MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Urbana
Curso de Graduação em Engenharia Urbana

Matheus Lucas Rezende

TRANSPORTE COLETIVO E COMPONENTES DE *Intelligent Transportation System* (ITS): UMA ANÁLISE PARA REGIÃO GEOGRÁFICA IMEDIATA SANTA BÁRBARA – OURO PRETO

Ouro Preto

2024

Transporte coletivo e componentes de ITS: uma análise para região geográfica imediata Santa Bárbara – Ouro Preto

Matheus Lucas Rezende

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Urbana.

Data da aprovação: 04/10/2024

Áreas de concentração: Mobilidade e Transportes; Planejamento Urbano e Regional

Orientador (a): Profa. Dra. Bárbara Abreu Matos – UFOP

Coorientador(a): Profa. Me. Ryane Moreira Barros - UFOP

Ouro Preto

2024

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

R467t Rezende, Matheus Lucas.
Transporte coletivo e componentes de Intelligent Transportation System (ITS) [manuscrito]: uma análise para região geográfica imediata Santa Bárbara – Ouro Preto. / Matheus Lucas Rezende. - 2024.
110 f.: il.: color., gráf., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Bárbara Abreu Matos.
Coorientadora: Profa. Ma. Ryane Moreira Barros.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Urbana .

1. Planejamento urbano. 2. Transporte urbano. 3. Transporte rodoviário. I. Matos, Bárbara Abreu. II. Barros, Ryane Moreira. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 62:711.4

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA URBANA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Matheus Lucas Rezende
Transporte coletivo e componentes de *Intelligent Transportation System* (ITS): uma análise para região geográfica imediata Santa Bárbara – Ouro Preto

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Urbana

Aprovada em 04 de outubro de 2024

Membros da banca

Profa. Me. Ryane Moreira Barros - Coorientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Profa. Me. Luiza Maciel Costa da Silva (Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais)
Prof. Me. Victor Rezende Carvalho - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Ryane Moreira Barros, coorientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 15/10/2024

Documento assinado eletronicamente por **Ryane Moreira Barros**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/10/2024, às 10:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 , informando o código verificador **0797153** e o código CRC **F66A18EF**.

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163
Telefone: (31)3559-1471 - www.ufop.br

“Palavras são, na minha nada humilde opinião, nossa inesgotável fonte de magia. Capazes de formar grandes sofrimentos e também de remediá-los”.

— Alvo Dumbledore

AGRADECIMENTOS

Gostaria, primeiramente, agradecer à minha família no geral, principalmente ao meu avô e a minha avó, sempre me dando o suporte financeiro, se preocupando com os horários tardes da noite em que chego exausto e ainda minha noite só estava começando. Agradecer também a minha mãe, provavelmente ela não lerá isso, principalmente porque está muito grande esse texto, todavia, só de ter um lugar para sentar e descansar a cabeça, devo ser grato a todos eles, principalmente um filho meio órfão, não foi nada fácil eu sei, mas vocês fizeram bem.

Nessa trajetória final gostaria de agradecer imensamente às minhas orientadoras: Bárbara Abreu e Ryane Barros, pelo suporte da escrita deste trabalho e presença constante em momentos de desespero.

Aos professores, colegas, amigos não irei citar nomes, mas vocês sabem quem são. Começa com M e termina com theus, grandes Marcelas, minha dudinha e quem eu não me lembrei, não se sinta ofendido, é muita gente. Agradeço toda a companhia que vocês me proporcionaram, com vocês estava difícil, sem vocês mais ainda, obrigado!

RESUMO

O presente trabalho verificou a presença do uso de Componentes Inteligentes (ITS) no transporte coletivo por ônibus na Região Geográfica Imediata (RGI) de Santa Bárbara – Ouro Preto, focando em municípios de pequeno e médio porte. Destacando os desafios da baixa atratividade do transporte coletivo em cidades com essa tipologia, em que a viabilidade financeira é limitada devido à baixa demanda, já que o contingente populacional desses municípios é consideravelmente menor se comparado a grandes centros urbanos. Além disso, as camadas mais vulneráveis da população sofrem com o aumento das distâncias e o tempo de deslocamento, reforçando necessidades de soluções tecnológicas. O estudo propõe melhorias dos sistemas pré-existentes, assim como a implementação daqueles considerados de alta prioridade, considerando aspectos de mobilidade urbana, custo-benefício, e dificuldades enfrentadas pelas prefeituras locais. Inicialmente, o trabalho visita conceitos de mobilidade urbana sustentável e acessibilidade, fundamentando-se em legislações como a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU). Em seguida, o estudo explora como os ITS podem melhorar a eficiência do transporte coletivo, incluindo tecnologias como bilhetagem eletrônica, monitoramento por CFTV e sistemas de controle operacional. No presente estudo, foi utilizado um questionário desenvolvido na plataforma Google Forms para verificar a presença desses componentes, enviado a empresas e prefeituras da região em maio de 2024, juntamente com uma seção explicando o propósito da empresa e a importância da sua participação. Os resultados mais interessantes revelam que, embora componentes como a bilhetagem eletrônica estejam amplamente presentes, outros que parecem ser essenciais, como displays de ponto de parada e sistemas de som em terminais, são raros ou até mesmo inexistentes. A partir de uma análise dos componentes implementados e ausência de certas tecnologias nos municípios pesquisados, o trabalho sugere um plano de ação em etapas, priorizando a curto prazo componentes de baixo custo como a bilhetagem eletrônica e a médio e longo prazo, tecnologias complexas, como centro de controle operacional e sistemas de informações ao usuário. Por fim, o presente estudo recomenda o envolvimento da comunidade local em pesquisas para definir prioridades de implantação, sugerindo que políticas públicas de apoio ao transporte coletivo possam ser revisadas e ajustadas para que se atenda necessidades específicas para cada município.
Palavras-chaves: transporte coletivo, componentes inteligentes, ITS.

ABSTRACT

This study verified the use of Intelligent Components (ITS) in public bus transportationin the Immediate Geographic Region (RGI) of Santa Bárbara – Ouro Preto, focusing on small and medium-sized municipalities. It highlights the challenges of low attractiveness of public transportation in cities with this typology, where financial viability is limited due to low demand, since the population of these municipalities is considerably smaller when compared to large urban centers. In addition, the most vulnerable segments of the population suffer from increased distances and travel times, reinforcing the need for technological solutions. The study proposes improvements to pre-existing systems, as well as the implementation of those considered high priority, considering aspects of urban mobility, cost-benefit, and difficulties faced by local governments. Initially, the study visits concepts of sustainableurban mobility and accessibility, based on legislation such as the National Urban Mobility Policy (PNMU). The study then explores how ITS can improve the efficiency of public transport, including technologies such as electronic ticketing, CCTV monitoring and operational control systems. In this study, a questionnaire developed on the Google Forms platform was used to verify the presence of these components, sent to companies and city halls in the region in May 2024, along with a section explaining the company's purpose and the importance of its participation. The most interesting results reveal that, although components such as electronic ticketing are widely present, others that appear to be essential, such as stop-point displays and sound systems in terminals, are rare or even non-existent. Based on an analysis of the components implemented and the absence of certain technologies in the municipalities surveyed, the work suggests a phased action plan, prioritizing low-costcomponents such as electronic ticketing in the short term and complex technologies such as operational control centers and user information systems in the medium and long term. Finally, this study recommends the involvement of the local community in research to define implementation priorities, suggesting that public policies to supportpublic transportation can be reviewed and adjusted to meet the specific needs of eachmunicipality.

Keywords: public transportation, intelligent components, urban mobility, ITS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Viagens realizadas por dia pelos sistemas de transporte urbano por ônibus..... 9

Figura 2 - Manual de Pesquisa de Satisfação - WRI 19

Figura 3 - Exemplos de CFTV, painel eletrônico, áudio embarcado e Wifi, respectivamente.....21

Figura 4 - Fluxograma do Estudo.....24

Figura 5 - Mapa de localização do município de Mariana-MG. 25

Figura 6 - Áreas de Aplicação dos Componentes ITS 29

Figura 7 - Fluxograma do Estudo.....36

Figura 8 - Fluxograma dos componentes ITS no transporte coletivo analisado. 40

Figura 9 - Pontos de Ônibus em Ouro Preto – MG. 43

Figura 10 - Pontos de Ônibus em Mariana - MG. 45

Figura 11 - Aplicativo Conecta Itabirito em funcionamento.....47

Figura 12 - Ponto de Ônibus no município de Itabirito – MG 48

Figura 13 - Ponto de Ônibus do município de Barão de Cocais – MG.....50

Figura 14 - Bilhetagem Eletrônica e CFTV. 51

Figura 15 - Componentes de ITS nos veículos de transporte coletivo por ônibus. 53

Figura 16 - Componentes de ITS da infraestrutura de transporte coletivo por ônibus.....55

Figura 17 - Componentes de ITS auxiliares no planejamento e gestão do transporte coletivo por ônibus 56

Figura 18 - Quadro comparativo de todos os municípios da RGI de Santa Bárbara–Ouro Preto.....59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proposta de Implementação para os municípios. 62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Componentes que serão analisados na área de estudo. 32

LISTA DE SIGLAS

ANTP	Agência Nacional de Transporte Públicos
ABD	Americana, Barueri e Diadema
APTS	Sistemas Avançados de Transporte Público
ATIS	Sistemas de Informação Avançada para Viajantes
ATMS	Sistemas Avançados de Gerenciamento de Tráfego
AVCS	Sistemas Avançados de Controle Veicular
CCO	Centro de Controle Operacional
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor
ITS	Sistema Inteligente de Transporte
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MG	Minas Gerais
NASA	Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço
NBR	Normas Brasileiras

NTU	Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
ONU	Organização das Nações Unidas
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
PMU	Planos de Mobilidade Urbana
PlanMob	Plano de Mobilidade Urbana
RGI	Região Geográfica Imediata
RMTC	Rede Metropolitana de Transporte Coletivos - RMTC
SEMOB	Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana
SV	Serra Verde
WRI	*World Resources Institute*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 Objetivo geral..... 2

1.1.1 Objetivos Específicos 2

1.2 Justificativa 2

2 REVISÃO DA LITERATURA 5

2.1 Planejamento urbano e o transporte coletivo..... 5

2.2 Mobilidade e acessibilidade urbana no contexto do transporte coletivo 11

2.3 Transporte coletivo e ITS.....14

2.4 Componentes de ITS: aplicações e benefícios.....17

3 METODOLOGIA 23

3.1 Definição da área de estudo 24

3.2 Os principais componentes de *Intelligent Transportation System (*ITS*)* aplicados ao transporte coletivo urbano por ônibus.....27

3.3 Verificação de quais componentes estão presentes na área de estudo pela elaboração do questionário e sua aplicação 36

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....39

4.1 Componentes ITS nos municípios pesquisados 39

4.1.1 Município de Ouro Preto 41

4.1.2 Município de Mariana 44

4.1.3 Município de Itabirito.....46

4.1.4 Municípios de Barão de Cocais, Santa Bárbara e Catas Altas 49

4.2 Comparativo entre os Consórcios das Regiões.....50

4.3 Proposição de diretrizes e cenários possíveis para ampliação da utilização do tipo de tecnologia nos transportes coletivos por ônibus da região.....60

5 Considerações Finais 65

6 REFERÊNCIAS.....67

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO FORMULÁRIO GOOGLE 73

1 INTRODUÇÃO

A crescente urbanização no Brasil, especialmente a partir da década de 1970, trouxe desafios complexos, como: o aumento do trânsito, deficiências na infraestrutura e segregação espacial. A expansão urbana dispersa, caracterizada porpadrões de suburbanização e uso descontrolado do veículo individual motorizado, acentua as dificuldades no deslocamento urbano (MACIEL, 2012). Nesse contexto, otransporte coletivo desempenha um papel crucial na promoção da mobilidade sustentável e na mitigação dos impactos negativos associados à expansão desordenada (TUPINAMBÁ, 2023).

