas cidades dos EUA usam cartões inteligentes semelhantes ao Opal Card usado em Sydney. Esses cartões permitem que os usuários paguem por viagens em ônibus, trens e metrô com facilidade, recarregando online ou em estações de venda automática.
- **Sistemas de informações em tempo real:** Muitas cidades dos EUA usam sistemas de informações em tempo real para fornecer aos usuários informações precisas sobre horários de chegada e partida, atrasos e mudanças no serviço de transporte público. Os usuários podem acessar essas informações por meio de telas em estações, sites ou aplicativos móveis.
- **Aplicativos móveis:** Há vários aplicativos móveis disponíveis em cidades dos EUA para ajudar os usuários a planejar suas viagens, encontrar as melhores rotas e horários de transporte público, comprar bilhetes e receber alertas sobre atrasos ou mudanças no serviço.
- **Sistemas de gerenciamento de frota:** Muitas cidades dos EUA usam sistemas de gerenciamento de frota para monitorar a localização de ônibus, trens e metrô em tempo real, o que ajuda a gerenciar a frota de forma mais eficiente e reduzir atrasos.
- **Ônibus com prioridade:** Algumas cidades dos EUA estão usando tecnologia de prioridade de ônibus para melhorar a pontualidade dos serviços de ônibus. Essa tecnologia permite que os ônibus mudem os semáforos para verde enquanto se

aproximam das interseções, ajudando a reduzir o tempo de viagem e melhorar a confiabilidade do serviço.

Além disso, algumas cidades têm adotado soluções de mobilidade urbana integrada, que incluem o compartilhamento de bicicletas e patinetes elétricos, além de serviços de carona e táxi. Essas soluções são frequentemente integradas a aplicativos que permitem que os usuários planejem viagens multimodais, combinando diferentes meios de transporte em uma única viagem (SUMMIT MOBILIDADE, 2019).

### 5.1.5. Barcelona - Espanha

O sistema de transporte público de Barcelona é gerenciado pela Autoritat del Transport Metropolità (ATM) e utiliza uma série de tecnologias inteligentes para tornar o transporte mais eficiente e conveniente para os usuários e algumas das tecnologias utilizadas incluem (LEITE, 2015):

- **Cartões inteligentes:** O sistema de transporte público de Barcelona usa o cartão recarregável "T-10" como o principal meio de pagamento para viagens em ônibus, metrô, trem e bonde. O cartão pode ser comprado em máquinas de venda automática em estações de transporte e pode ser recarregado online ou em locais de recarga designados.
- **Aplicativos móveis:** Existem vários aplicativos móveis disponíveis que os usuários podem usar para planejar suas viagens, encontrar as melhores rotas e horários de transporte público, comprar bilhetes e receber alertas sobre atrasos ou alterações de serviço.
- **Sistema de informação em tempo real:** O sistema de transporte público de Barcelona possui um sistema de informação em tempo real que fornece aos usuários informações precisas sobre os horários de chegada e partida dos ônibus, metrôs, trens e bondes, bem como alertas de serviço.
- **Sistema de gerenciamento de frota:** Os veículos de transporte público em Barcelona estão equipados com GPS, permitindo que a ATM monitore a localização de cada veículo em tempo real e gerencie a frota de forma mais eficiente.
- **Bicing:** O sistema de compartilhamento de bicicletas "Bicing" permite que os usuários aluguem bicicletas em estações designadas em toda a cidade. Os usuários podem usar o cartão T-10 para pagar pelo serviço.

- **Ônibus com prioridade:** Barcelona possui algumas rotas de ônibus equipadas com tecnologia que permite que os ônibus mudem os semáforos para verde enquanto se aproximam das interseções, ajudando a reduzir o tempo de viagem e melhorar a pontualidade do serviço.

## 5.2. Panorama Nacional

No Brasil, os sistemas inteligentes de transporte (STI) têm sido gradualmente adotado nos últimos anos, impulsionados por diversos fatores, tais como a necessidade de melhorar a mobilidade urbana, a busca por soluções mais eficientes e sustentáveis de transporte, e o avanço tecnológico (ANPT, 2012).

Conforme apontado por Ramilo (2021), os investimentos no Sistema de Transporte Inteligente (STI) no Brasil são de magnitude modesta em relação a outros países, e sua implementação não está alinhada a uma política pública de desenvolvimento a longo prazo de forma clara. No entanto, é importante ressaltar que algumas cidades do país realizaram investimentos no setor de mobilidade inteligente devido aos Jogos da Copa do Mundo em 2014.

Algumas das principais iniciativas que segundo ANPT (2012) ajudaram a popularizar os Sistemas de Transporte Inteligentes, no Brasil.

- **Implantação de faixas exclusivas para ônibus:** Muitas cidades brasileiras começaram a implantar faixas exclusivas para ônibus, o que permitiu melhorar a velocidade e a confiabilidade do transporte público. Essa medida ajudou a reduzir os tempos de viagem e melhorar a eficiência do sistema;
- **Integração de modais:** Outra iniciativa importante foi a integração de modais, como ônibus, metrô, bicicleta e táxi, através de sistemas de bilhetagem eletrônica e aplicativos de transporte compartilhado. Isso permitiu que os usuários tivessem mais opções de deslocamento e pudessem planejar melhor suas viagens;
- **Monitoramento de tráfego:** Várias cidades brasileiras adotaram sistemas de monitoramento de tráfego, que utilizam tecnologias como sensores, câmeras e GPS para coletar informações sobre o trânsito em tempo real. Esses sistemas permitem que as autoridades possam identificar congestionamentos e tomar medidas para reduzi-los;
- **Sistemas de informação ao usuário:** Alguns sistemas de transporte no Brasil passaram a fornecer informações em tempo real aos usuários, através de painéis

eletrônicos, aplicativos e mensagens de texto. Isso ajuda a reduzir a incerteza dos usuários e permite que eles tomem decisões informadas sobre como se deslocar;

- **Veículos autônomos:** Embora ainda em fase experimental, a adoção de veículos autônomos pode ser um grande impulsionador dos STI no Brasil. Várias empresas estão testando esses veículos em ambientes controlados e, se provarem ser seguros e eficientes, podem revolucionar a forma como as pessoas se deslocam nas cidades brasileiras.

A seguir, são apresentadas no **Quadro 3** as principais tecnologias inteligentes aplicadas ao Sistema de Transporte Inteligente (STI), as quais foram levantadas em um panorama nacional referente ao transporte público e coletivo.

**Quadro 3** – Tecnologias inteligentes em STI dos lugares pesquisados

Local	CCO	APTS	ATMS	SMTR	SIMD	FISC	CPU	BE	BRT	Autores
<b>Fortaleza (Ceara)</b>	x	x						x		Souza <i>et al.</i> (2014); Brasília2013;
<b>Rio de Janeiro (RJ)</b>	x	x		x				x	x	Benites, (2016); Souza <i>et al.</i> , (2014)
<b>Porto alegre (SC)</b>	x	x	x	x		x		x	x	Weiss <i>et al.</i> , (2015), Brasília (2013)
<b>Curitiba (PR)</b>	x	x	x	x		x		x	x	Souza <i>et al.</i> , (2014); Lombardo, (2010)
<b>Belo Horizonte (MG)</b>	x	x		x		x		x		ANTP (2012), Faria (2010)
<b>Goiânia (GO)</b>	x	x		x				x		ANTP (2012), Brasília (2013)
<b>São Paulo (SP)</b>	x	x	x	x		x		x	x	ANTP (2012)

Fonte: Adaptado ROMILO (2021)

Legenda: CCO – Centro de Controle Operacional; APTS – Sistemas Avançados de Transporte Público; ATMS – Sistema Avançados de Gerenciamento de Tráfego; SMTR – Sistema de Monitoramento em Tempo Real; SIMD – Sistema de Integração de Modais; FISC – Fiscalização eletrônica de Veículos; CPU – Cobrança de Pedágio Urbano; BE – Bilhetagem Eletrônica.

### 5.2.1. Fortaleza (CE)

O Sistema Integrado de Transportes de Fortaleza-CE, conta com o total de 219 linhas responsáveis pelo atendimento médio diário de 850 mil usuários, onde destacou-se devido a implantação do sistema integrado, implantação da BE criação de um conselho gestor e a criação da integração temporal (SOUZA et al, 2014).

O sistema de transporte público de Fortaleza, no Brasil, utiliza algumas tecnologias inteligentes para tornar o transporte mais eficiente e conveniente para os usuários e algumas das tecnologias utilizadas incluem ( BRASÍLIA, 2013) :

- **Bilhetagem eletrônica:** O sistema de transporte público de Fortaleza utiliza um sistema de bilhetagem eletrônica para pagamentos de tarifas. Os usuários podem comprar um cartão recarregável chamado "Bilhete Único" que pode ser usado em ônibus, vans e metrô. O cartão pode ser recarregado em pontos de venda ou online.
- **Aplicativos móveis:** Existem vários aplicativos móveis disponíveis que os usuários podem usar para planejar suas viagens, encontrar as melhores rotas e horários de transporte público, comprar bilhetes e receber alertas sobre atrasos ou alterações de serviço.
- **Sistema de informação em tempo real:** O sistema de transporte público de Fortaleza possui um sistema de informação em tempo real que fornece aos usuários informações precisas sobre os horários de chegada e partida dos ônibus.
- **Sistema de gerenciamento de frota:** Os ônibus em Fortaleza estão equipados com GPS, permitindo que as autoridades monitorem a localização de cada veículo em tempo real e gerenciem a frota de forma mais eficiente.
- **Ônibus com ar-condicionado:** Uma grande parte da frota de ônibus de Fortaleza é equipada com ar-condicionado, tornando as viagens mais confortáveis em um clima quente e úmido.

Essas tecnologias estão ajudando a melhorar o sistema de transporte público de Fortaleza, tornando-o mais eficiente e conveniente para os usuários. No entanto, o sistema ainda enfrenta desafios, como congestionamentos de trânsito e infraestrutura insuficiente, que precisam ser abordados para melhorar ainda mais a qualidade do transporte público na cidade.