Observa-se que a malha urbana ao longo do tempo aumentou as distâncias a serem percorridas pelos usuários de transporte coletivo, especialmente afetando as camadas mais vulneráveis da população, particularmente aquelas de renda baixa e que vivem em regiões mais periféricas ou menos atendidas pelo transporte público. O tempo de deslocamento das áreas periféricas para os centros de maior produtividade econômica aumentou consideravelmente, impactando negativamente a eficiência do transporte público e elevando as tarifas para atender a uma demanda crescente. Diante desse contexto, surge a necessidade de explorar a integração de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) como uma solução inovadora para aprimorar a eficiência, segurança e acessibilidade do transporte coletivo. Os ITS representam uma abordagem tecnológica avançada, oferecendo soluções que vão desde a gestão do tráfego até a assistência inteligente aos motoristas (VINHAS, 2012).

Ao compreender que, de fato, existe uma interação entre o transporte coletivo, o planejamento urbano e a implementação de ITS, este trabalho visa contribuir para a identificação de oportunidades de melhoria e a superação de desafios específicos enfrentados pela RGI de Santa Bárbara – Ouro Preto que é composta pelos municípios: Ouro Preto, Mariana, Itabirito, Catas Altas, Barão de Cocais e Santa Bárbara. Destaca-se como um caminho essencial para otimizar a mobilidade e acessibilidade urbana a análise das características desejáveis no transporte coletivo, juntamente com os benefícios e aplicações dos componentes ITS. Assim, este estudo busca não apenas documentar a situação atual do transporte coletivo na região de

estudo, mas também propor soluções que possam orientar o desenvolvimento futuro do sistema de transporte público, alinhado aos princípios da sustentabilidade, eficiência e equidade.

A dinâmica do transporte coletivo é um elemento essencial no planejamento urbano, influenciando diretamente a qualidade de vida e a acessibilidade das populações locais. Neste sentido, este trabalho propõe uma análise aprofundada do transporte coletivo na Região Geográfica Imediata (RGI) de Santa Bárbara – Ouro Preto, destacando a evolução histórica do planejamento urbano no Brasil e seus reflexos no cenário atual.

1.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho é realizar um estudo exploratório acerca da aplicação de componentes *ITS* (*Intelligent Transportation System*) nos sistemas de transporte urbano coletivo por ônibus nos municípios situados na Região Geográfica Imediata (RGI) de Santa Bárbara – Ouro Preto.

1.1.1 Objetivos Específicos

São objetivos específicos deste trabalho:

i. Identificar os principais componentes de *Intelligent Transportation System (*ITS*)* aplicados ao transporte coletivo urbano por ônibus, por meio da revisão da literatura;

ii. Verificar os componentes ITS presentes na RGI de Santa Bárbara – Ouro Preto;

iii. Propor diretrizes e cenários para ampliação da utilização desse tipo de tecnologia nos sistemas de transporte coletivo por ônibus da região.

1.2 Justificativa

Devido a um histórico e expressivo crescimento das cidades, não acompanhado de um planejamento adequado, as infraestruturas urbanas foram mais solicitadas, como o caso dos transportes. Este incremento nas necessidades pode ser atribuído a

diversos fatores, como o crescimento da população das áreas urbanas, tendo assim uma maior necessidade de deslocamento diário. Além disso, a expansão desordenada ao longo das décadas, fez com que as distâncias entre as residências eos locais de interesse aumentassem significativamente, dessa forma, mais pessoas demandam do transporte público coletivo para cobrir tais distâncias, sobrecarregandoos já existentes (IPEA, 2010). Segundo Pereira *et al*. (2021), há uma redução na utilização dos transportes públicos e no aumento da utilização dos transportes individuais motorizados, entre os anos de 2001 e 2020 houve um aumento de 331% no país, o aumento desse número está relacionado ao aumento da renda da população e à elevação dos custos dos transportes privados abaixo da inflação, juntamente com aspectos da densidade populacional e a sua forma urbana, acentuando a dependência desse tipo de modal. Tanto o número de passageiros transportados por veículo por dia, quanto a eficiência dos sistemas de transporte tiveram uma queda acentuada na segunda metade dos anos 1990, tendo uma relativapiora entre os anos de 2013 e 2019.

Segundo Vasconcelos (2014), o transporte coletivo tende a priorizar mais a quantidade em detrimento da qualidade, por isso é observado uma tendência de queda da demanda e da eficiência desse tipo de transporte nas principais cidades brasileiras, conjugado a uma ascensão da frota de veículos individuais. Dessa forma, ao longo dos anos, problemas como congestionamento, poluição e acidentes de trânsito passarão a ser cada vez mais comuns. Nesse contexto, é necessário adotar estratégias que visem melhorar a qualidade do serviço de transportes coletivos e implementar estruturas necessárias que privilegie esse tipo de serviço, a fim de incentivar o uso desse modal. Para o cumprimento desses objetivos, é fundamental que se invista em um planejamento da mobilidade urbana que vise a utilização de soluções tecnológicas e inovadoras, tornando as cidades mais seguras e eficientes através da transformação da mobilidade urbana como a conhecemos (LÉLIS, 2018). Nesse sentido, as diretrizes estabelecidas pela Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) oferecem uma base sólida. De acordo com Brasil (2012), o Art. 5º da PNMU é fundamentado no princípio da equidade no acesso dos cidadãos ao transporte público coletivo. Por sua vez, o Art. 6º prevê a priorização dos serviços de

transporte público coletivo sobre o de transporte individual motorizado, além de ter como premissa o incentivo de desenvolvimento científico-tecnológico, que são alvos da temática de estudo do presente trabalho.

Ademais, na RGI de Santa Bárbara – Ouro Preto, a implantação de componentes ITS torna-se um atrativo devido às características históricas e aos conhecidos desafios na operação do transporte coletivo, como a baixa demanda e a frotareduzida, comuns em municípios de pequeno e médio porte. Há também, uma grandediversidade entre os municípios, como Ouro Preto, que apresenta um elevado fluxo de turistas e alta densidade populacional, exigindo mais serviços e tecnologias em comparação com municípios menores, como Catas Altas e Barão de Cocais, onde a demanda é mais modesta, afetando sua estruturação com rotas limitadas e frotas reduzidas. A introdução de tais componentes valoriza o transporte público urbano paraos moradores e a sua eficiência, e, não somente isso, como estimula o turismo da região em que se está aplicando, tornando atrativo para os visitantes, de modo que possam explorar a cidade de forma mais rápida, eficaz e tecnológica. Dessa forma, vislumbra-se que o aprofundamento de estudos sobre estes ajude a promover uma melhoria da mobilidade urbana, do bem-estar da população, da acessibilidade, do monitoramento e da transmissão da densidade do tráfego e possivelmente no aconselhamento de rotas alternativas para aumentar a eficiência do trânsito das cidades médias e grandes (ALAM *et al*., 2016).

Diante disso, a pertinência deste projeto emerge da necessidade premente de conduzir um estudo exploratório abrangente e de apresentar diretrizes claras. Esta iniciativa se justifica pela escassez de pesquisas abordando esse tema específico na RGI de Santa Bárbara – Ouro Preto, evidenciando uma lacuna significativa no conhecimento disponível. Até o presente momento, não foram encontradas pesquisas sobre a temática na região e que para tal, realizou-se uma ampla busca entre trabalhos acadêmicos de diferentes níveis (graduação, mestrado e doutorado) e artigos (de periódicos e eventos). Além disso, destaca-se a carência de transparência das informações com a população da região estudada, ressaltando a pertinência de investigação e a potencial relevância das orientações propostas para promover uma compreensão mais abrangente e colaborativa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Planejamento urbano e o transporte coletivo

No que se refere ao planejamento urbano no Brasil, um dos primeiros marcos do país está na elaboração do Plano Agache, na cidade do Rio de Janeiro na década de 1930, sendo conhecida como a primeira intervenção urbanística na cidade, o plano abordava diversas questões típicas de habitação, reservas de áreas verdes e planejamento dos transportes públicos (CALEGARI, 2017). A discussão sobre planejamento urbano ganha destaque a partir de meados de 1970, quando a população urbana ultrapassa a rural no Brasil, ocasionando no crescimento acelerado das metrópoles e cidades médias brasileiras, trazendo consigo diversos problemas, como: trânsito, falta de saneamento e violência urbana (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU, 2016).

De acordo com a ONU (2016), formas mais dispersas de urbanização constituem uma tendência significativa nas últimas décadas. Tais tendências de suburbanização constituem como uma má gestão da terra e um crescimento descontrolado e impulsionado pelo veículo individual motorizado. A realidade da expansão urbana dispersa é evidenciada na maior parte das cidades, impulsionada não somente por preferências individuais de um estilo de vida suburbano em que o preço da terra em partes periféricas da cidade é mais acessível do que os centros congestionados urbanos, mas por uma má gestão e falta de controle regulamentar em zonas periurbanas, novos loteamentos que acomodam novas malhas viárias e expansão automobilística (IRAZABAL, 2010).

Segundo Barber (2014) alguns dos impactos sobre o domínio dos veículos individuais na infraestrutura da paisagem são: alto custo na infraestrutura pública, isolamento social, alto consumo de energia, redução da biodiversidade e perda de terras agrícolas. A suburbanização tem dividido as cidades, caracterizando como uma

segregação espacial em linhas econômicas. O adensamento da periurbanização[1] é acompanhado por um padrão informal de uso da terra, falta de infraestrutura e a não existência de serviços públicos com qualidade inferior de habitação às famílias que vivem na pobreza (BARBER, 2014).

Nesse contexto, é perceptível que a malha urbana ao longo do tempo aumentou as distâncias a serem percorridas pelos usuários de transporte coletivo, principalmente pelas camadas mais pobres da população (ARAÚJO *et al*., 2011a). Outrossim, como as regiões de maior produtividade econômica se concentram nos centros, o tempo de deslocamento das pessoas que moram em áreas periféricas aumentou ao longo dos anos, assim como as tarifas para atender a uma mesma demanda (VASCONCELLOS, 2014). A análise da evolução histórica quanto ao deslocamento brasileiro, revela que o tempo de deslocamento passou de 28,4 minutos em 1992 para 30,2 minutos em 2012, segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2013). Já na região metropolitana do Rio de Janeiro, há uma estimativa média quanto ao tempo de deslocamento da periferia rumo ao trabalho, nesse sentido o tempo é de 100 min/dia (YOUNG *et al.,* 2013). Observa-se ainda que os trabalhadores em áreas metropolitanas gastam significativamente mais tempo para se deslocarem dos que os residentes em áreas não-metropolitanas, devido ao fato da alta densidadedemográfica e de uma maior taxa de motorização nessas regiões (IPEA, 2013).

Além do mais, Pero e Mihessen (2013) demonstraram que as camadas mais pobres da sociedade sofrem relativa desvantagem ao transporte público urbano que as mais ricas, já que os mais pobres sofrem com maiores tempos de deslocamentos e comprometem uma parcela maior de sua renda familiar com os gastos do transporte público. A elevação dos custos dos sistemas de ônibus urbano tem pressionado as empresas a promoverem aumentos reais das tarifas como política de reposição dos ganhos e da cobertura dos custos.