### 5.2.2. Rio de Janeiro (RJ)

O Rio de Janeiro possui um sistema de transporte inteligente conhecido como "RioCard". O sistema é integrado, permitindo que os usuários utilizem um único cartão para viajar em diferentes modos de transporte, como ônibus, metrô, trens e barcas. O cartão

utilizado no sistema é conhecido como "RioCard", que pode ser adquirido em postos de atendimento ou pela internet. Ele pode ser recarregado com dinheiro ou conectado a uma conta bancária ou cartão de crédito, permitindo aos usuários um pagamento fácil e conveniente **(RIOCARD,2020)**.

O sistema também oferece um aplicativo móvel que permite aos usuários planejar suas viagens, consultar horários de transporte, verificar o saldo do cartão e recarregá-lo com créditos. Além disso, o aplicativo fornece informações em tempo real sobre as condições do transporte e alertas sobre interrupções no serviço **(RIOCARD,2020)**.

Além disso, o sistema de transporte público do Rio de Janeiro, no Brasil, utiliza algumas tecnologias inteligentes para tornar o transporte mais eficiente e conveniente para os usuários. Algumas das tecnologias utilizadas incluem **(BENITES, 2016)**.

- Sistema de gerenciamento de frota: Os ônibus e trens no Rio de Janeiro estão equipados com GPS, permitindo que as autoridades monitorem a localização de cada veículo em tempo real e gerenciem a frota de forma mais eficiente.
- Metrô: O metrô do Rio de Janeiro é uma opção eficiente de transporte, com trens modernos e climatizados, além de um sistema de sinalização inteligente que permite que os trens operem com maior segurança e pontualidade.

### **5.2.3. Porto Alegre (SC)**

O sistema de transporte de Porto Alegre é composto por ônibus e metrô, que são gerenciados pela Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC). O sistema de transporte público na cidade é dividido em diferentes zonas tarifárias, e o valor da tarifa varia de acordo com a distância percorrida. A cidade possui um sistema de transporte inteligente conhecido como "Tri", que é operado pela Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC). O sistema é integrado, permitindo que os usuários utilizem um único cartão para viajar em diferentes modos de transporte, como ônibus, lotações e metrô. O cartão utilizado no sistema é conhecido como "Cartão Tri", que pode ser adquirido em postos de atendimento ou pela internet. Ele pode ser recarregado com dinheiro ou conectado a uma conta bancária ou cartão de crédito, permitindo aos usuários um pagamento fácil e conveniente **(TRENSURB, 2021)**.

O sistema também oferece um aplicativo móvel que permite aos usuários planejar suas viagens, consultar horários de transporte, verificar o saldo do cartão e recarregá-lo com

créditos. Além disso, o aplicativo fornece informações em tempo real sobre as condições do transporte e alertas sobre interrupções no serviço (**TRI, 2020**).

Além disso, de acordo com a pesquisa conduzida por **Romildo (2021)**, o projeto referente ao Sistema de Transporte Inteligente destinado à Rede Estrutural Multimodal Integrada do Sistema BRT de Porto Alegre abrange uma série de iniciativas. Essas medidas englobam a integração de todos os sistemas existentes, bem como a expansão do Centro de Controle Operacional (CCO), que incorporará recursos de eletrônica embarcada e monitoramento das vias e estações. Além disso, o projeto contempla a implementação de sistemas de controle semafórico adaptativo em tempo real, com enfoque na priorização do transporte coletivo, e a expansão da capacidade de sensoriamento de tráfego e monitoramento por meio de imagens, utilizando técnicas de processamento digital de sinais (DSP). Essas técnicas permitirão a detecção e medição automáticas das condições operacionais do tráfego.

#### **5.2.4. Curitiba (PR)**

O sistema de transporte de Curitiba é conhecido internacionalmente por ser um modelo de sucesso na área de mobilidade urbana. O sistema é gerenciado pela URBS (Urbanização de Curitiba S.A.), empresa pública responsável pelo planejamento, operação e fiscalização dos serviços de transporte na cidade. O sistema de transporte de Curitiba é composto por três modalidades: ônibus convencionais, ônibus expressos e o sistema de transporte rápido por ônibus (BRT). O sistema de transporte rápido por ônibus é o destaque do transporte de Curitiba e é considerado um dos melhores do mundo.

A cidade de Curitiba empreende diversas iniciativas com o objetivo de preservar a qualidade urbana e fomentar o uso do transporte coletivo, visando manter o renomado padrão do sistema pelo qual é reconhecida mundialmente. A cidade já implementou diversos projetos com vistas a melhorar a mobilidade, exemplificado pela Linha Verde, onde duas empresas operam em uma mesma rota com uma frota de quatorze veículos. Nessa linha, existem dez entroncamentos semafóricos que priorizam o transporte público coletivo (**MIRANDA, 2010**).

OOs cruzamentos controlados por semáforos na cidade são incorporados ao Sistema Integrado de Gestão e Automação do Tráfego (SIGA) implementado pelo município de Porto Alegre. Essa integração é possível por meio do módulo HER MES, responsável pelo controle dos semáforos e pela priorização do transporte coletivo em determinados corredores de ônibus da região. Esse sistema utiliza tecnologias como localização por GPS, comunicações de dados GPRS (celulares móveis) e computador de bordo, os quais permitem o envio de informações de localização de cada veículo e demais informações pertinentes são consideradas para

otimizar a operação. Outro projeto de controle e monitoramento de tráfego, denominado “Anel Viário”, com dispositivos de monitoramento de tráfego por Circuito Fechado de Televisão e Painéis de Mensagens Variáveis, para o fornecimento de informações aos motoristas diretamente nas vias, em tempo real (SOUZA et al., 2014).

Uma iniciativa interessante que está sendo aplicada é o “Pontos Inteligentes” que são paradas equipadas com tecnologia que oferecem comodidade e agregam outros serviços informativos aos usuários de transporte público. Esses pontos são holandeses com telas que mostram informações úteis ao usuário, como linhas de ônibus com horários previstos de chegada e seus horários, mapas indicando a localização do ponto de embarque, das tecnologias do bairro inteligente e das principais atrações turísticas da região (CNC, 2021).

Os pontos de ônibus inteligentes são uma iniciativa que faz parte do Programa Vila A Inteligente, primeiro Bairro Inteligente do Brasil, e inicialmente contempla quatro pontos de ônibus com tecnologias no novo conceito. O Programa Vila A Inteligente foi lançado no final de julho de 2020 e é resultado de uma parceria entre a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), Parque Tecnológico Itaipu (PTI) e Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu (PR) (CNC, 2021).

Conforme afirmado por Tiago Faienstein, gerente de Novos Negócios da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), os pontos de ônibus inteligentes desempenham um papel central na integração das tecnologias disponíveis no bairro. Esses pontos funcionam como um hub, reunindo várias inovações do Programa Vila A em um único dispositivo. Algumas das funcionalidades incluem carregamento com entrada USB, horários dos ônibus e, futuramente, informações climáticas e acesso Wi-Fi. Dessa forma, esses pontos de ônibus proporcionam aos cidadãos acesso às tecnologias instaladas no bairro. A seleção dos pontos de ônibus foi realizada com base em informações fornecidas pelo FozTrans, considerando uma análise detalhada do fluxo de passageiros (ABDI, 2021).

As paradas de ônibus são equipadas com painéis informativos que fornecem aos usuários informações úteis, incluindo os horários previstos de chegada das diferentes linhas de ônibus e seus respectivos itinerários. Além disso, os painéis exibem um mapa que delinea a posição geográfica precisa do ponto de ônibus, disponibilizando também informações sobre as tecnologias integradas ao Vila A Inteligente e as principais referências geográficas do respectivo bairro, como o Gramadão, a Catedral e o Hospital, entre outros pontos relevantes. Adicionalmente, os usuários têm acesso a um QR code que direciona para uma página com informações detalhadas sobre as tecnologias implementadas no Vila A Inteligente, conforme exemplificado na **Figura 5** (ABDI, 2021).

**Figura 5:** Representação de um Ponto Inteligente na cidade de Curitiba



**Fonte :** Adaptado (ABDI, 2021).

De acordo com Willbur Rogers de Souza, gerente do Centro de Tecnologias Abertas e Internet das Coisas (IoT), os pontos de ônibus inteligentes fornecem uma infraestrutura que oferece conveniência aos usuários de transporte público e pode incorporar outros serviços informativos. As tecnologias empregadas nesses pontos estão atualmente em fase de testes, sendo aprimoradas com o objetivo de melhorar o cotidiano da população em geral (ABDI, 2021).

Além disso, o sistema de transporte de Curitiba tem sido reconhecido internacionalmente por suas inovações, como a implementação de estações-tubo, que permitem o embarque e desembarque rápido de passageiros, e o uso de biocombustíveis para reduzir a emissão de poluentes.

### 5.2.5. Belo Horizonte (MG)

Belo Horizonte possui um sistema de transporte público integrado conhecido como "Move", que é um sistema de Bus Rapid Transit (BRT) que conecta diferentes partes da cidade com ônibus articulados que circulam em corredores exclusivos. O sistema Move é operado pela BHTrans, empresa responsável pela gestão do trânsito e transporte público em Belo Horizonte. O sistema é integrado, permitindo que os usuários utilizem um único cartão para viajar em diferentes modos de transporte, como ônibus, metrô, táxis e bicicletas compartilhadas (ANTP, 2012).

Segundo **Ramildo (2021)**, a Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte implantou um sistema integrado de gestão, monitoramento e informação do transporte coletivo municipal, composto por três subsistemas: Apoio à Operação; Bilhetagem eletrônica; e informação ao usuário.

A implementação do Sistema de Apoio à Operação e Sistema de Informação ao Usuário viabiliza a utilização de AVL (*Automatic Vehicle Location*) para estabelecer comunicação com painéis de mensagens variáveis e o console do motorista. Esses recursos foram instalados em 50 veículos pertencentes a duas linhas do sistema convencional, bem como em 21 pontos de embarque e desembarque equipados com painéis de mensagens variáveis. Além disso, a implementação inclui uma central de armazenamento e processamento de dados (ANTP, 2012; FARIA, 2010).

Além disso, a cidade de Belo Horizonte tem investido em tecnologias para melhorar a experiência do usuário, como a implementação de Wi-Fi gratuito em algumas estações do Move e a implantação de sensores para monitorar o tráfego e ajustar os horários dos ônibus de acordo com a demanda.

### 5.2.6. Goiânia (GO)

O sistema de transporte de Goiânia é gerenciado pela Companhia Metropolitana de Transporte Coletivo (CMTC) e é composto principalmente por ônibus e um sistema de transporte rápido por ônibus (BRT). Os ônibus em Goiânia são divididos em diferentes categorias, como as linhas convencionais, que fazem paradas em todas as estações, e as linhas alimentadoras, que atendem os bairros periféricos e conectam as estações do sistema BRT. As estações de ônibus em Goiânia são equipadas com abrigos, bancos e painéis eletrônicos que fornecem informações sobre as linhas e horários de chegada e partida (ANTP, 2017).

O sistema BRT de Goiânia é chamado de Eixo Anhanguera e é um dos principais meios de transporte da cidade. Ele funciona em corredores exclusivos para ônibus, com estações elevadas que permitem o embarque e desembarque de passageiros em nível com os ônibus, reduzindo o tempo de parada e melhorando a acessibilidade para pessoas com mobilidade reduzida. O sistema também conta com um sistema de pagamento antecipado, onde os passageiros pagam a tarifa antes de embarcar, o que agiliza o processo e reduz o tempo de espera nos pontos de ônibus. (ANTP, 2017).

O serviço de transporte público coletivo de passageiros da Região Metropolitana de Goiânia está organizado em uma de 5 Concessionárias, e atende ser de um milhão de clientes transportados/dia. O Sistema de Transporte Inteligente (STI) da Rede Metropolitana de Transportes Coletivos é notável devido ao seu controle de serviço e às ferramentas de comunicação disponibilizadas aos usuários por meio de iCenters e displays instalados em áreas de alta concentração populacional na cidade. Um dos principais processos implementados é o Serviço de Informação Metropolitano, que consiste em uma combinação de elementos estáticos e dinâmicos, estes últimos incluindo recursos multimídia. Por meio da utilização da internet e da telefonia celular, esse serviço possibilita que os usuários planejem seus itinerários e obtenham informações em tempo real sobre a estimativa de tempo de chegada dos veículos aos pontos de parada por meio de SMS ou WAP (BRASILIA, 2013).

Além disso, a CMTC utiliza tecnologias para melhorar a experiência do usuário, como a implementação de painéis eletrônicos em algumas estações que informam o tempo de espera para o próximo ônibus e o número de passageiros a bordo. Também foi lançado um aplicativo móvel que permite que os usuários planejem suas viagens, consultem horários de transporte e recarreguem seus cartões.

### **5.2.7. São Paulo (SP)**

São Paulo possui um sistema de transporte público integrado chamado "Bilhete Único", que é gerenciado pela São Paulo Transporte S.A. (SPTrans). O Bilhete Único é um cartão magnético que permite que os usuários utilizem diferentes modos de transporte, como ônibus, metrô, trem e ônibus intermunicipais, com tarifas integradas. O sistema utiliza tecnologias como GPS, câmeras e sensores para monitorar a frota de ônibus e gerenciar o tráfego de forma mais eficiente. Além disso, a SPTrans lançou um aplicativo móvel que permite que os usuários planejem suas viagens, consultem horários de transporte e recarreguem seus cartões **(ARBEX E CUNHA,2016)**.

O sistema de ônibus da cidade também inclui corredores exclusivos, conhecidos como Bus Rapid Transit (BRT), para melhorar a velocidade e a eficiência do transporte. São Paulo também tem uma rede de ciclovias e ciclofaixas, além de um sistema de bicicletas compartilhadas chamado "BikeSampa" **(SEC, 2018)**.

Além disso, uma iniciativa de destaque é a implementação de sistemas de semáforos inteligentes, que consistem em sistemas de controle de tráfego veicular que integram semáforos convencionais com uma variedade de sensores e tecnologias de inteligência artificial. Esses sistemas possuem a capacidade de analisar o fluxo de veículos por meio de câmeras e sensores, permitindo ajustar automaticamente o tempo de funcionamento dos semáforos em tempo real. Isso resulta em uma melhoria na fluidez do trânsito e maior comodidade para os motoristas **(PTM, 2022)**.

Na cidade de São José dos Campos (SP), a implementação dos semáforos inteligentes teve lugar, principalmente, em cruzamentos de elevado fluxo de veículos. Esses semáforos são gerenciados por um software inteligente que opera em tempo real, realizando modificações em cada ciclo a fim de manter a sincronização adequada e a chamada "onda verde" nas vias, conforme a **Figura 6 (Revista UrbaNova,2021)**.

**Figura 6:** Semáforo Inteligente na via principal de São José



**Fonte :** Adaptado (Revista UrbaNova, 2021).

O sistema implementado também oferece a capacidade de personalização dos tempos semafóricos. Em situações imprevistas, como acidentes ou obras nas vias, esses tempos podem ser ajustados remotamente pelos agentes de mobilidade localizados no Centro de Controle Operacional da Secretaria de Mobilidade Urbana (SeMob). Esse ajuste é realizado por meio de um sistema de gerenciamento de tráfego que possui capacidade de aprendizado, previsão, monitoramento e resposta às condições e demandas do tráfego (PTM, 2022).

## 6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO DE CASO

Nesta seção, procederemos à caracterização do município de Maceió, com o intuito de auxiliar no diagnóstico do transporte público utilizado pelos usuários. O objetivo é verificar a implementação das tecnologias do Sistema de Transporte Inteligente (STI) no modal de atendimento à população, além de fornecer uma base sólida para a consecução do objetivo específico proposto, que consiste em avaliar as condições da infraestrutura da mobilidade e compará-las com as tecnologias STI existentes.

Dessa forma, em uma perspectiva municipal, é essencial levantar informações sobre a área urbana, a densidade demográfica e as Administrações Regionais para obter uma visão abrangente da região de estudo. A coleta de dados sobre o transporte público desempenha um papel fundamental nessa pesquisa. Com isso, pretende-se analisar a forma de operação do sistema de transporte e investigar as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) atualmente utilizadas no transporte público.

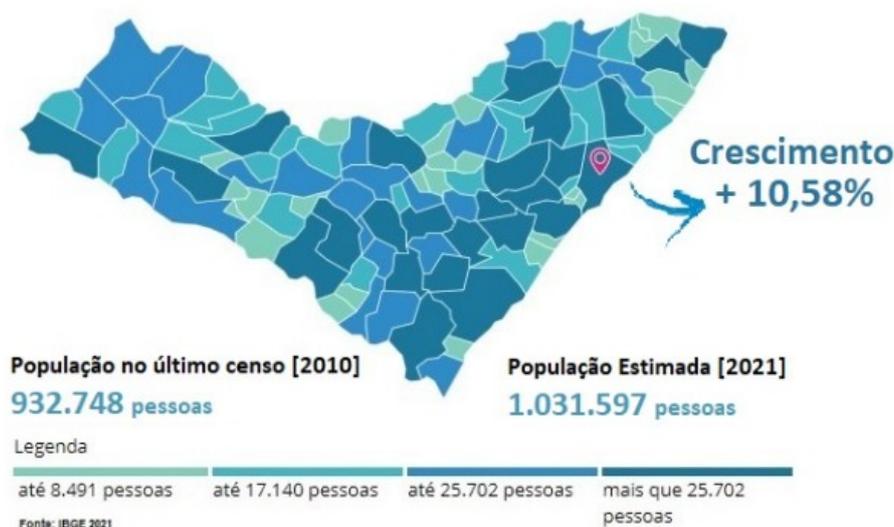
### 6.1. O município de Maceió

O município de Maceió, localizado no Estado de Alagoas, é a capital da região. É importante destacar que Alagoas é o segundo menor estado do Brasil em extensão territorial. Conforme dados fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referentes ao ano de 2021, Maceió possui uma área territorial de 509.320 km<sup>2</sup>. Além disso, estima-se que a cidade abrigue uma população de aproximadamente 1.031.597 habitantes. Esses números resultam em uma densidade populacional média de cerca de 1.854,10 habitantes por km<sup>2</sup>. Esses números evidenciam a relevância e a concentração populacional na região. No penúltimo censo realizado pelo IBGE em 2010, a população de Maceió era de 932.748 pessoas, o que a colocava como a 17<sup>a</sup> cidade mais populosa do país. No entanto, ao compararmos esses dados com as estimativas mais recentes disponibilizadas, constata-se um aumento populacional de 10,58% nos últimos 12 anos. Esse crescimento reflete o dinamismo e o desenvolvimento da cidade, com um fluxo migratório e uma taxa de natalidade que contribuíram para o aumento da população (PAIS, 2022).

Na **Figura 7**, são apresentados os dados do censo demográfico realizado pelo IBGE, é evidente que Maceió se destaca como uma das cidades com maior densidade populacional no Estado de Alagoas, contando com uma população superior a um milhão de habitantes. Esses

números revelam o crescimento significativo ao longo do período de 2010 a 2021, registrando um aumento populacional de 10,58% (PAIS, 2022).