Outro elemento importante a se levar em consideração em relação ao aumento

[1] Esse processo deriva do redimensionamento da contraurbanização, em que a cidade lança seus tentáculos em direção aos espaços preteritamente rurais e para espaços não centrais, logo para as periferias das aglomerações urbanas.

dos preços é a tendência da queda no volume de passageiros pagantes entre os anos de 1995 e 2003, nesse período a demanda pelo transporte urbano por ônibus sofreu uma queda em mais de 30% nas maiores cidades brasileiras (DE CARVALHO & PEREIRA, 2011). Outrossim, o cálculo do Índice de Preços ao Consumidor (IPCA), de acordo com o levantamento de preços realizados pelo IBGE, teve alta de 125% no período de 2000 a 2012, incidindo no aumento das tarifas de ônibus em 192% (IBGE, 2012). No mesmo período a gasolina subiu 122%, apenas três pontos percentuais abaixo da inflação, já ao se considerar os gastos com compras de veículos novos e usados e motos, além de gastos com manutenções e tarifas referentes ao trânsito, teve-se uma alta de 44%, muito abaixo do IPCA[2] (CARVALHO, 2013). Nesse sentido, conclui-se que o veículo privado se torna mais atrativo, já que tem ficado relativamente barato em relação ao transporte coletivo no período em questão (CARVALHO, 2013).

No ano de 2009, houve uma redução do transporte coletivo urbano na renda dos mais pobres, os dados indicam que entre os 10% mais pobres do país, cerca de 30% das famílias não efetuam gastos no transporte coletivo, indicando que tais famílias devido à falta de capacidade pagamento por esse transporte, acabam sendo excluídas (CARVALHO, 2013). Ao considerarmos os fatores de cálculo da fatura de transporte público, observa-se que tal valor é previsto ao se considerar o rateio dos custos do sistema pelo número total de passageiros pagantes, nesse sentido ao se ter a redução do número de passageiros, os custos totais dos sistemas são repartidos entre um número menor de pagantes, ocasionando assim uma tarifa mais cara (DE CARVALHO & PEREIRA, 2011).

De acordo com Vasconcellos (2014), a construção de um sistema viário caro e de baixa produtividade são consequências de uma má gestão dos recursos públicos. A população brasileira sempre sofreu com as más condições de seus ônibus, pela falta de conforto e de suas acomodações para seus passageiros. Durante a pandemia de Covid-19, a mobilidade sofreu uma redução significativa, acompanhada por um

[2] IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) – tem por objetivo a medição da inflação de um conjunto de produtos e serviços comercializados no varejo referentes ao consumo pessoal das famílias.

declínio acentuado no número de passageiros do transporte público. A crise de saúde pública e econômica resultou na diminuição tanto da oferta quanto da demanda por esse serviço. A curto prazo, essa redução gerou consequências negativas, como dificuldades no transporte para trabalhadores e aumento da lotação nos veículos e nas paradas, o que contribuiu para a maior disseminação do vírus nos transportes (GIANNOTTI, BITTENCOURT e LOGIODICE, 2020). Entre 2019 e 2022, o sistema de transporte público brasileiro por ônibus registrou uma queda de 24,4% devido à pandemia, deixando de ser realizados quase 8 milhões de deslocamentos de passageiros por dia, enquanto que no ano de 2019 eram aproximadamente 33 milhões de viagens por passageiros pagantes por dia em todo o Brasil, o setor acumulou uma queda de 30% no índice de produtividade ao longo do tempo (NTU, 2023). Outrossim, passado um ano do fim da pandemia do covid-19, o transporte coletivo urbano ainda não conseguiu recuperar o volume de passageiros que era transportado antes do seu início Figura 1, com menos demanda a tendência é que o poder público autorize menos ônibus circulando nas cidades, de certa forma coloca em jogo o acesso da população ao direito fundamental do transporte. E assim, todos os outros direitos que vão depender do deslocamento para que sejam acessados (NTU, 2023).

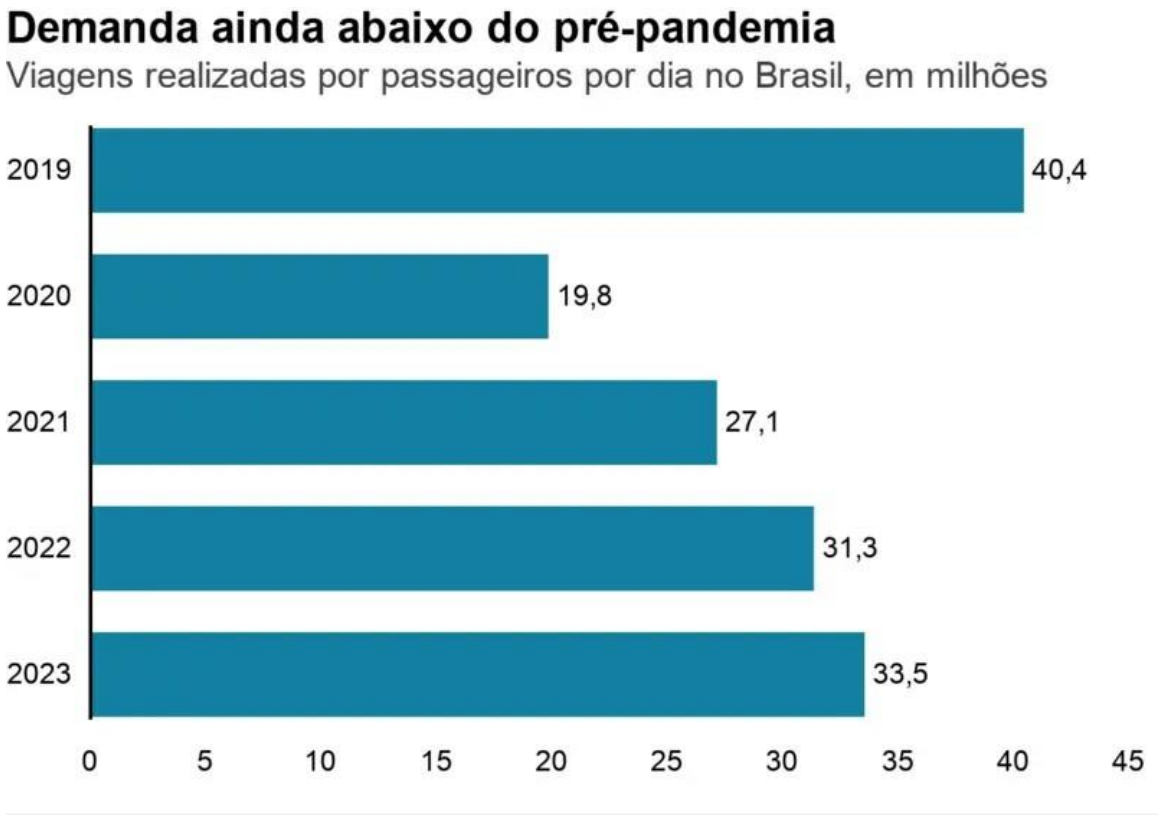

Figura 1 - Viagens realizadas por dia pelos sistemas de transporte urbano por ônibus.

Fonte: NTU, 2023.

Destaca-se também que a fluidez na circulação de ônibus tem sido um desafio persistente no Brasil, principalmente devido a diversas deficiências na infraestrutura, como pavimentos irregulares, presença de valetas, demoras nos semáforos, estacionamento irregular junto ao meio-fio e congestionamentos. Essas questões, somadas, impactam negativamente na velocidade dos ônibus, resultando no aumento da necessidade de frota para atender à demanda deserviços e, consequentemente, elevando os custos operacionais (HERMONT, 2013). A inadequação do pavimento compromete não apenas a eficiência da circulação dos ônibus, mas também contribui para um desgaste prematuro dos veículos. Além disso, as paradas frequentes nos semáforos e a presença de veículos estacionados de maneira irregular ao longo das rotas dos ônibus geram obstáculos adicionais, dificultando a manutenção de um fluxo contínuo (MELO; OLIVEIRA, 2021).

Nas principais metrópoles brasileiras ao longo dos anos, buscaram-se soluções

para se combater o problema da fluidez no trânsito de transporte coletivo, em geral adotaram-se três tipos de soluções: ordenamentos de parada por linhas, reserva de faixas exclusivas e reserva de uma faixa fisicamente separada ao canteiro central (DNIT, 2010). A Região Metropolitana de São Paulo é referência no que tange a implantação desses projetos, em que cabe citar a implantação do corredor Americana, Barueri e Diadema (ABD) em 1988, sendo referência nacional em sua implantação, por estar separado fisicamente de outros veículos urbanos na maior parte de seu traçado e sendo bem eficiente. Todavia, em 1987, o corredor 9 de Julho - Santo Amaro, causou impactos na deterioração do uso do solo da localidade, havia de fato uma separação física, mas que não permite ultrapassagem dos ônibus, ocasionando em limitações de velocidade quanto às linhas de paradas (AUDREY *et al*., 2013).

Diante dos fatores mencionados, a implementação de um sistema eficiente de corredores de transporte é crucial para assegurar tanto alta velocidade quanto regularidade. Tal infraestrutura permite que os usuários planejem seu tempo de deslocamento com precisão, tendo ciência exata da duração da viagem, o que é particularmente importante em metrópoles. A confiabilidade do transporte público é fundamental para promover a eficiência e a conveniência necessárias aospassageiros, facilitando suas rotinas diárias e contribuindo para a diminuição do congestionamento urbano. (ARAÚJO *et al*., 2011). Diante da necessidade de um sistema de corredores eficiente, é crucial considerar as características fundamentaisdo serviço de transporte público em países em desenvolvimento, como o Brasil. Nesse contexto, torna-se essencial que o serviço atenda a certas características, incluindo a distribuição adequada do espaço e um preçoacessível (MARQUES, 2014).

Em grande parte das cidades brasileiras, a distribuição do espaço é ampla, e o custeio é fornecido para uma parcela da população. Por exemplo, idosos não pagam passagem, estudantes pagam meia passagem, e trabalhadores de carteira assinada recebem vale-transporte, um tipo de financiamento que não é concedido a trabalhadores do mercado informal, os quais devem custear o próprio transporte (ROCHA, 2021). Diante da necessidade de um sistema de corredores eficiente e das características essenciais do serviço de transporte público em países em desenvolvimento como o Brasil, é imperativo analisar como esses elementos

contribuem para a mobilidade urbana e acessibilidade.

2.2 Mobilidade e acessibilidade urbana no contexto do transporte coletivo

De acordo com Padillo *et al.* (2020), a mobilidade urbana engloba uma variedade de componentes físicos, incluindo sistemas aéreos, rodoviários, ferroviários, hidroviários e teleféricos. A mobilidade urbana sustentável visa proporcionar acesso a bens, serviços, mercados de trabalho e atividades sociais, ao mesmo tempo em que busca mitigar as consequências adversas no curto e longo prazo nos sistemas sociais, econômicos e ambientais.

Uma das estratégias fundamentais da mobilidade urbana sustentável é a proteção da saúde dos usuários e do ambiente. Ao adotar práticas e políticas que reduzem as emissões de poluentes e promovem modos de transporte mais sustentáveis, as cidades podem melhorar significativamente a qualidade de vida de seus habitantes (SILVA, 2015). Além disso, investir em uma infraestrutura que incentive o uso de meios de transporte não poluentes, como um transporte público eficiente, contribui para a promoção de um ambiente mais saudável (TUPINAMBÁ, 2023). Essas iniciativas não apenas beneficiam a saúde da população, mas também desempenham um papel crucial na prosperidade econômica da cidade. Reduzir o congestionamento, melhorar a eficiência dos deslocamentos e criar ambientes urbanos mais atrativos podem atrair investimentos, impulsionar o turismo e fortalecera economia local (BALBIM *et al*., 2016).

De acordo com Vasconcellos (2017), a acessibilidade pode ser definida como a facilidade com que determinados locais da cidade podem ser atingidos pelas pessoas e as mercadorias, medida pelo custo e o tempo envolvido. Seria a facilidade, em distância,custo e tempo, de se alcançar determinado espaço urbano (GOMIDE, 2006). Para Cardoso (2008), a acessibilidade trata da “efetividade do sistema de transporte em conectar localidades separadas”. Segundo o mesmo, existiriam duas categorias de acessibilidade: a acessibilidade ao sistema de transporte e a acessibilidade a destinos, aprimeira infere a facilidade com que o usuário tem em acessar o sistema de transporte coletivo, o segundo mede, após o acesso ao sistema de transporte coletivo, a facilidade com que se chega ao destino desejado. Dessa forma, não é

possível ter condições dese utilizar o sistema de transporte (garantindo a mobilidade urbana) se não há possibilidade do acesso ao local de chegada (acessibilidade do destino).