**Figura 7:** Crescimento Populacional do Município de Maceió (2010 - 2021)



**Fonte:** Adaptado do IBGE (2010).

## 6.2. O sistema viário principal da região metropolitana de Maceió

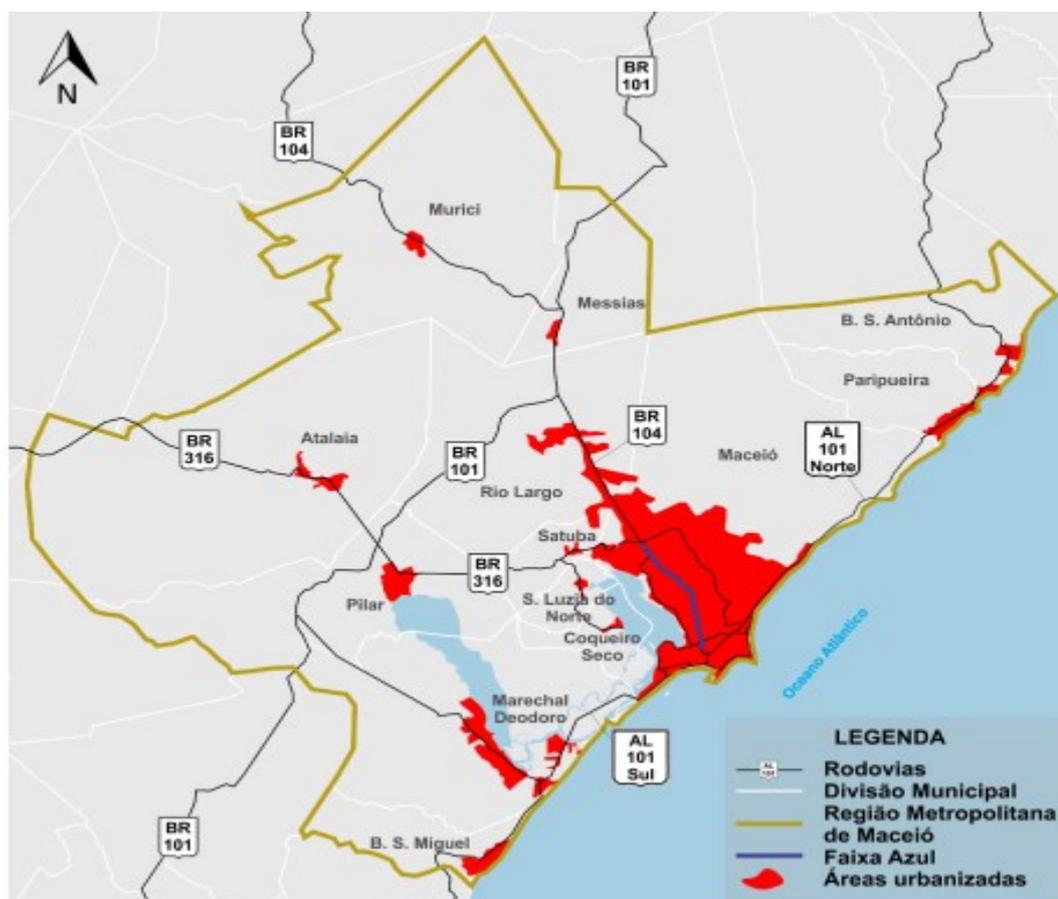
A Região Metropolitana de Maceió instituída pelas Leis Complementares Estaduais 18/1998, 38/2013 e 40/2014 abrange 13 municípios: Maceió, Rio Largo, Satuba, Marechal Deodoro, Paripueira, Barra de Santo Antônio, Barra de São Miguel, Santa Luzia do Norte, Coqueiro Seco, Pilar, Messias, Atalaia e Murici. As cidades da região são interligadas pelas rodovias BR-101, BR-104, BR-316, AL-101 norte e AL-101 sul, conforme pode ser visto na **Figura 8**.

De acordo com a pesquisa intitulada "Origem/Destino da Região Metropolitana de Maceió" (ALAGOAS, 2014, p. 90 e 104), durante o horário de pico matutino, é observado que a rodovia de acesso mais movimentada em direção a Maceió é a BR-104, registrando um fluxo de 1.627 veículos. Em seguida, temos a AL-101 Sul, com um fluxo de 1.407 veículos, seguida pela AL-101 Norte, com 358 veículos, e pela BR-316, com 351 veículos.

Nesse sentido, a **Figura 9** destaca a ligação direta da Faixa Azul do corredor Fernandes Lima/Durval de Góes Monteiro com as importantes rodovias BR-104 e BR-316.

Essa conexão resulta em um fluxo significativo de veículos provenientes dessas rodovias, incluindo as linhas de transporte coletivo metropolitano, tanto convencional quanto complementar, que também fazem uso da Faixa Azul em seus deslocamentos. Essa integração entre as rodovias e o corredor de transporte urbano é fundamental para garantir a eficiência e a fluidez do sistema viário, além de proporcionar uma opção de transporte público mais ágil e confiável para os passageiros (Silva et al, 2020).

**Figura 8:** Região Metropolitana de Maceió destacando as rodovias, áreas urbanizadas e Faixa Azul



**Fonte:** Adaptado (Silva et al, 2020).

Na literatura, Silva et al (2020) destaca que o sistema viário principal da cidade de Maceió segue uma configuração radial, em que as principais vias convergem em direção ao centro histórico, região essa que concentra grande parte das atividades de comércio e serviços públicos.

Dos eixos radiais existentes vale destacar quatro deles pela sua importância nos deslocamentos na cidade e são eles:

1. **Corredor Durval de Góes Monteiro/Fernandes Lima:** Principal eixo viário da cidade. Interliga a região central e os bairros do tabuleiro no sentido sul-norte.
2. **Corredor Menino Marcelo/Juca Sampaio:** Eixo paralelo ao corredor Durval de Góes Monteiro/Fernandes Lima. Interliga a planície litorânea e os bairros do tabuleiro.
3. **Corredor General Hermes:** tem seu traçado Seguindo no sentido norte-sul e interliga a região central e os bairros ao longo da Lagoa Mundaú.
4. **Corredor Gustavo Paiva:** É uma das vias mais antigas da cidade, que interliga a região central aos bairros litorâneos localizados ao norte.

**Figura 9:** Sistema viário principal de Maceió: Eixos radiais e ligações transversais



**Fonte :** Adaptado (Silva et al, 2020).

### 6.3. O sistema de transporte público coletivo por ônibus em Maceió

O serviço de transporte coletivo municipal em Maceió é supervisionado pela Superintendência Municipal de Transporte e Trânsito (SMTT), órgão responsável por autorizar e regular as atividades relacionadas. A frota da cidade é composta por um total de

673 ônibus, destinados a atender as necessidades de transporte ao longo de 103 linhas, das quais 95 são linhas regulares e oito são linhas noturnas conhecidas como "corujão" (PMM, 2015, p. 17).

Há três empresas que operam o sistema municipal de ônibus da capital e estão sob contrato de concessão e cada uma é responsável por linhas de ônibus que se originam em quatro regiões distintas da cidade.

O sistema tem 4.406 viagens programadas por dia pelas quais são percorridos 174.463km, a fim de atender a uma demanda média diária de aproximadamente 325.000 passageiros. Esses números revelam que o transporte coletivo é responsável por 33% das viagens motorizadas realizadas na cidade, representando também 74% das viagens feitas por meio de transporte público (PMM, 2015, p. 25).

**Figura 10:** Desenho do itinerário das linhas de ônibus municipais de Maceió.



**Fonte:** Adaptado (Alagoas, 2013, p. 12).

Segundo Silva et al (2020), ao analisar especificamente os itinerários, observa-se que a maioria das linhas de transporte coletivo em Maceió segue um padrão radial, interligando os bairros à área central, ou diametral, conectando duas regiões geograficamente opostas por meio da área central da cidade. Esses itinerários têm como ponto de partida os bairros e como

destinos principais o Centro, Ponta Verde e Mangabeiras, regiões que concentram a maior quantidade de empregos na cidade.

Desse modo, essa concentração de linhas que partem de bairros distantes da área central e têm apenas três principais destinos resulta inevitavelmente em sobreposição de itinerários ao longo dos principais corredores que interligam as diferentes zonas da cidade. Por exemplo, as linhas originárias do Benedito Bentes, Graciliano Ramos e Eustáquio Gomes utilizam os corredores da Avenida Fernandes Lima e Avenida Menino Marcelo para chegar à região central. O mesmo ocorre com as linhas provenientes do Clima Bom e Chã da Jaqueira, que utilizam os corredores da Avenida Fernandes Lima e da Rua General Hermes (corredor viário da planície lagunar), e também com as linhas que vêm do litoral norte, que utilizam o corredor da Avenida Gustavo Paiva (SILVA ET AL, 2020).

Nesse sentido, a **Figura 11** ilustra de uma forma mais clara essa situação da sobreposição de linhas.

**Figura 11:** Ilustração esquematizada da sobreposição dos itinerários já existentes



**Fonte:** Adaptado (Alagoas, 2015, p. 20).

Conforme dados fornecidos pela SMTT, existem 42 linhas que percorrem trechos do corredor Fernandes Lima/Durval Góes Monteiro, 21 linhas que operam no corredor Menino Marcelo/Juca Sampaio, 13 linhas no corredor General Hermes e 20 linhas no corredor

Gustavo Paiva. Essa sobreposição de linhas resulta em comboios de ônibus e congestionamentos em certas paradas, afetando a fluidez do tráfego. Para organizar e melhorar o fluxo dos ônibus, foi implementada a Faixa Azul exclusiva no corredor Fernandes Lima/Durval de Góes Monteiro/Comendador Leão/Dona Constança **(SILVA ET AL, 2020)**.

A implantação dessa medida prioritária para o transporte coletivo no município de Maceió não exigiu obras complexas, sendo necessário apenas delimitar uma das faixas existentes por meio de sinalização horizontal, como a colocação de tachões sobre a pintura longitudinal das faixas branca e azul. Além disso, foram instaladas placas para sinalizar a existência da Faixa Azul e fornecer informações sobre suas regras. As paradas de ônibus ao longo do corredor viário e as linhas que percorrem a faixa não sofreram nenhuma modificação no período inicial de implementação **(SILVA ET AL, 2020)**.

Ao longo da Faixa Azul é percorrida diariamente por 42 linhas do transporte coletivo urbano municipal, transportando aproximadamente 194 mil passageiros, além de receber seis linhas do transporte coletivo metropolitano, que atendem diariamente a aproximadamente 15 mil passageiros. Com isso, a medida beneficia diariamente um total de 209 mil passageiros **(PMM, 2015, p. 22; ALAGOAS, 2013, p. 18)**. Ao todo, o corredor viário possui um total de 46 paradas de ônibus, localizadas a uma distância de 600 metros a 1.700 metros uma da outra. Dessas paradas, 22 estão no sentido Centro e 24 no sentido aeroporto. É importante ressaltar que apenas 14 das 46 paradas possuem uma quarta faixa designada como baia exclusiva para embarque e desembarque. Os abrigos nas paradas para os passageiros são padronizados e apresentam características simples. Embora em algumas paradas as dimensões dos abrigos sejam satisfatórias para o volume de passageiros, em outras eles são pequenos e tendem a ficar saturados, mesmo fora do horário de pico **(SILVA ET AL, 2020)**.

#### 6.4. Caracterização do Sistema de Transporte Inteligente de Maceió

No município de Maceió, o Sistema de Transporte Inteligente vem sendo implementado com um conjunto de soluções tecnológicas, cujo objetivo central é proporcionar aos seus usuários o conforto, segurança e a confiabilidade necessária (PMM, 2018, p. 33) e entre elas estão:

- Sistema de Bilhetagem Eletrônica: Todos os veículos do sistema possuem validador eletrônico que permite a adoção da tarifa temporal.
- Sistema de Câmeras: os veículos estão dotados de um Circuito Fechado de Câmeras, proporcionando o monitoramento de embarque e desembarque dos passageiros e sua movimentação interna.
- Roteirização de Trajetos: o Sistema de Informação ao Usuário (SIU) conta com os aplicativos Moovit e Cittamobi que através deles, é possível inserir as informações de Origem e Destino e obter não apenas os pontos de parada para embarque e desembarque, mas as linhas a serem utilizadas e os pontos de conexão.

Além disso, o monitoramento de Frota é realizado pela SMTT, o acompanhamento dos veículos, segundo a **Prefeitura de Maceió (2023)**, é realizado pelo Núcleo de Operação Integrada (NOI). O objetivo dele é otimizar o atendimento às ocorrências de trânsito e monitorar a segurança e fluidez nas vias da cidade. O NOI é composto por 20 agentes de trânsito que diariamente fiscalizam as câmeras de videomonitoramento espalhadas pela cidade, conforme é possível visualizar na **Figura 12 (PREFEITURA DE MACEIÓ, 2023)**.

**Figura 12:** Núcleo de Operação Integrada de Maceió.



**Fonte :** Adaptado (Maceió, 2023).

Portanto, com esse equipamento, os servidores da SMTT podem visualizar, em tempo real, qualquer incidente nas vias, como acidentes, congestionamentos, estacionamentos e conversões irregulares, além de outras ocorrências de trânsito que afetem a mobilidade urbana **(PREFEITURA DE MACEIÓ, 2023)**.

Por fim, os semáforos inteligentes do Município de Maceió, funcionam por meio do uso de tecnologia avançada, como inteligência artificial e conectividade 4G. Esses semáforos têm como objetivo melhorar a mobilidade e o fluxo de trânsito na cidade, coletando dados em tempo real e ajustando a dinâmica de funcionamento de acordo com as condições do tráfego. Para isso, esses semáforos utilizam um software australiano que coleta dados adaptativamente por meio de inteligência artificial, permitindo o cálculo necessário para ajustar a dinâmica dos semáforos com base nos carros que estão trafegando nas vias. A **Figura 13** representa a instalação na Avenida Durval de Góes Monteiro **(PREFEITURA DE MACEIÓ, 2023)**.

**Figura 13:** Instalação de um semáforo inteligente na Avenida Durval de Góes Monteiro



**Fonte:** Adaptado (Maceió, 2023).

De acordo com a **Prefeitura de Maceió (2023)**, a SMTT instalou semáforo com instruções sonoras. O equipamento emite um sinal sonoro que facilita a identificação dos dispositivos, juntamente com informações auditivas e táteis em braille, a fim de permitir uma travessia segura.

### 6.5. Caracterização do sistema de transporte público VLT

Na literatura, a Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU) afirma que o Sistema de Trens Urbanos de Maceió é operado pela Superintendência de Trens Urbanos de Maceió e possui um total de 15 estações. O sistema é composto por uma única linha ferroviária, com extensão de 34,73 km, que atende aos municípios de Maceió, Satuba e Rio Largo. O trecho Maceió/Lourenço Albuquerque é o mais utilizado, contando com 15 estações em operação e transportando aproximadamente 11 mil passageiros por dia. Devido ao problema de afundamento de solo causado pela Brasken, e pelas restrições causadas pela pandemia, este número está atualmente em cerca de 2 mil passageiros/dia.

Além disso, há duas linhas distintas: a linha azul, que é a mais longa e conecta os municípios de Maceió, Satuba e Rio Largo; e a linha verde, que interliga algumas áreas do interior da capital do estado, conforme é observado na **Figura 14 (CBTU, 2022)**.

**Figura 14:** Mapa da Linha do VLT de Maceió



**Fonte:** Adaptado (CBTU, 2022).

As tecnologias presentes no Sistema de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT), são : **(CBTU, 2022)**.

- Sistemas de comunicação e controle: Os sistemas de VLT de Maceió possuem sistemas avançados de comunicação e controle para garantir a segurança e eficiência das operações. Isso inclui sistemas de comunicação sem fio, sistemas de controle automatizado de trens e sistemas de monitoramento em tempo real.
- Sistemas de energia e tração: Os VLTs são alimentados eletricamente e fazem o uso de tecnologias avançadas de energia e tração, como sistemas de tração elétrica eficientes e regeneração de energia durante a frenagem para aumentar a eficiência energética do sistema.
- Pagamento eletrônico e bilhetagem: Os sistemas de VLT oferecem soluções de pagamento eletrônico e bilhetagem, como cartões inteligentes do sistema SIM ou aplicativos móveis, para facilitar o acesso dos passageiros ao sistema e agilizar o processo de pagamento.

#### **6.6. Futura Implementação de um sistema de transporte público BRT**

Segundo a Superintendência Municipal de Transportes e Trânsito (SMTT) de Maceió um projeto de sistema *Bus Rapid Transit* (BRT) foi apresentado no dia 23 de março de 2023, mas até o momento da pesquisa não há nenhuma data de execução prevista. **(PREFEITURA DE MACEIÓ, 2023)**.

Além disso, a **Ascom SMTT (2023)** divulgou que, visando otimizar o desempenho do sistema em fase de implantação, torna-se necessário efetuar intervenções na infraestrutura, tais como a construção de passagens subterrâneas ou elevadas. Essas intervenções têm como objetivo primordial evitar paradas excessivas nos cruzamentos, garantindo uma viagem eficiente, segura e confortável para os usuários, uma vez que não haverá interferência de outros veículos na faixa exclusiva designada ao transporte em questão.

Nesse contexto, de acordo com a administração municipal de Maceió, foi proposta uma iniciativa que consiste na implementação de um corredor de transporte rápido por ônibus (BRT), composto por eixos que conectam os bairros mais distantes da região alta da cidade. O projeto tem como objetivo abranger uma extensão de 14,5 km, contando com 22 estações distribuídas em uma média de 620 metros entre si. Conforme o planejamento detalhado, o traçado do BRT iniciará no Terminal Eustáquio Gomes e terminará na região central da cidade, na Praça Centenário. Além disso, o corredor passará pelo Terminal Ufal, localizado nas proximidades da Universidade Federal de Alagoas, e pela Estação de Conexão ECO

Tabuleiro do Martins, a qual será de porte intermediário, posicionada entre uma estação convencional e um terminal de integração (**PREFEITURA DE MACEIÓ, 2023**).

Conforme delineado no projeto, o trajeto do BRT Maceió se estende até a Estação Centenário (Farol), que constitui a última estação do eixo troncal. A partir desse ponto, o sistema de BRT passaria a operar nas vias das regiões centrais da cidade, abrangendo os bairros do Centro, Ponta Verde e Trapiche. Essa disposição pode ser visualizada na **Figura 15 (PREFEITURA DE MACEIÓ, 2023)**.

**Figura 15:** Representação da Concepção do BRT Maceió.



**Fonte :** Adaptado (Maceió, 2023).

O presidente do Sinturb-Mac (Sindicato das Empresas de Transporte Urbano de Passageiros do Município de Maceió), Guilherme Borges, afirma que “a ideia de se implantar o BRT é muito interessante para Maceió. Acredita-se que será possível conseguir reduzir o tempo de percurso de viagem do passageiro “. Assim, os ônibus do transporte público terão uma melhor qualidade e serão mais eficientes (**PREFEITURA DE MACEIÓ, 2023**).

Na seção seguinte deste trabalho, será realizada uma análise dos STI presentes em Maceió. Será avaliada a efetividade dessas tecnologias no sistema de transporte público coletivo da cidade, bem como suas contribuições para a melhoria da qualidade dos serviços oferecidos aos usuários. A análise considerará as tecnologias inteligentes presentes nas Cidades.

## 7. ANÁLISE DO STI DE MACEIÓ

O levantamento das tecnologias para Sistemas de Transporte Inteligente que são utilizadas internacionalmente e nacionalmente, possibilitou que houvesse uma comparação com a do município de Maceió, conforme pode ser vista no **Quadro 4** a seguir:

**Quadro 4** – Análise das tecnologias inteligentes em STI dos lugares pesquisados

Local	CCO	APTS	ATMS	SMTR	SIMD	FISC	CPU	BE
Coréia do Sul	X	X		X	X	X		X
Londres (Inglaterra)	X	X	X	X	X	X	X	X
Sidney (Austrália)	X	X	X	X	X			X
Estados Unidos da América	X	X	X	X	X	X		X
Barcelona (Espanha)	X	X	X	X	X		X	X
Fortaleza (CE)	X	X						X
Rio de Janeiro (RJ)	X	X		X				X
Porto Alegre (SC)	X	X	X	X		X		X
Curitiba (PR)	X	X	X	X		X		X
Belo Horizonte (MG)	X	X		X		X		X
Goiânia (GO)	X	X		X				X
São Paulo (SP)	X	X	X	X		X		X
Maceió (AL)	X	X	X	X		X		X

Fonte: Autor (2023)

Legenda: CCO – Centro de Controle Operacional; APTS – Sistemas Avançados de Transporte Público; ATMS – Sistema Avançados de Gerenciamento de Tráfego; SMTR – Sistema de Monitoramento em Tempo Real; SIMD – Sistema de Integração de Modais; FISC – Fiscalização eletrônica de Veículos; CPU – Cobrança de Pedágio Urbano; BE – Bilhetagem Eletrônica.