A acessibilidade considera o deslocamento a pé do usuário do transporte público, desde a sua origem até o embarque e desde o desembarque até seu destino: quanto menos o usuário caminhar, mais acessível é o transporte público. Assim, um sistema acessível consistiria em uma disposição de pontos de parada próximos ao seu local de origem e destino de seus deslocamentos diários (CARDOSO, 2008). Portanto, a mesma pode ser interpretada como a relação das pessoas com o espaço, em que independentemente da realização das viagens, é inferido o potencial e oportunidade para o deslocamento das atividades desejadas. Está diretamente relacionada com a qualidade de vida das pessoas e com a possibilidade da realização das atividades de interesse. Dessa forma, é necessário que se planeje uma acessibilidade conjunta a esse usuário, pois a mesma se refere à facilidade de determinados indivíduos tenham alcance a uma atividade urbana equitativa e acessível (Levinson, 2012; Litmane Litman, 2023).

No quadro atual das cidades brasileiras, Araújo *et al*. (2011) cita que há prejuízos crescentes ao desempenho do transporte público. Entre eles, destaca-se o decréscimo do uso do transporte público, aumento da poluição atmosférica, aumento dos acidentes de trânsito,necessidade dos investimentos crescentes no sistema viário, tráfego que invade áreas residenciais e de uso coletivo. Além disso, tem-se reduções das áreas verdes e da impermeabilização do solo.

Os autores Santos e Aragão (2004) citam que um estado desejável de melhoria da mobilidade está no estabelecimento de melhor qualidade de vida para a população, traduzido em melhores condições do transporte, na sua segurança e na sua acessibilidade, maior eficiência, traduzida em uma rede integrada de modais complementares trabalhando em regimes de eficiência, tendo como prioridade os meios coletivos de transporte. A legislação também reflete essa necessidade, como destacado na Política Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU (Brasil, 2012), presente na Lei 12.587, que oferece segurança aos transportes não motorizados e coletivos,

dando a esse público acessibilidade universal, equidade ao transporte coletivo, segurança no deslocamento de indivíduos e eficiência na efetividade da circulação urbana. De acordo com Lucarelli (2021), as diretrizes da PNMU são:

- Integrar com a política de desenvolvimento urbano, assim como as políticas setoriais de habitação, saneamento e gestão do uso do solo;
- Priorizar os modos não motorizados de transporte, assim como os de transporte coletivo sobre o transporte motorizado individual;
- Integrar os modos e serviços de transportes urbanos;
- Incentivar o desenvolvimento científico e tecnológico, através tecnologias que sejam renováveis e que poluam menos;
- Priorizar os projetos que sejam do transporte público coletivo que desenvolvam e seja indutor do crescimento urbano integrado.

O Art. 4º da Lei Nº 12.587/2012 define como transporte coletivo 'o serviço público de transporte de passageiros acessível a toda a população mediante pagamento individualizado, com itinerários e preços fixados pelo poder público' (BRASIL, 1988). Contudo, no que diz respeito a um serviço público, conforme o art. 175 da Carta Política, há a possibilidade de delegar tal serviço para a iniciativa privada, por concessão ou permissão. A política tarifária, a garantia dos direitos dos usuários,um serviço adequado e as prerrogativasda Administração Pública na delegação do cumprimento do contrato delegatório são obrigações do regime jurídico concedido ou permitido pelo município (SOUZA, 2020). Ademais, no art. 30, inciso I, prevê que os municípios devem 'legislar sobre assuntos de interesse local', havendo a possibilidade da regulação municipal aos aspectos locais do serviço, como itinerários, pontos de embarque etc. (BRASIL, 1988). Diante desse cenário desafiador, a implementação de Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) surge como uma possível solução para melhorar a eficiência e a qualidade do transporte coletivo. ITS utiliza tecnologias avançadas para otimizar a operação do transporte, melhorar a experiência do usuário e integrar melhor o sistema de transporte com a infraestrutura urbana. No próximo

tópico, exploraremos como esses sistemas podem contribuir para resolver os problemas enfrentados pelo transporte coletivo e oferecer uma visão mais detalhada das tecnologias e estratégias envolvidas.

2.3 Transporte coletivo e ITS

O transporte coletivo deve fornecer benefícios importantes para os usuários como: conforto, segurança, velocidade, regularidade e integração com o espaço da cidade. Na maioria dos casos tais benefícios revelam-se insatisfatórios, com exceção da segurança, já que os índices de acidentes nos ônibus são inferiores aos de motocicletas e aos de veículos individuais (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS - NTU 2019). A carência dessas qualidades, faz com que o usuário desse modal de transporte, na sua primeira oportunidade o abandone e recorra a um meio alternativo de transporte, seja ele motocicleta ou automóvel.

De modo geral o que se observa atualmente em muitas cidades brasileiras é que os sistemas de ônibus cobrem amplamente as cidades permitindo o acesso a qualquer ponto de forma geral, porém, sua eficiência e confiabilidade são limitadas, resultando em custos superiores aos aceitáveis. Este cenário contribui para o congestionamento excessivo causado pelo tráfego automotivo, destacando também a rigidez nas estruturas de linhas das empresas fornecedoras desses serviços à população (CACCIA, 2015).

Para superar esses desafios, é essencial investir na melhoria da infraestrutura viária, reparando pavimentos, otimizando o tempo de sinalização semafórica e implementando medidas eficazes para coibir o estacionamento irregular. Ao abordar essas questões, não só é possível aprimorar a eficiência operacional dos ônibus, mas também reduzir a necessidade de aumentar a frota, resultando em benefícios tanto parao sistema de transporte público quanto para a economia associada a esses serviços (SILVA, 2012).

Com isso, surge a necessidade da aplicação dos sistemas de transporte e dos sistemas de informações para os usuários. Os ITS, conhecidos mundialmente por *Intelligent Transportation Systems,* integram “programas que envolvem aplicações e

interação de um grupo de tecnologias avançadas destinadas a fazer os sistemas de transportes operarem com mais segurança e eficiência" (PREFEITURA DE MATOZINHOS, 2023, p. 4). Os componentes ITS são importantes para o transporte coletivo ser mais atrativo, visto que existem diversos fatores que podem prejudicar na escolha desse modal de transporte, como: o tempo de duração das viagens, a falta da flexibilidade dos horários e dos percursos percorridos, custos monetários, poluição, falta de conforto e segurança, entre outros fatores (BARBOSA, 2013). Os componentes ITS, utilizam tecnologias de processamento de informação e comunicação, navegação, sensoriamento, eficiência das vias, melhoria na segurança viária, mobilidade, redução dos custos sociais, pela redução do tempo de espera dos usuários e dos impactos ambientais causados (KANNINEN, 1996).

Os Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, na sigla em inglês) referem-se a uma ampla gama de tecnologias e de aplicativos que são utilizados na melhoria da eficiência, segurança e sustentabilidade dos sistemas de transporte (PUMATRONIX, 2022). Tais sistemas incorporam avanços tecnológicos na coleta, processamento e transmissão de informações relacionadas ao tráfego de veículos, infraestrutura e passageiros. Várias ferramentas atuais são empregadas em diversos conceitos e escalas, tendo consequências tanto localmente, quanto globalmente (PEREIRA, 2017). No Brasil, popularizou-se por meio do estabelecimento da bilhetagem eletrônica nos transportes públicos urbanos e por meio do monitoramento dos transportes de carga.

As complexidades existentes nas áreas urbanas, sobretudo nos grandes centros, e em menor medida em cidades de médio porte, demanda-se uma oferta robusta e ágil condizente com as informações sobre o sistema de transporte (KNEIB, 2014).Ao analisar o contexto do transporte por ônibus, é observado uma constante evoluçãodo emprego da tecnologia utilizada para aprimorar o planejamento das viagens por parte deusuários, entre os benefícios proporcionados pela tecnologia, destaca-se a significativa melhoria nas condições de transporte para os usuários (SILVA, 2000).

O transporte público desempenha um papel crucial na integração do espaço urbano, exercendo impacto direto na produtividade de outras atividades econômicas,

influenciando tanto a qualidade quanto a eficiência (ARAÚJO *et al*., 2011a). Portanto, aprimorar a qualidade do serviço oferecido torna-se imperativo, dada a conexão entre o transporte coletivo urbano e a qualidade de vida dos usuários (SILVA; SILVA, 2018).

A introdução de tecnologia no sistema de transporte público por ônibus implica em custos que não podem ser suportados exclusivamente pelos operadores, especialmente diante das tarifas defasadas atualmente em vigor. "A melhoria na qualidade do transporte público urbano deve ser abordada de maneira abrangente, considerando o nível de satisfação de todos os participantes, direta ou indiretamente vinculados ao sistema" (COSTA *et al*., 2004, p. 83).

De acordo com Jensen (1996), as ITS podem ser caracterizadas como:

- Sistemas Avançados de Transporte Público (APTS) caracterizam-se pelo emprego de tecnologias avançadas visando aprimorar a segurança, eficiência e eficácia dos sistemas de transporte coletivo. Os usuários experimentam vantagens como a minimização dos períodos de espera, maior segurança durante as viagens, facilidade no pagamento das tarifas, além de acesso a informações precisas e atualizadas sobre itinerários e horários.
- Sistemas de Informação Avançada para Viajantes (ATIS) utilizam tecnologias avançadas para oferecer informações aprimoradas aos usuários, abrangendo detalhes sobre a rota, condições ambientais e situação do tráfego. Esses sistemas integram o uso de navegação e ferramentas informativas, visando assegurar a segurança do condutor e mitigar congestionamentos.
- Sistemas Avançados de Gerenciamento de Tráfego (ATMS) englobam a administração global do fluxo de tráfego, utilizando tecnologias em iniciativas voltadas para a redução de congestionamentos em ambientes urbanos ou rurais, ao mesmo tempo em que garantem a segurança. Essas tecnologias avançadas são aplicadas em sistemas de sinalização, medidas de segurança viária e na gestão eficaz de congestionamentos e rotas.

- Os Sistemas Avançados de Controle Veicular (AVCS) representam uma inovação substancial na promoção da segurança viária, pois capacitam os veículos a desempenharem um papel de assistência para os motoristas, caracterizando-se como veículos inteligentes. Estes automóveis incorporam tecnologias que permitem a monitorização das condições de direção e a implementação de medidas preventivas, visando evitar a ocorrência de acidentes.

Darido e Pena (2012, p. 12) definem ITS como um conjunto de tecnologias voltada para a solução de problemas de transporte:

> Os Sistemas de Transportes inteligentes consistem na aplicação de um conjuntode tecnologias em constante evolução a problemas comuns do transporte coletivo, englobando os centros de controle multimodal e operações, os sistemas avançados de sinalização do trânsito, os sistemas de monitoramento e fiscalização remotos (câmeras, sensores, sondas, software), o gerenciamento de estacionamento, o gerenciamento de incidentes de tráfego, respostas de emergência, pagamento eletrônico, precificação dinâmica e informações do usuário em tempo real.

Da mesma forma, Cortes *et al*. (2013) argumenta que os Sistemas Inteligentes de Transporte se configuram como a conexão estratégica entre diversos sistemas de informação, visando a aquisição, transmissão, processamento e apoio à tomada de decisões. Essa interconexão tem como objetivo principal a eficiente administração do fluxo de veículos e meios de transporte. Para desempenhar tais funções de maneira eficaz, torna-se imperativa a integração com serviços online, sistemas de comunicação sem fio e tecnologias especializadas na coleta e análise desses dados.

2.4 Componentes de ITS: aplicações e benefícios

De acordo com a Agência Nacional de Transporte Públicos (ANTP, 2012), estima-se que as relações custo-benefício global dos sistemas de ITS são de aproximadamente 9 para 1, ou seja, o termo “custo-benefício” se refere entre a relação do custo de um investimento ou ação e os benefícios que ele proporciona. É uma

métrica para avaliar a eficiência e eficácia de um investimento, dessa forma para cada unidade monetária de investimento em ITS se espera um retorno ou benefício equivalente a 9 unidades monetárias, muito acima dos valores que se obtêm adicionando-se capacidade a uma rodovia por formas convencionais, que podem ser entre ampliar uma rodovia (adicionando faixas de trânsito), ou na construção de novas vias para aliviar o tráfego, cuja relação custo-benefício é 2,7 para 1. Na prática isso significa que os sistemas ITS, de forma geral, são investimentos mais eficazes e com retorno muito maior que os métodos mais convencionais. A seguir se encontram alguns benefícios que a aplicação de um projeto de ITS pode gerar:

- Menor duração de deslocamentos;
- Aumento da capacidade e do fluxo;
- Redução de custos;
- Elevação do nível de satisfação dos usuários;
- Melhor segurança;
- Redução de poluentes;
- Ganhos em eficiência no transporte público;
- Melhorias na logística e segurança;
- Pessoas com pouco acesso a transportes enfrentariam menos dificuldades.

Quanto a menor duração de deslocamentos, a utilização de um sistema avançado de gerenciamento de tráfego e navegação proporciona a coleta e análise de diversas informações sobre as condições do tráfego nas estradas, orientação dos percursos e duração da viagem com rapidez e precisão dos condutores (MOON, 2015). Os ganhos em eficiência no transporte público por meio do estabelecimento de componentes ITS, podem ser observados no sistema de pagamento eletrônico do pedágio, já que tal sistema informatizado permite a cobrança automática das tarifas, diminuindo o congestionamento e o tempo de paradas (MOON, 2015). Para garantir uma melhor segurança, a instalação de um sistema avançado de gerenciamento de tráfego com instalação de vários sensores, com circuitos fechados de televisão (CFTV), permitem

a coleta e análise de informações do tráfego urbano (MOON, 2015).

O Manual de Pesquisa de Satisfação publicado pela *World Resources Institute* (WRI) Brasil (2018), propõe um método completo de aplicação de Pesquisa de Satisfação dos Usuários para uso de gestores e operadores das cidades brasileiras. Ele proporciona uma avaliação geral da percepção do sistema de transporte público por ônibus sobre a ótica do usuário. O método foi estruturado em um módulo básico que utilizou de 16 fatores de qualidade mostrados na Figura 2.

MÓDULO BÁSICO - FATORES DE QUALIDADE

Fator de qualidade	Breve descrição
Acesso ao transporte	Facilidade de chegar aos pontos de acesso e circular nas estações e terminais
Disponibilidade	Intervalo de tempo entre o ônibus, nos horários e locais demandados
Rapidez	No deslocamento
Confiabilidade	Chegada do ônibus no horário, ou intervalo previsto
Facilidade de fazer transferências	Entre linhas de ônibus e outros modos de transporte para chegar ao destino
Conforto dos pontos de ônibus	Iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas
Conforto das estações	Iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas
Conforto dos terminais de integração	Iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas
Conforto dos ônibus	Iluminação, proteção, limpeza, quantidade de pessoas
Atendimento ao cliente	Respeito, cordialidade e preparo dos motoristas, cobradores, funcionários e central atendimento
Informação ao cliente	Sobre linhas, horários e outras informações
Segurança pública	Contra roubos, furtos e agressões no caminho e dentro dos ônibus
Segurança em relação a acidentes	De trânsito
Exposição ao ruído e à poluição	Gerados pelos ônibus
Facilidade para pagar	A tarifa e recarregar o cartão de transporte
Gasto	Com transporte coletivo por ônibus

Figura 2 - Manual de Pesquisa de Satisfação - WRI

Fonte: ANTP, 2024.

Tais fatores de qualidade podem ser assegurados pela aplicação da metodologia

dos componentes ITS. No capítulo 5 do Caderno Técnico nº 8 da ANTP, Martinelli e Aroucha (2012) traçam um panorama detalhado sobre o sistema de bilhetagem eletrônica, inicialmente esses sistemas tinham como premissa o disciplinamento do uso de descontos, gratuidades, em que métodos convencionais geravam possíveis fraudes e evasões. Entretanto, a sua aplicação representou um passo significativo no processo de integração das linhas e modos de transporte. Segundo os autores, a diversidade do meio de pagamento, do processamento de pagamentos sucessivos possibilitou: múltiplas integrações com o mesmo bilhete e com limites apenas temporais, e ou de números de embarques; empregos de tarifas diferenciadas; controle de arrecadação do sistema e dos benefícios e gratuidades; entre outros.

Ademais, a Infraestrutura de Telecomunicações e Processamento de Dados, o Centro de Controle Operacional (CCO), equipamentos embarcados em veículos e os Sistemas Integrados, são essenciais para automação e base operacional dos sistemas de ônibus (SECRETARIA NACIONAL DE MOBILIDADE URBANA - SEMOB, 2024). O CCO comanda a operação, enquanto os veículos por meio dos equipamentos embarcados, recebem a posição geográfica transmitindo para o *data center*. Sendo esse, um conjunto de computadores e sistemas que armazenam as informações transmitidas que realizam a integração entre os sistemas de monitoraçãoe controle. Além disso, os viajantes por meio de aplicativos, recebem orientação paraescolha das linhas, o tempo previsto para chegada ao destino, e informações sobre imprevistos que podem ocorrer no trajeto (Darido e Pena, 2012).

A localização automática do veículo é peça fundamental para monitoração dos serviços, feita por meio do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Em que, nos equipamentos embarcados, há um receptor de sinal de GPS capaz de detectar os satélites necessários para determinar sua posição (ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE AERONÁUTICA E ESPAÇO - NASA, 2020). Em posse da localização do ônibus, o sistema de monitoração busca no Sistema de Programação os dados da linha à qual o veículo presta serviço. Com tais informações, o sistema gera em tempo real numerosas informações, apoiando diversas atividades na gestão e no controle operacional para garantir a regularidade e confiabilidade do serviço (MARTE *et al*., 2012).

Para assegurar a qualidade e o conforto dos usuários das linhas de ônibus, podem ser utilizados uma série de equipamentos conforme observado na Figura 3, sendo alguns deles citados por Darido e Pena (2012):

- Microcâmeras para monitoramento interno com sistema de gravação, Circuito Fechado de Televisão (CFTV): posto de cobrança; visão do motorista; salão interno;
- Painéis eletrônicos de mensagem variável interno – Informando ao passageiro da próxima saída e informações sobre anormalidade na operação;
- Sistema de áudio embarcado, podendo ser comandado pelo operador com mensagens automáticas da próxima parada;
- Sistema de conexão e roteamento sem fio *(Wi-Fi);*

Figura 3 - Exemplos de a) CFTV, b) painel eletrônico, c) áudio embarcado e d) Wifi, respectivamente.

Fonte: a) Imasic (2024), b) Inova (2024), c) Ipmarket (2024), d) Bertachini (2017).

O uso do sistema de transporte público em geral, pode causar sensações de

desamparo e apreensão nos usuários, especialmente com aqueles que não estão familiarizados com uma linha ou que precisam utilizar uma rota desconhecida. É possível dizer que, a necessidade de informar o usuário engloba todas as etapas do transporte, desde antes do embarque, dentro do veículo e ao desembarcar. Nesse sentido, os equipamentos e sistemas ITS trouxeram a possibilidade de grandes avanços técnicos nos produtos de informações ao usuário (ARNALDO *et al*., 2019). Para mitigar essas sensações e melhorar a experiência do usuário, diferentes opções de tecnologia podem ser utilizadas uma delas é o uso de aplicativos de *smartphones* que, a partir da origem e do destino desejado pelo cliente, oferece opções detransporte público, com nome e número da linha, parada e estação mais próxima, parada para desembarque, itinerário da linha, e integração com outros modais ou linhas. Alguns podem oferecer tempo de chegada aproximado à parada indicada (ARNALDO *et al*., 2019).

3 METODOLOGIA

A metodologia será abordada por meio de um estudo exploratório, que segundo Gil (2002), tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com a vista a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses, tendo como possibilidade delinear cenários que ainda não foram descobertos. Na pesquisa qualitativa, aamostra não representa a população, mas uma seleção de casos que ofereceinformações relevantes, nesse sentido a amostra sempre é pequena, buscando outliers e explicar fenômenos já existentes ou novos (PENA, 2024).

Este estudo possui quatro etapas distintas, a primeira consiste na descrição da RGI de Santa Bárbara – Ouro Preto, tal contextualização é importante no entendimento das características específicas da região, como densidade populacional e suas características socioeconômicas. A segunda etapa abordará a identificação dos principais componentes ITS aplicados ao transporte coletivo urbano para ônibus no Brasil, tal seleção será realizada baseada em uma revisão bibliográfica abrangente, considerando os estudos de caso e as melhores práticas de outras regiões, que utilizam essa mesma tecnologia.

A terceira etapa consiste na verificação de quais os componentes ITS que estão presentes na RGI de Santa Bárbara – Ouro Preto, tal verificação será realizada por meio de um questionário com os representantes das empresas do transporte coletivo. A quarta etapa relaciona-se com a proposição de diretrizes e cenários possíveis para ampliação da utilização do tipo de tecnologia nos transportes coletivos por ônibus da região. Esta proposição será baseada em lacunas identificadas na etapa anterior, combinada com as melhores práticas e com as características e necessidades específicas de cada região. As etapas metodológicas serão mostradas conforme o fluxograma apresentado na Figura 4 e estão detalhadas nos subitens a seguir.

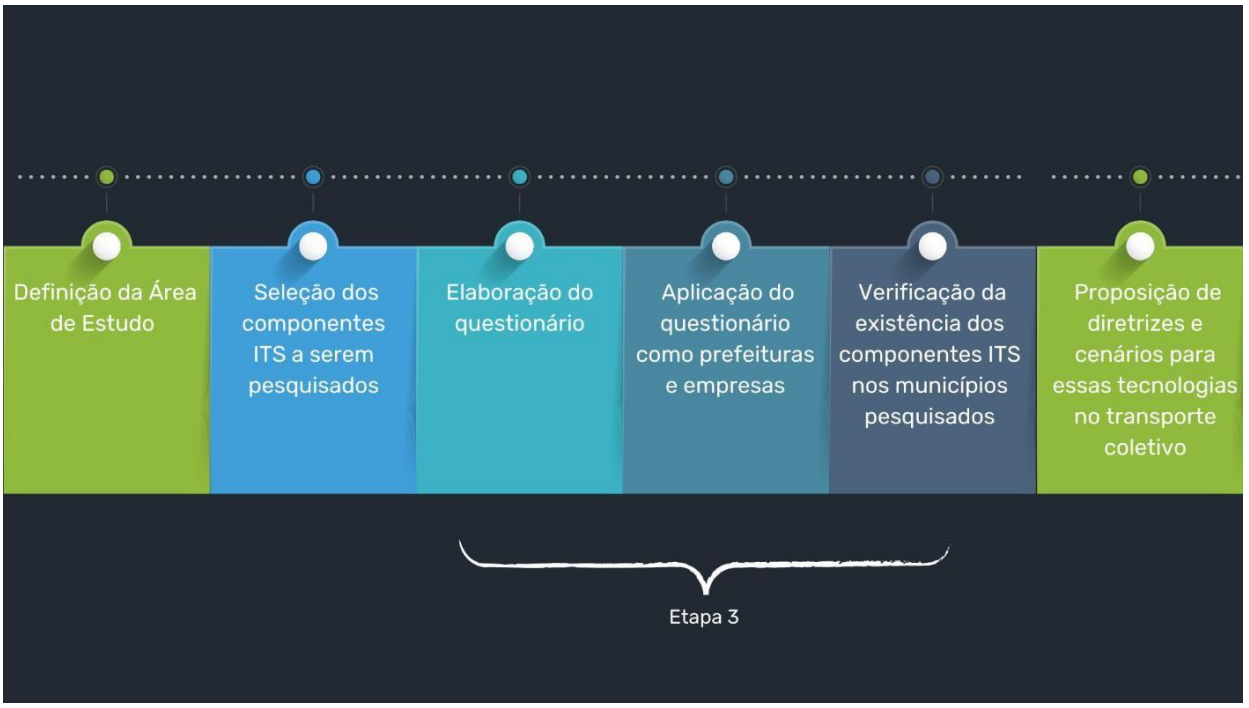

Figura 4 - Fluxograma do Estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1 Definição da área de estudo

A RGI de Santa Bárbara – Ouro Preto, representada na Figura *5*, é composta pelos municípios de Santa Bárbara, Mariana, Itabirito, Catas Altas, Barão de Cocais e Ouro Preto, situa-se na região sul e leste do quadrilátero ferrífero de Minas Gerais (MG). A RGI de Santa Bárbara – Ouro Preto é uma divisão administrativa do estado de Minas Gerais, fazendo parte das 70 regiões imediatas do Estado e estando inserida na Região Geográfica Intermediária de Belo Horizonte (IBGE, 2024).