Ao realizar uma análise, foi constatado que o Centro de Controle Operacional (CCO) é uma parte fundamental para o funcionamento eficiente do Sistema de Transporte Inteligente. Ao pesquisar sobre as tecnologias inteligentes utilizadas no transporte público, foi verificado que tanto em nível nacional quanto internacional, todos os locais possuem um CCO que trabalha em conjunto com diversos sistemas para garantir a qualidade e eficiência dos serviços prestados aos usuários do transporte público. No município de Maceió, o CCO é representado pela SMTT, que atua como Núcleo de Operação integrada.

Como os APTS são uma resposta aos problemas de confiabilidade enfrentados pelos sistemas de transporte público, por meio da aplicação de um conjunto de tecnologias inteligentes, como SAO, AVL, ATIS, SPS, entre outros. Tanto no Brasil quanto no exterior, o uso de APTS tem sido uma estratégia adotada para aprimorar a mobilidade, conveniência e segurança dos usuários do transporte público. O município de Maceió segue essa tendência, utilizando tecnologias APTS em sua gestão do sistema de transporte.

O gerenciamento de tráfego realizado pelos ATMS é feito por meio da aplicação de tecnologias para redução do congestionamento nas vias e garantia da segurança. Internacionalmente, os ATMS são amplamente consolidados, sendo uma tecnologia avançada utilizada em sistemas de sinalização, segurança no trânsito, gerenciamento de congestionamentos e rotas. No entanto, nacionalmente, o uso de ATMS não está totalmente consolidado em todas as localizações, uma vez que é necessário infraestrutura inteligente (como veículos, vias, iluminação, semáforos, pontos de ônibus, estações e terminais inteligentes) para a operação no transporte público coletivo.

Internacionalmente e Nacionalmente o SMTR é muito empregado uma vez que realiza o monitoramento em tempo real das condições do tráfego e envia ao CCO as imagens obtidas, permitindo gerenciar as condições do transporte público. Em Maceió, o sistema é gerenciado pela Superintendência Municipal de Transporte e Trânsito (SMTT) de Maceió e ele funciona por meio de equipamentos de geolocalização instalados nos ônibus, que enviam informações sobre a localização, velocidade e itinerário do veículo para um Núcleo de Operação Integrada da SMTT em tempo real. Essas informações são então processadas e disponibilizadas aos usuários por meio de aplicativos para smartphones e sites de internet.

O SIMD é uma tecnologia que promove a padronização e integração da infraestrutura para operação do sistema de transporte público coletivo, por meio dos diversos modais disponíveis para a população. Globalmente, o atendimento da população tem sido aprimorado com o aumento da oferta de diferentes tipos de modais. No entanto, não foi encontrada nenhuma informação sobre a promoção da integração em Maceió, no momento da pesquisa.

A FISC é uma tecnologia que está em pleno funcionamento no Brasil e no mundo. Em Maceió, a fiscalização é realizada por meio de câmeras de monitoramento em vários pontos da cidade. As imagens capturadas são processadas por softwares de reconhecimento de caracteres, que possibilitam a identificação das placas de veículos e a verificação de informações como licenciamento, impostos e multas pendentes.

A CPU é uma proposta desafiadora, pois cobra pedágios para a circulação de veículos em áreas centrais. Em nível internacional, essa tecnologia é utilizada em grandes centros urbanos, como Londres (Inglaterra) e Barcelona (Espanha). No entanto, não foi possível verificar quais estados do país utilizam essa tecnologia.

A tecnologia de Bilhetagem Eletrônica (BE) é um importante avanço na otimização da cobrança de tarifas em veículos, tanto no cenário internacional quanto nacional. Em Maceió, essa tecnologia é amplamente utilizada por meio do cartão eletrônico chamado Bem Legal, que é adquirido em pontos de venda credenciados e pode ser recarregado pelos usuários para utilização no transporte público.

Por fim, uma subcategoria do APTS, pode ser de grande importância para a gestão do transporte público. A Contagem Automática de Passageiros (CAP) pode auxiliar na gestão e no controle da lotação dos veículos, principalmente como medida para controle sanitário, de forma a fornecer informação tanto para a gestão do transporte público como, aos usuários de forma a evitar superlotação nos ônibus para contenção da propagação da doença. No município de Maceió essa tecnologia encontra-se bem consolidada e as informações geradas são controladas pela SMTT, que processa os dados e gera relatórios com dados estatísticos sobre a utilização do transporte público em cada linha e horário.

Com base nessas informações, a SMTT pode identificar as linhas com maior demanda e realizar ajustes na oferta de transporte, como a inclusão de mais ônibus ou a modificação de itinerários, para atender às necessidades dos usuários.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento urbano em conjunto com a ideia de cidades inteligentes está em constante evolução para obter informações relevantes sobre os serviços disponibilizados nas cidades e como esses serviços estão interagindo entre si. O Sistema de Transporte Inteligente (STI) apresenta a possibilidade não apenas de melhorar a segurança e mobilidade dos usuários do transporte público coletivo, mas também de aumentar a produtividade das pessoas e diminuir os efeitos negativos do tempo perdido no deslocamento.

Com base em cidades inteligentes nacionais e internacionais, levantou-se as principais tecnologias inteligentes aplicadas nos STI por meio da TIC's no transporte público coletivo. Essas tecnologias incluem Centro de Controle Operacional, Sistemas Avançados de Transporte Público, Sistemas Avançados de Gerenciamento de Tráfego, Sistema de Monitoramento em Tempo Real, Fiscalização Eletrônica de Veículos e Bilhetagem Eletrônica.

De forma geral, ao comparar as tecnologias inteligentes disponíveis na região do município de Maceió para o STI, conclui-se neste trabalho que o assunto tem ganhado atenção da administração pública. Isso se deve à futura implantação do sistema BRT, que inclui a adoção de tecnologias inteligentes nos terminais e estações do transporte coletivo urbano. Entretanto, algumas melhorias imediatas no Sistema de Transporte Inteligente da região do município de Maceió podem ser feitas, como a implantação de um sistema de Contagem Automática de Passageiros em ônibus. Isso pode ajudar no planejamento e na gestão do serviço de transporte da região.

Considerando que as cidades inteligentes baseiam-se em tecnologias de informação e comunicação (TIC), a busca por tecnologias e sistemas de comunicação e transmissão de dados é fundamental para tornar o sistema de transporte inteligente. A ausência de displays e totens nos terminais em operação é uma necessidade de melhoria no STI de Maceió para melhorar o Sistema Inteligente de Transporte.

Com a futura implantação do sistema BRT na região, torna-se crucial aprimorar o Sistema Integrado de Transporte Urbano (SIU), através da integração de semáforos inteligentes e da implementação de pontos de parada inteligentes. Essas melhorias, por meio da integração dos sistemas, têm o potencial de aprimorar significativamente a experiência dos usuários e aumentar a eficiência do sistema de transporte, contribuindo para o desenvolvimento de uma cidade inteligente por meio de um corredor de transporte inteligente.

A tecnologia de Cobrança de Pedágio Urbano (CPU) representa uma solução promissora para o gerenciamento e controle do volume de veículos, especialmente nas áreas urbanas. Essa tecnologia desempenha um papel efetivo na redução do congestionamento do tráfego nessas regiões. Ao estabelecer uma taxa pelo uso das vias mais movimentadas ou congestionadas, a CPU incentiva os motoristas a considerarem alternativas, como o transporte público, o compartilhamento de caronas ou a flexibilização de horários de deslocamento. Essas medidas provocaram a diminuição do fluxo de veículos nas vias mais congestionadas, resultando em um tráfego mais fluido.

No entanto, garantir um Sistema de Transporte Inteligente (STI) no transporte público coletivo urbano não depende apenas das tecnologias implantadas e da disposição do município. A operação parcial do sistema não garante a qualidade desejada do transporte público. Além disso, a ausência ou ineficiência de um Sistema de Informação e Transmissão de Dados prejudica o Sistema de Informação ao Usuário, dificultando não apenas a operação do sistema pelos gestores, mas também limitando as informações disponíveis para que os usuários possam planejar melhor suas viagens.

Por fim, incentivar o uso de outros modais para a rede de acesso aos terminais, como a construção de bicicletários nos terminais, pode ser benéfico. Um dos principais benefícios de diversificar os modais de transporte é a redução do congestionamento nas estradas. As cidades estão enfrentando um aumento constante no número de veículos particulares, o que leva a engarrafamentos que afetam negativamente a mobilidade urbana e a qualidade de vida das pessoas. Ao incentivar o uso de alternativas, como o ciclismo, caminhada e compartilhamento de caronas, é possível aliviar a pressão sobre as vias e melhorar a fluidez do tráfego. Por isso, é importante que o município de Maceió invista em infraestrutura inteligente para o trânsito, visando um futuro mais seguro e sustentável para todos.

A análise do transporte público da região do município de Maceió com foco em novos sistemas de transportes inteligentes é um tema de grande relevância para a sociedade, visto que a qualidade do transporte público tem um impacto direto na vida dos cidadãos, no desenvolvimento econômico da região e na preservação do meio ambiente. Nesse sentido, existem algumas recomendações para trabalhos futuros que podem contribuir para aprimorar a análise desse tema.

Com a futura implementação do sistema BRT, primeiramente, é necessário realizar um estudo comparativo entre o sistema de transporte inteligente e o sistema de BRT, com o objetivo de avaliar os prós e contras de cada sistema em termos de eficiência, custo, segurança, satisfação do usuário e impacto ambiental. Essa análise comparativa permitirá

identificar as vantagens e desvantagens de cada sistema, e assim, possibilitará a tomada de decisões mais fundamentadas em relação à implementação de um sistema de transporte público eficiente e sustentável.