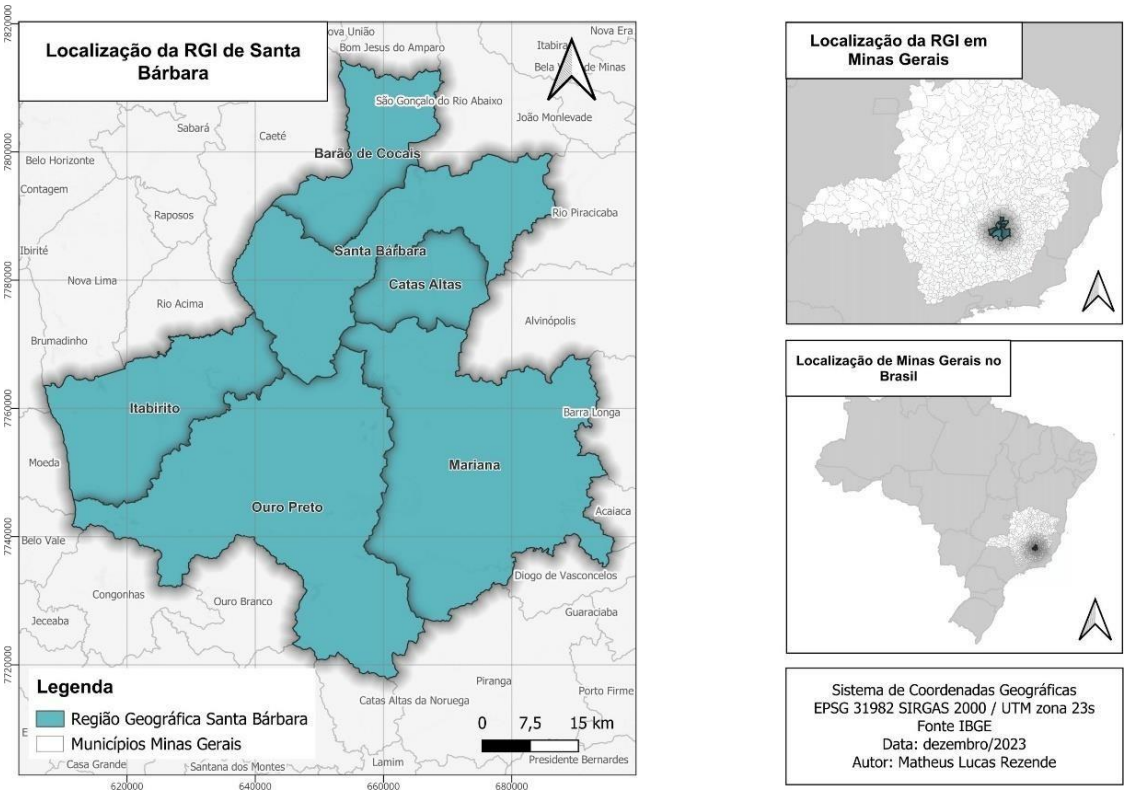

Figura 5 - Mapa de localização do município de Mariana-MG.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tal região foi intitulada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2017, sendo que, a área total da RGI de Santa Bárbara – Ouro Preto é de 4.248,787 km², com uma população total de 260.220 habitantes (IBGE, 2024). O propósito das regiões geográficas imediatas e intermediárias do IBGE está associado ao objetivo de facilitar o planejamento e gestão territorial, fornecendo dados estatísticos para fins governamentais e de pesquisa (LOSCHI *et al*., 2017).

A cidade de Santa Bárbara, localizada a noventa e oito quilômetros de Belo Horizonte, com uma população de 30.466 pessoas, possui uma área de 684,505 km², de acordo com o último censo de 2022 (IBGE, 2024). Atualmente, a economia do município de Santa Bárbara baseia-se principalmente na extração de ferro e ouro, produção de mel e derivados, silvicultura,reflorestamento para produção de celulose, em atividades agropecuárias de expressão regional e no turismo ecológico, rural, histórico e de esportes radicais (MIRANDA, 2023).

Dentre os 6 municípios da região, o município de Ouro Preto é o mais populoso, com uma população de 74.821 pessoas, segundo o censo de 2022 (IBGE, 2024) possuindo uma área de 1.245,865 km². Tal município é conhecido por seu patrimônio histórico e cultural, que remonta ao período colonial brasileiro, bem como por sua importância na indústria de mineração. Ouro Preto foi um importante centro de exploração de ouro e minérios durante a era colonial, o que ajudou a promover o desenvolvimento da região e enriquecer a economia portuguesa (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL - IPHAN, 2014). Atualmente, a economia de Ouro Preto depende fortemente da mineração e do turismo, onde todos os anos, a cidade recebe milhões de turistas atraídos por seu rico patrimônio histórico e cultural (MIRANDA, 2023).

A cidade de Mariana, com uma população de 61.387 pessoas, possui uma área de 1.194,208 km², de acordo com o último censo de 2022 (IBGE, 2024). O município é conhecido por ter posição econômica de destaque,sendo que o seu produto interno bruto (PIB) é um dos maiores de Minas Gerais. O turismo na região tem como base a valorização do patrimônio histórico e artístico, como: o casario colonial, igrejas, museus, e manifestações culturais, especialmente literatura e música. Além disso, os atrativos turísticos incluem locais de beleza cênica e ecológica como cachoeiras, minas e grutas (SOUZA *et al.*, 2005). Além disso, o PIB de Mariana está intimamente ligado com a mineração, visto que tal atividade é a principal fonte de arrecadação e geração de renda do município, cerca de 80%, especialmente a extração de minério de ferro (BARBOSA, 2013).

Já o município de Itabirito faz parte da região metropolitana de Belo Horizonte, com uma população de 53.365 pessoas e uma área de 544,027 km², segundo o censo de 2022 (IBGE, 2024). O município tem sua economia local baseada na mineração, tendo destaque a extração de minério de ferro, que na região é realizadapela empresa Vale S.A, que mantém sua atividade nessa região desde a década de 1940 (MIRANDA, 2023). Tal negócio gera empregos e estimula a economia local por meio de contratação de mão de obra especializada e é um atrativo para os investimentos que ocorrem na região.

A cidade de Catas Altas, tem a menor população dentre os municípios aqui citados, com cerca de 5.473 pessoas e possui uma áreade 240,042 km², de acordo com o último censo de 2022 (IBGE, 2024). É uma cidade também com forte ligação com a mineração, fundada no século 18, no auge da extração de ouro na região, e a mineração continua sendo uma das principais fontes de renda e emprego da população local até hoje (MIRANDA, 2023).

Já a cidade de Barão de Cocais, conta com uma população de 30.778 pessoas e área de 340,140 km², de acordo com o último censo de 2022 (IBGE, 2024). O município é fortemente dependente da mineração, especificamente a extração de minério de ferro, que é realizada pela mineradora vale S.A. A economia local depende muito da mineração, que gera empregos e movimenta a economia local (MIRANDA, 2023).

A RGI de Santa Bárbara – Ouro Preto foi escolhida por causa da complexidade dos municípios que a compõem, tanto em termos de população quanto na variedade de dados disponíveis. Ora, a diversidade de municípios quem compõem essa RGI permite que o estudo desses municípios de pequeno e médio porte sirva como referência para pesquisas futuras em outras localidades. Isso se deve à ampla representatividade dessa tipologia de municípios no país aliada à carência de estudos específicos para essas regiões. Além disso, estudar Santa Bárbara pode fornecer informações úteis que podem ser aplicadas em outras regiões com características semelhantes, contribuindo para a generalização dos resultados. Analisar essa região também ajuda a avaliar o impacto das iniciativas e permite que o estudo seja replicado em outras áreas.

3.2 Os principais componentes de *Intelligent Transportation System (*ITS*)* aplicados ao transporte coletivo urbano por ônibus

Para que um ITS seja composto, é necessária a intercomunicação entre os três níveis da infraestrutura (MEIRELLES, 1999): nível de transporte, nível de comunicação e nível institucional. O nível de transporte engloba os usuários, veículos, centros de controle e equipamentos; já o nível de comunicação utiliza elementos e informações do nível de transporte para possibilitar a integração entre eles. De acordo

com Meirelles (1999), a infraestrutura descreve quais informações e comunicações devem compor cada serviço ITS. O nível institucional refere-se às instituições e organizações, bem como aos seus papéis no contexto dos serviços ITS.

De acordo com Figueiredo (2005) os componentes ITS são classificados de forma semelhante, se dividindo em componentes internos e externos. Os componentes internos são subdivididos em três categorias dependendo da sua atividade, sendo eles componentes físicos, operadores e planos operacionais (FIGUEIREDO, 2005).

- **Componentes físicos:** abrangem a estrutura geral, incluindo vias, estradas, semáforos, e os dispositivos integrados aos veículos, como: GPS, sensores, câmeras, e outros sistemas que constituem tanto os próprios veículos quanto a infraestrutura circundante.
- **Operadores:** consiste nas pessoas que participam de todas as etapas do processo, incluindo operadores do sistema, responsáveis pelo planejamento estratégico, gestores das operações, profissionais de manutenção, tomadores de decisões operacionais, administração do sistema de transporte e representantes sindicais.
- **Planos Operacionais:** programas de organização de chegadas e saídas, gestão da tripulação dos veículos, definição de rotas e estratégias de contingência para lidar com imprevistos.

Um elemento central em uma infraestrutura de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) são os sensores. Esses dispositivos têm a função de identificar e responder a alterações em condições, sejam elas de natureza física ou química (PAES, 2023). Esses estímulos percebidos são transformados em sinais que podem ser convertidos e interpretados por outros dispositivos, conforme descrito por Henry (1993). Tais componentes físicos são responsáveis pela coleta de dados dos veículos e pelo envio desses dados através de um *gateway* para processamento e então envio para os Centros de Controle Operacionais (CCO) e aos demais responsáveis. Assim, ao receber as informações da velocidade e localização do veículo, o CCO pode também enviar mensagens ao veículo e reduzir sua velocidade para permanência na rota.