Outro aspecto importante a ser considerado, é a análise da integração do sistema de transporte público com outros modos de transporte, como bicicletas, táxis e carros compartilhados. Isso inclui a avaliação da acessibilidade aos pontos de ônibus e estações de BRT, bem como o uso de aplicativos de transporte para facilitar a integração entre diferentes modos de transporte. Essa análise permitirá identificar formas de aprimorar a integração entre diferentes modos de transporte e, assim, promover um sistema de transporte público mais eficiente e sustentável. Além disso, é importante realizar um estudo de caso detalhado do sistema de transporte inteligente ou do BRT em uma área específica de Maceió, analisando aspectos como a eficácia do sistema, a satisfação do usuário, a segurança e os custos. Esse estudo de caso permitirá avaliar de forma mais detalhada a efetividade do sistema de transporte público em Maceió, identificando as melhores práticas e lições aprendidas, que poderão ser utilizadas para aprimorar o sistema de transporte público em outras áreas da região.

Outra recomendação é a análise do impacto econômico, social e ambiental da implementação desses novos sistemas inteligentes de transporte na cidade de Maceió. Isso inclui a avaliação de possíveis custos e benefícios financeiros, a análise dos impactos na mobilidade urbana e no desenvolvimento socioeconômico da região, e o estudo dos impactos ambientais, como a redução de emissões de gases de efeito estufa. Para realizar uma análise completa das vantagens dos novos sistemas inteligentes de transporte para a cidade de Maceió, é importante envolver todas as partes interessadas, incluindo autoridades locais, usuários do transporte público e especialistas em transporte.

A última recomendação seria a avaliação da aceitação da população em relação aos novos sistemas inteligentes de transporte. É fundamental entender as opiniões, expectativas e preocupações dos usuários do transporte público e da população em geral para garantir que esses novos sistemas sejam aceitos e utilizados efetivamente. Além disso, é importante considerar também a viabilidade técnica, econômica e financeira da implementação desses novos sistemas inteligentes de transporte na cidade de Maceió. Por fim, a análise das vantagens da utilização dos novos sistemas inteligentes de transporte para a cidade de Maceió requer uma abordagem multidisciplinar, envolvendo aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais. É importante considerar a viabilidade técnica e financeira da implementação desses novos sistemas, bem como a aceitação da população.

## REFERÊNCIAS

- ABDI. **Pontos de ônibus Inteligentes começam a funcionar no bairro Vila A**. Disponível em : <https://www.abdi.com.br/postagem/pontos-de-onibus-inteligentes-comecam-a-funcionar-no-bairro-vila-a>. Acesso março de 2023
- AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES, PROJETO: Avaliação de condições para ampliação da utilização de sistema de cobrança eletrônica nas praças de pedágio de rodovias federais, **Relatório Final de Projeto**, 2017. Disponível em acesso em dezembro. 2022.
- ALAGOAS. **Pesquisa Origem e Destino da Região Metropolitana de Maceió. Produto: Caracterização e diagnóstico da área de estudos e resultados da pesquisa**. Secretária de Estado da Infraestrutura, 2014. Disponível em [http://www.maceio.al.gov.br/wp-content/uploads/admin/pdf/2015/10/VLT-P9-A3-%20PLANO-DE-MOBILIDADE-26\\_09\\_2014.pdf](http://www.maceio.al.gov.br/wp-content/uploads/admin/pdf/2015/10/VLT-P9-A3-%20PLANO-DE-MOBILIDADE-26_09_2014.pdf) Acesso em janeiro. 2023
- ALISSON F. JORNAL DE ALAGOAS. **BRT Maceió : O sistema trará modernidade e eficiência ao transporte coletivo**. Disponível em : <https://www.jornaldealagoas.com.br/geral/2022/10/17/19877-brt-maceio-sistema-trara-modernidade-e-eficiencia-ao-transporte-coletivo>. Acesso em 23 mar de 2023
- ANSELMO ET AL. **Sidney a Maior Cidade da Australia**. *Artigo Like Glob*, ed.4, 2020
- ARBEX, R. O., CUNHA, C. B.; Avaliação das mudanças nas velocidades das linhas de ônibus da cidade de São Paulo após a implantação de faixas exclusivas através da análise de dados de GPS. **TRANSPORTES**, v. 24, n. 4, 2016. DOI: 10.14295/transportes.v24i4.1008
- ARCE, R. M., ALONSO, C. M., SmartMobility in Smart Cities, **CIT2016 – XII Congresso de Ingeniería del Transporte**, Valencia, 2016, DOI: 10.4995/CIT2016.2016.3485.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO - ANTP; **Sistemas Inteligentes de Transporte – ITS**, 2012.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO - ANTP; **Estudo do Impacto Potencial do Transporte por Aplicativo no Transporte Público por Ônibus, Estudos de Caso: São Paulo e Belo Horizonte**, 2019.
- BATISTA, C. P., **Sistemas Inteligentes De Transporte: Uma Abordagem Voltada Ao Contexto, XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador, BA, Brasil, (2013)
- BARBOSA, ludmyla; PEREIRA, Lorena Rodrigues Dos Santos; SILVA, Stephanie Cristhyne Araujo Da; CARVALHO, guilherme. **Meios de transporte**. Disponível em: <https://meios-de-transporte.info/>. Acesso em: 10 out. 2022.
- BENEVOLO, C.; DAMERI, R.; D'AURIA, B. Smart Mobility in Smart City. In **Empowering Organizations — Enabling Platforms and Artefacts**, v. 11, 2016

BENITES, A. J.; **Análise das cidades inteligentes sob a perspectiva da sustentabilidade: o caso do Centro de Operações do Rio de Janeiro**, dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2016.

BITTENCOURT, G. R., **Sistemas Avançados De Transporte Público: Análise Das Tecnologias Empregadas Na Cidade De Porto Alegre**, Trabalho de conclusão apresentado a Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012

BRASIL. Ministério das Cidades. **Manual de BRT - Bus Rapid Transit: Guia de planejamento**, p. 898, 2008

BRASIL; **Política Nacional de Mobilidade Urbana**; Lei nº 12.587, de 3 de Janeiro De 2012

BRASILIA: Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano; **Sistemas Inteligentes de Transporte – ITS**, 53p., 2013.

BOOT, Marjolijn. A digital future for cycling: the role of data and ITS in encouraging more cyclists. **Intelligent Transport**, 11 abr. 2019. Disponível em: <https://www.intelligenttransport.com/transport-articles/78216/digital-future-cyclingdata-its-encouraging-cyclists/>. Acesso em: 10 out. 2022.

BORGES et al. **O Desenvolvimento de uma nova rede de transporte urbano público de Maceió utilizando a tecnologia através de pesquisas origem e destino via dados de celulares**, Trabalho de conclusão de projeto apresentado para Fundação Dom Cabral, 2020.

CASTILHA, E. D. **Avaliação da qualidade do transporte coletivo em foz do Iguaçu-pr: um desafio de mobilidade urbana**, dissertação de mestrado do programa de pós-graduação em políticas públicas de desenvolvimento, Foz do Iguaçu- PR, 2017

CBTU. **Rede viária do Sistema de Trens de Transporte Urbano de Maceió**. Disponível em : <https://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/sistemas-cbtu/maceio>. Acesso em 5 de jun 2023.

CONNECTED SMART CITIES. **Pontos de ônibus inteligentes começaram a funcionar em Foz do Iguaçu**. Disponível em : <https://portal.connectedsmartcities.com.br/2021/05/03/pontos-de-onibus-inteligentes-comecam-a-funcionar-em-foz-do-iguacu/>. Acesso em 25 de mar 2023.

CUNHA et al. **Sistemas de Transporte Inteligentes: Conceitos, Aplicações e Desafios**, 2017. Disponível em acesso em mar. 2023.

DAMASCENO, A. V. O.; **CitySpeed: uma ferramenta para coleta e visualização de velocidades veiculares em cidades inteligentes**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, 2018.

Departamento Estadual de Trânsito Alagoas DETRAN/AL. **Anuário de indicadores do detran de**

**alagoas,2021b.**URL<https://dados.al.gov.br/catalogo/dataset/anuário-de-indicadores-do-detran-de-alagoas-2011-2012>. Acesso em 08 de maio de 2023.

Departamento Estadual de Trânsito Alagoas DETRAN/AL. **Indicadores de trânsito do estado**

**de alagoas**, 2021b. URL <http://indicadores.detran.al.gov.br/veiculos/>. Acesso em 09 de janeiro de 2023

DROR, Maya Ben. Ensuring sustainability is at the heart of the future of mobility. **Intelligent Transport**, 2019. Disponível em: <https://www.intelligenttransport.com/transport-articles/88407/ensuring-sustainabilityis-at-the-heart-of-the-future-of-mobility/>. Acesso em: 18 out. 2022.

EGALI. **Como funciona o transporte público em Sidney ?**. Disponível em : [https://www.egali.com.br/blog/como-funciona-o-transporte-publico-em-sydney/#O\\_que\\_e\\_o\\_Opal\\_Card](https://www.egali.com.br/blog/como-funciona-o-transporte-publico-em-sydney/#O_que_e_o_Opal_Card) . Acesso em 08 fev.2023

EMPRESA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO DE CAMPINAS S/A. **Bilhetagem Eletrônica em Campinas** [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.campinet.sp.gov.br/emdec/bilhet.html>. Arquivo capturado em 23 de janeiro de 2023..

EURODICK. **Transporte público em Barcelona**. Disponível em <https://www.eurodicas.com.br/transporte-publico-em-barcelona/>. Acesso em : 15 fev 2023;

FABIANO, P. C. A.; MEIRELES, A. A. C. Sistema Automatizado de Informações e Controle Operacional – SInCo. In: ANTP, 10º. **Comunicações Técnicas...** Belo Horizonte: ANTP, 1997.

FARIA, R. F. R., Políticas Federais De Transporte Público: A Difusão E Implantação Do Sistema BRT (Bus Rapid Transit) Em Cidades Brasileiras, **Revista Caminhos de Geografia**, DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/RCG196724>, v. 19, n. 67, 2018

FARIA, R. R. C.; **O Estatuto da Cidade e o Transporte Público Coletivo como Instrumento Para a Implantação da Mobilidade Urbana Sustentável**. Dissertação (mestrado) – Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, MG, 2010

FERREIRA, M. L.; **Automação de metodologia para avaliação de passageiros para transportes públicos na mobilidade urbana por meio da tecnologia RFID**, Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015

FGV PROJETOS. **O que é uma cidade inteligente ?**. Disponível em <https://fgvprojetos.fgv.br/noticias/o-que-e-uma-cidade-inteligente>. Acesso em 08 de jan 2023.

GALON, H. E., **Sistema De Rastreamento E Controle De Recursos De Um Veículo Utilizando Um Smartphone Android**, Pato Branco, 2014. Disponível em acesso em mar. 2023.

GASPAR, J. V.; AZEVEDO, I. S. C.; TEIXEIRA, C. S. Análise do ranking connected smart cities, **Revista Ciki**, 2016.

GÖTZ, Rainer. The SmartBus Concept. In: National Conference on Advanced Technologies in Public Transportation. **Proceedings** ... San Francisco, California: Texas Transportation Institute, 1992. p.31-32.

GREGA, Wojciech. Decomposition Approach to the Public Transport Scheduling Problem. **Automatica**, Grã Bretanha, v. 29, n. 3, p. 745-750, 1993

GUIDI ET AL .; **Melhorias Práticas o Transporte Coletivo em Florianópolis**. Artigo do Caderno ENEGEP, 2015.

ITS AMERICA. **What is ITS?** [online]. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.itsa.org/public/whatits/whatits.html>. Arquivo gerado em 1996 e capturado em 02 de maio de 1997.

KAMIENSKI, Carlos, BINODI O. G., BORELLI F. F., HEIDEKER A., RATUSZNEI J., KLEINSCHMIDT J. H., **Computação Urbana Tecnologias e Aplicações para Cidades Inteligentes**, 2016.

LEMOS, André. **Espaços Urbanos, Cidades Inteligentes**, São Paulo: Biblioteca Digital FGV, 2013.

LEITE, C.; **Inteligência Territorial: Cidades Inteligentes com Urbanidade**. Artigo do Caderno FGV Projetos, 2015.

LELLIS.J; **Saiba como funciona o sistema público de transporte de Seul**, 2015. Disponível em : <https://www.brazilkorea.com.br/saiba-como-funciona-o-sistema-publico-de-transporte-de-seul/>. Acessado em 14 de jan 2023

LIBRARY. **Os Sistemas Inteligentes de Transporte aplicados em sistemas de alta capacidade : BRT e metrô da cidade de BRASÍLIA**. Disponível em : <https://1library.org/article/sistemas-inteligentes-brasil-sistemas-inteligentes-transporte-aplicados-sistemas.qop6777z> Acessado em 20 de mar 2023.

LIM, S. Intelligent transport systems in Korea. **International Journal of Engineering and Industries**, vol. 3, no. 4, 2012. DOI: 10.4156/IJEL.vol3.issue4.7.

MENEGHELLO, M. P. C.; **Inovação em Transporte: Implantação do Sistema BRT em uma Cidade de Médio Porte: O caso de Uberada**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, 2017.

MIRANDA, H. F.; **Mobilidade Urbana Sustentável e o caso de Curitiba**, Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de São Paulo, São Carlos, 2010.

MIYABUKURO, E, **Sistema de Monitoramento de Transporte Coletivo em Tempo Real Via GPS para Smartphone**, Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em Bacharel em Ciência da Computação, Universidade Regional de Blumenau, 2015.

MONT'ALVÃO, C.R.A. **Inovações Tecnológicas Aplicadas ao Transporte Rodoviário: Estudo Exploratório na Cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 1997. 273 p. Tese de Mestrado em Engenharia de Transportes – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

MOURA, E. **As Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade: implementando a melhoria contínua com maior eficácia**. São Paulo: Makron Books, 1992. 118 p.

NASAR, V.; VIEIRA, M. L. H., O compartilhamento de informações no transporte público com as tecnologias RFID e NFC: uma proposta de aplicação, **URBE. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 2017, DOI: 10.1590/2175- 3369.009.002.AO12.

NETO, O. L.; Um novo quadro institucional para os transportes públicos: condição para a melhoria da mobilidade e acessibilidade metropolitana, **Transporte em tempos de reforma: estudos sobre o transporte urbano**, p. 193-216, Natal, 2004.

NTU, Mobilidade Inteligente, Cidades Inteligentes, **Revista NTUrbano**, Ed. 40, 2019. Disponível em , acesso em mar. 2023..

OLIVEIRA, S. V. W. B. DE; GIRALDI, J. E. **Tipos de pesquisas**. São Paulo, SP, 2020. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2148198/mod\\_resource/content/1/aula%20%20tipos%20de%20pesquisas.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2148198/mod_resource/content/1/aula%20%20tipos%20de%20pesquisas.pdf). Acesso em: 14 dez. 2022.

PAIS, V. F.; **Avaliação de Desempenho de Trafego Urbano Usando Simulação: Estudo de Caso em Maceió/AL** , Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Alagoas, 2022.

PINNA, F., MASALA, F., GARAU, C., Urban Policies and Mobility Trends in Italian Smart Cities, **Sustainability**, v. 9, Italy, 2017, DOI:10.3390/su9040494.

PORTAL DO TRÂNSITO E MOBILIDADE (PTM). **O que são semáforos inteligentes**. Disponível em <https://www.portaldotransito.com.br/noticias/mobilidade-e-tecnologia/o-que-sao-semaforos-inteligentes/> . Acesso em 28 mar 2023.

PREFEITURA DE MACEIÓ. **Maceió vai ganhar um corredor de ônibus BRT para atender 600 mil usuários**. Disponível em : <https://maceio.al.gov.br/noticias/smtt/maceio-vai-ganhar-corredor-de-onibus-brt-para-atender-600-mil-usuarios>. Acesso em 03 abr 2023.

REVISTA URBANOVA. **Você sabe como funcionam os semáforos inteligentes ?**. Disponível em :<https://revistaurbanova.com.br/voce-sabe-como-funcionam-os-semaforos-inteligentes/> Acesso em 29 mar 2023.

RIO CARD. **Rio de Janeiro lança cartão único para todos os meio de Transporte**. Disponível em : <https://www.mobilize.org.br/noticias/11589/rio-de-janeiro-lanca-cartao-unico-para-todos-os-meios-de-transporte/>. Acesso em 8 mar 2023.

SANTOS, A. S.; **Sistemas inteligentes de transporte: um panorama das tendências e caminhos de pesquisa**, IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2015.

SANTOS, J. RAMILO. **Análise do Transporte Público da Região Noroeste de Campinas com Foco em Sistema de Transporte Inteligente**. 2021.

SANTOS, S. R. B.; PASSOS, S. R. L.; **Smart Parking: Uma Aplicação Para Estacionamento em Cidades Inteligentes**, Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – Sergipe, 2017

Secretaria Municipal de Transportes e Trânsito SMTT. **Implantação da faixa azul em Maceió, 2021**. URL <http://www.maceio.al.gov.br/smtt/faixa-azul/>. Acesso em 8 de mar de 2023..

SILVA, D. M. **Sistemas Inteligentes no transporte público coletivo por ônibus**. 2000. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

SIMÃO, M. M. B, FIRMINO, R. J.; A construção social de um sistema de mobilidade inteligente: mapeando controvérsias no caso do Swisspass, **Caderno Metropolitano de São Paulo**, v. 21, n. 44, 2019, <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2019-4414>.

SOUZA, E. M. F. R., CRUZ, C. B. M., RICHTER, M.; O Uso de Geotecnologias em Sistema de Transporte e Organização Urbana no Brasil, **Revista Mercator**, Universidade Federal do Ceara, 2014, DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2014.1301.0011>.

STREITZ N. A. **Smart Cities, ambient intelligence and universal access**. In: STEPHANIDIS, C. (Eds). *Universal Access in Human-Computer Interaction. Context Diversity*. UAHCI. Lecture Notes in Computer Science, v. 6767. Springer, Berlin, Heidelberg, 2016.

SHAFIQ, Hossam. **Intelligent transportation systems: transportation engineering**. 2017. Disponível em: <https://www.slideshare.net/hronaldo10/intelligenttransportation-systems-transportation-engineering>. Acesso em: 15 out. 2022

TORRES, H. M. **Eficiência, equidade e aceitabilidade do pedágio urbano**. 2007. 333 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007

UNIDADE DE ASSESSORIA INSTITUCIONAL DO SEBRAE NACIONAL (UARI). **Smart Cities – cidades inteligentes**. Ois.sebrae.com.br, 2017. Disponível em: <http://ois.sebrae.com.br/publicacoes/smart-cities/>. Acesso em: 29 out. 2022.

VASCONCELLOS, E. A. D.; CARVALHO, C. H. R. D.; PEREIRA, R. H. M. **Transporte e mobilidade urbana**, Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), 2011 VICENTE, Gerônimo. **ÔNIBUS EM MACEIÓ, UMA HISTÓRIA DE CAOS DESDE A GÊNESE DOS TRANSPORTES NA CAPITAL**. 2020. Disponível em:

<https://tribunahoje.com/2020/02/02/onibus-em-maceio-uma-historia-de-caos-desde-a-genesedos-transportes-na-capital/>. Acesso em: 05 jan. 2023.

WEISS, M. C., BERNARDES, R. C., & CONSONI, F. L. **Cidades inteligentes: casos e perspectivas para as cidades brasileiras**, 2014

WEISS, M. C., BERNANDES, R. C., CONSONI, F. L.; Cidades Inteligentes como Nova Prática para o Gerenciamento dos Serviços e Infraestrutura Urbana: A experiência da cidade de Porto Alegre, **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 2015, DOI:

<https://doi.org/10.1590/2175-3369.007.003.a001>.

WILHEIM, J., Mobilidade urbana: um desafio paulistano, **Estudos Avançados**, ed. 27, 2013.