Já os componentes externos, segundo Figueiredo (2005), constituem a conexão essencial entre o Sistema de Transporte e seu entorno. Nesse componente, desempenham papéis fundamentais o governo, atuando como promotor do sistema de transporte; a competitividade que estimula a inovação e a melhoria contínua; as fontes de investimento, sejam públicas ou privadas; as indústrias fornecedoras, abrangendo veículos, equipamentos e até mesmo infraestrutura; os proprietários das empresas, também conhecidos como acionistas; o público em geral; e, por fim, os clientes.

Segundo Yokota (2004) classifica-se os componentes ITS dentro das 9 áreas de aplicação, observadas na Figura *6*, sendo elas:

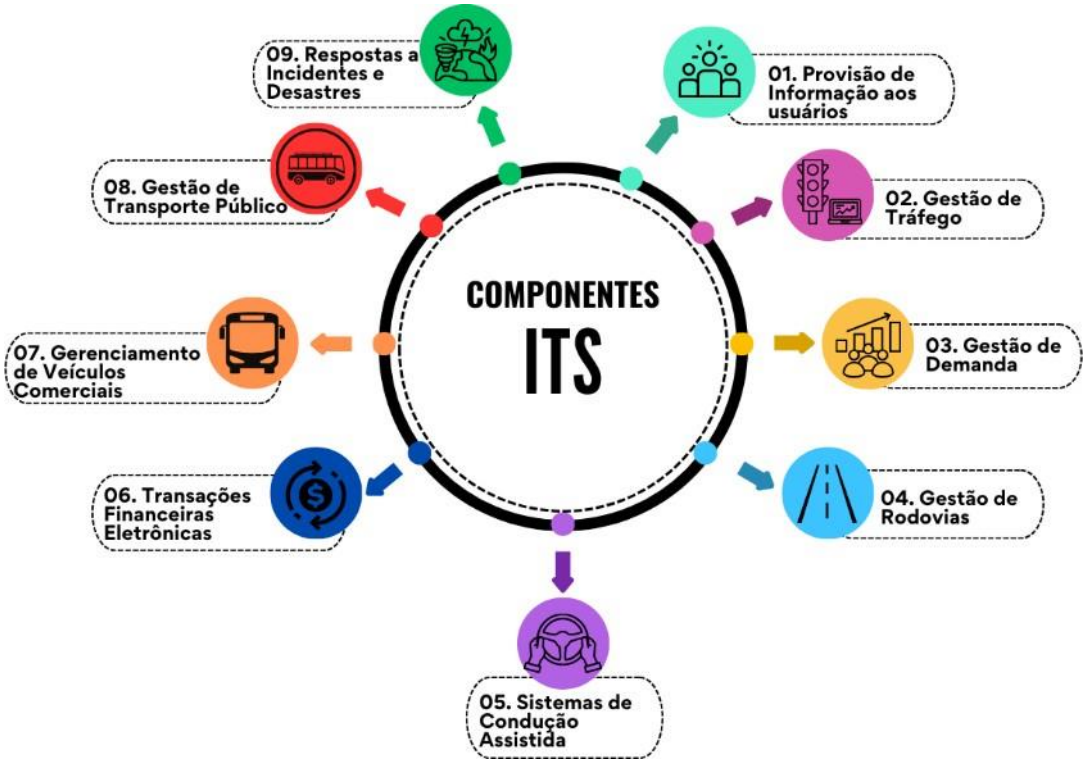

Figura 6 - Áreas de Aplicação dos Componentes ITS

Fonte: Elaborado pelo autor.

- Provisão de Informações aos Usuários - Engloba todos os serviços e dados destinados a ajudar os usuários em suas decisões antes e durante

suas viagens, incluindo apoio aos pedestres no controle de semáforos em cruzamentos e orientação de rotas.

- Gestão de Tráfego - Inclui os serviços que o gerenciamento de tráfego deve fornecer em rodovias e áreas urbanas para uma otimização mais eficaz, como a sincronização de semáforos.
- Gestão da Demanda - Compreende os serviços necessários para diminuir congestionamentos em rodovias e áreas urbanas, aumentando a fluidez do tráfego, como: o ajuste de temporização de semáforos em horários de pico.
- Manutenção de Rodovias - Incorpora os serviços essenciais para a preservação física das rodovias e da pavimentação, tais como operações de tapa-buracos e recapeamento.
- Sistemas de Condução Assistida - Refere-se a todos os sistemas automáticos destinados a aprimorar o desempenho do veículo e do condutor, promovendo uma condução mais segura, como airbags e sensores de estacionamento e colisão.
- Transações Financeiras Eletrônicas - Englobam os serviços que possibilitam pagamentos eletrônicos, como em sistemas de transporte e a cobrança automática de pedágios.
- Gerenciamento de Veículos Comerciais - Envolve serviços de gestão de frota e carga por meio de rastreadores e sensores instalados nos veículos.
- Gestão do Transporte Público - Inclui serviços para aprimorar o transporte público, como a criação de corredores de ônibus e terminais de integração.
- Respostas a Incidentes e Desastres - Abrangem serviços essenciais para lidar com acidentes e outras emergências.

Nesse sentido, é importante entender como os ITS são estruturados e operam, destacando a interdependência entre as suas camadas e estrutura, a classificação de seus componentes, o papel essencial dos sensores na coleta e comunicação dos dados, além da aplicação em suas diversas áreas. A partir desses critérios, os

componentes foram selecionados baseados nas 9 áreas de aplicação, os seguintes componentes ITS selecionados para o estudo são: áudio embarcado, bilhetagem eletrônica, centro de controle operacional, CFTV nos ônibus e terminais, displays de terminais, displays de pontos de parada, roteirizador de viagens, SAC (Serviço de Atendimento ao Consumidor), sistema de mapas digitais, sistema de planejamento operacional, sistema de som de terminal, site, SMS e TV multimidia. Cada um desses componentes desempenha um papel específico dentro da estrutura do ITS, contribuindo para a eficiência, segurança e qualidade do transporte coletivo urbano. Tais componentes podem ser analisados a seguir no Quadro 1.

Quadro 1 - Componentes que serão analisados na área de estudo.

COMPONENTES	DEFINIÇÃO
Áudio embarcado	Refere-se ao sistema de reprodução de som integrado em um veículo ou equipamento. No contexto de transporte público, o áudio embarcado pode incluir anúncios de estações, informações sobre o trajeto, mensagens de segurança, avisos de chegada e partida, entre outros (CONSILUX, 2024).
Bilhetagem Eletrônica	Refere-se na aquisição de créditos de viagens antecipadamente, que são gravadas em dispositivos, como exemplo os cartões. (MARTE, 2012)
CCO - Centro de Controle Operacional	Abriga o comando e a supervisão da operação e o local onde devem estar concentradas as informações e os recursos para manter ou restaurar a regularidade da operação (KARTADO, 2024).
CFTV nos ônibus	Refere-se à instalação de câmeras de segurança dentro dos veículos para monitoramento e gravação de atividades que ocorrem no interior. Essas câmeras são estrategicamente posicionadas em diferentes áreas do ônibus para fornecer uma cobertura abrangente (CONTROLE NET, 2024).
CFTV terminais	Se refere à instalação de sistemas de Circuito Fechado de Televisão (câmeras) em áreas de espera, plataformas ou dentro das próprias estações

	de transporte público, como terminais de ônibus (CONTROLE, 2024).
Displays de terminais	São telas de exibição instaladas em áreas de espera, plataformas ou dentro das próprias estações de transporte público, como estações de ônibus. Esses displays têm o propósito de fornecer informações úteis aos passageiros (LUMINATOR, 2024).
Displays ponto de parada	São telas ou painéis instalados dentro dos veículos que exibem informações sobre as próximas paradas ao longo da rota. Esses displays são especialmente úteis em sistemas de transporte público para fornecer aos passageiros uma indicação clara de onde devem descer, especialmente em rotas mais longas ou complexas (Rede Metropolitana de Transportes Coletivos – RMTC, 2010).
Roteirizador de viagens	É uma ferramenta ou sistema que ajuda os usuários a planejar suas viagens utilizando os serviços de transporte público disponíveis em uma determinada área (HIVECLOUD, 2023).
SAC - Serviço de Atendimento ao Consumidor	É a sigla para Serviço de Atendimento ao Consumidor, um departamento ou setor de uma empresa ou organização responsável por lidar com questões relacionadas a clientes, como dúvidas, reclamações, sugestões, elogios e solicitações de informações (ZENDESK, 2024).
Sistema de mapas digitais	São aplicativos, plataformas ou sistemas online que fornecem informações detalhadas sobre rotas, horários, paradas e outras características do sistema de transporte público de uma determinada área. Esses sistemas são projetados para ajudar os passageiros a planejar suas viagens, encontrar rotas eficientes e se locomover pela cidade utilizando ônibus, trens, metrôs ou outras formas de transporte coletivo (ECONOMAPAS,

	2024).
Sistema de planejamento operacional	Refere-se a uma plataforma ou conjunto de ferramentas que auxiliam na gestão e na otimização das operações de transporte público ou privado. Como exemplo: planejamento de rotas, horários de operação das linhas, monitoramento em tempo real da localização e desempenho dos veículos (ARAÚJO, 2024).
Sistema de som dos terminais	É uma infraestrutura de áudio instalada em áreas de espera, plataformas ou dentro das próprias instalações do terminal para fornecer informações aos passageiros e ao público em geral (DISCABOS,2021).
Site	É uma plataforma online projetada para fornecer informações e serviços relacionados ao sistema de transporte público de uma determinada região (HOSTINGER, 2024).
SMS - Short Message Service	Refere-se à prática de enviar mensagens de texto para passageiros para fornecer informações importantes sobre o serviço de transporte, atualizações de horários, alertas de atrasos ou interrupções, promoções especiais, entre outros fins relacionados (VCX, 2022).
TV multimídia	Refere-se a um sistema de entretenimento instalado no transporte público. Esse sistema normalmente consiste em telas de vídeo montadas nos veículos, que exibem uma variedade de conteúdos, como notícias, programas de TV, anúncios publicitários, informações sobre rotas e destinos,

	entre outros (SHAHEEN, 2013).
***Videowall* CCO**	Abriga o comando e a supervisão da operação e o local onde devem estar concentradas as informações e os recursos para manter ou restaurar a regularidade da operação (SCREENCORP, 2024).
WAP - Wireless Application Protocol	Refere-se ao uso dessa tecnologia para fornecer acesso à internet e a serviços online aos passageiros durante suas viagens em ônibus, trens, metrôs ou outras formas de transporte público (POP, 2000).

Fonte: Adaptado de Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano, 2024.

3.3 Verificação de quais componentes estão presentes na área de estudo pela elaboração do questionário e sua aplicação

Dentro dessas categorias, foi proposta uma análise dentro da RGI de Santa Bárbara – Ouro Preto a respeito de quais componentes estão presentes no transporte coletivo urbano dos municípios de Barão de Cocais, Catas Altas, Itabirito, Mariana, Ouro Preto e Santa Bárbara. Os componentes analisados na área de estudo, foram escolhidos baseados nas experiências das quatro capitais brasileiras, que são referência na implementação de projetos de ITS, tais cidades são: Fortaleza (CE), Goiânia (GO), Porto Alegre (RS) e Rio de Janeiro (RJ) (NTU, 2013).

Para a verificação dos componentes de Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) na região de estudo, foi elaborado um questionário detalhado (APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO FORMULÁRIO GOOGLE**)**. As perguntas foram formuladas para serem claras e objetivas, de modo que os participantes pudessem responder o questionário autonomamente. O questionário foi estruturado em blocos Figura *7* e seções para abordar de forma abrangente os diferentes aspectos dos componentes ITS.

Figura 7 - Fluxograma do Estudo

Fonte: Elaborado pelo autor

A parte inicial foi projetada para coletar informações gerais sobre a empresa ou prefeitura que é responsável pelo transporte coletivo: cargo da prefeitura/consórcio e escolaridade. O objetivo desse bloco de perguntas era identificar, ainda que anonimamente, a que empresa/município as respostas coletadas estavam associadas.

Na primeira seção, intitulada “Componentes ITS no veículo”, as perguntas abordaram a presença de componentes ITS nos veículos de transporte coletivo, como TVs multimídia, CFTV, áudio embarcado, entre outros. Essas questões verificaram a existência desses componentes e suas condições de implementação (presente, ausência com previsão de implementação, ausência sem previsão deimplementação).

A segunda seção, “Componentes de Infraestrutura do Transporte Coletivo”, focou em componentes relacionados à infraestrutura, como CFTV em terminais e sistemas de som. Também foi investigada a condição de implementação desses elementos.Já na terceira seção, "Componentes de Gestão e Planejamento", as perguntas abordaram os componentes relacionados à gestão e planejamento do sistema, incluindo Centros de Controle Operacional (CCOs) e *videowalls*. O formato das questões foi similar, verificando a presença e o status de implementação de cada componente. Por fim, foi solicitada a opinião dos respondentes sobre quais eram os cinco componentes que eles consideravam mais importantes para a melhoria do sistema de transporte coletivo em suas regiões.

Os dados foram catalogados e preenchidos na plataforma *Google Planilhas,* tal ferramenta permite uma gestão eficiente e colaborativa das informações, facilitando a visualização e compartilhamento dos dados. A partir da análise territorial sobre a verificação de quais componentes ITS que compõem essa região, será feita uma proposição dos cenários possíveis de implementação de componentes ITS inexistentes. Além disso, serão avaliadas oportunidades para aprimoramento dos já existentes com o objetivo de otimização do transporte coletivo e melhora da qualidade dos serviços prestados.

A análise dos dados foi realizada a partir das respostas coletadas

automaticamente pela plataforma *Google Forms*. Primeiramente, os dados foram catalogados e exportados para o Google Planilhas, permitindo uma organização eficiente e facilitando a gestão colaborativa das informações. Em seguida, com base na análise desses dados, foram propostos cenários para a implementação de novos componentes ITS, além da avaliação de oportunidades para o aprimoramento dos componentes já existentes

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Componentes ITS nos municípios pesquisados

Com o desenvolvimento acelerado de tecnologias presentes em ITS, são bem diversificados os equipamentos que podem ser instalados nos veículos, aumentando esporadicamente a gama de dados e informações antes, durante e após a operação (ANTP, 2012). A eficiência operacional, a segurança e o conforto, são características que são levadas em consideração na implementação dessas tecnologias, incluindo desde a bilhetagem eletrônica e monitoramento por CFTV, até sistemas de gestão e planejamento operacional.

No presente estudo, foi realizada a verificação de quais componentes ITS estão presentes no sistema de transporte coletivo por ônibus na área de estudo, região que permite uma análise da implementação dessas tecnologias e na identificação de lacunas que impactam na implementação dessas tecnologias. Os municípios de Itabirito, Barão de Cocais, Santa Bárbara. Catas Altas, Ouro Preto e Mariana apresentam perfis distintos tanto em termo de infraestrutura, quanto de tecnologias, permitindo uma análise comparativa e a de possíveis necessidades de implementações futuras prioritárias.

Para fornecer uma visão compreensiva dos sistemas de transporte coletivo por ônibus nos municípios pesquisados, é importante que se entenda como os componentes estão organizados em três seções principais: componentes que se localizam dentro do veículo de transporte coletivo, componentes que compõem a infraestrutura do transporte coletivo e aqueles que são auxiliares ao planejamento e gestão do transporte coletivo. Os componentes que se localizam dentro do veículo de transporte coletivo e que contribuem para operação e experiência dos passageiros são: TV multimídia, Circuito Fechado de Televisão (CFTV), áudio embarcado, *displays* de ponto de parada, *Wireless Application Protocol (*WAP) e bilhetagem eletrônica.

Os componentes que envolvem tecnologias referentes a parte da infraestrutura, são tecnologias presentes em terminais e estações, como CFTV, *displays*

informativos e sistemas de som, são elementos fundamentais para segurança, comunicação e suporte dos passageiros em pontos de embarque e desembarque. Os componentes que são auxiliares ao planejamento e gestão abrangem os sistemas que auxiliam na coordenação e na gestão operacional, incluí o Centro de Controle Operacional (CCO), Sistemas de Planejamento Operacional, *videowalls,* roteirizador de viagens, serviço de SMS, sistemas de mapas digitais, *sites*, e Serviços de Atendimento ao Consumidor (SAC). Todos esses componentes podem ser observados na *Figura 8*.

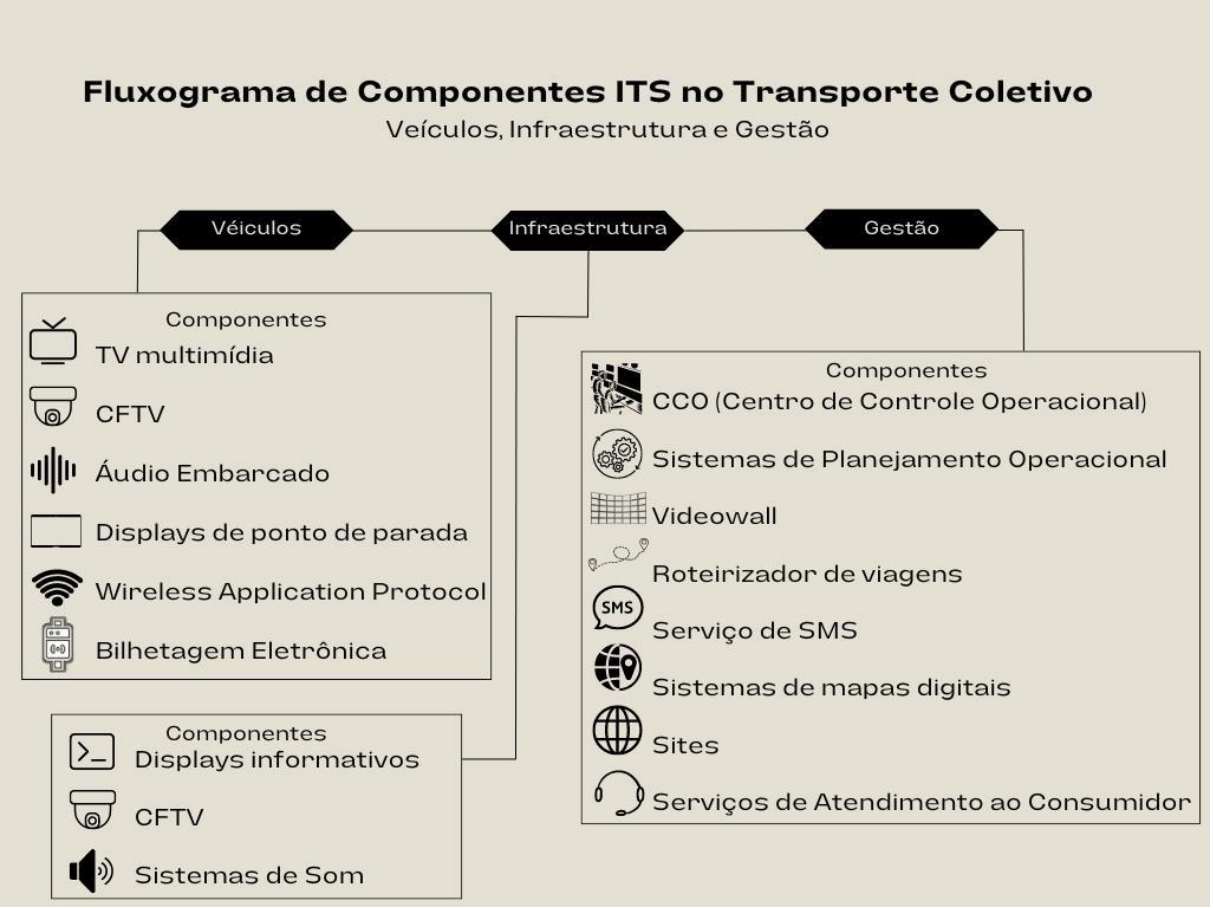

Figura 8 - Fluxograma dos componentes ITS no transporte coletivo analisado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A seguir é apresentado os resultados da verificação de componentes ITS em cada um desses municípios, destacando as tecnologias que já estão implementadas, áreas com previsão de desenvolvimento e as ausências significativas. Essas análises não

somente fornecem um panorama atual do estado atual do transporte coletivo na região, mas também servem como base de recomendações futuras sobre modernização e de aprimoramento dos sistemas de transporte público.

4.1.1 Município de Ouro Preto

Ouro Preto é atendido pelo consórcio Rota Real (O LIBERAL, 2024). Esse consórcio é responsável pela administração e operação do transporte coletivo por ônibus na cidade. A verificação dos componentes de ITS em Ouro Preto é crucial para entender as tecnologias adotadas e as áreas que podem ser aprimoradas para otimizar o sistema de transporte público.

No município de Ouro Preto, o sistema de transporte coletivo por ônibus tem uma infraestrutura relativamente avançada. A TV multimídia não está disponível e não tem previsão de implementação, o mesmo se aplica para os *displays* de ponto de parada e o *Wireless Application Protocol* (WAP). A ausência desses componentes pode restringir na oferta das informações no entretenimento aos passageiros durantes as viagens. Considerando o potencial turístico da cidade, que é um importante destino histórico e cultural, essa falta de recursos tecnológicos no transporte coletivo limita a experiência dos visitantes. Um sistema de transporte coletivo eficiente, que forneça informações turísticas com facilidade e acessibilidade, poderia não apenas melhorar a experiência do usuário, mas também promover o turismo sustentável, facilitando o deslocamento de visitantes entre os diversos pontos de interesse da cidade. Nesse sentido, a implementação de soluções ITS voltadas para o turismo pode ser um diferencial importante para Ouro Preto.

Entretanto, para o Circuito Fechado de Televisão (CFTV) está em funcionamento, garantindo uma camada de segurança para os passageiros e para operacionalização do sistema. A bilhetagem eletrônica está presente, o que facilita o pagamento das passagens e diminui o tempo de parada e flexibilizando a mobilidade. Além disso, tal sistema permite a implementação de uma futura integração tarifária entre os diferentes modais de transporte, ou até mesmo entre municípios vizinhos, o que pode otimizar a conectividade e reduzir os custos para os usuários. Com a bilhetagem eletrônica, os passageiros podem realizar múltiplos trajetos com uma única tarifa,

como é o caso da integração entre qualquer linha urbana de Ouro Preto com os ônibus da linha São Cristovão x Saramenha sentido nova UPA e usuários da linha Saramenha x São Cristovão, poderão se integrar às linhas de acesso aos bairros (CONSORCIO ROTA REAL, 2024).

Na infraestrutura, Ouro Preto não possuí CFTV, *displays* ou sistemas de som em estações e terminais, o que indica a necessidade de melhoria em segurança e comunicação em tais pontos. No entanto, é importante ressaltar que Ouro Preto conta com poucas estações e terminais, sendo o sistema de transporte coletivo composto majoritariamente por pontos de ônibus. Essa característica pode justificar, em parte, a ausência desses componentes de infraestrutura. Ainda assim, a implementação de soluções voltadas para a segurança e comunicação nos pontos de ônibus Figura 9, que são amplamente utilizados, seria uma estratégia relevante para melhorar a experiência e segurança dos passageiros, especialmente considerando o potencial turístico da cidade. A implementação de tais componentes poderia melhorar a experiência e segurança dos passageiros. No âmbito da gestão e planejamento, o Centro de Controle Operacional (CCO) e o Sistema de Planejamento Operacional se encontra em funcionamento, sendo crucial na coordenação e na eficiência das operações de transporte. Além disso, sistemas de mapas digitais e site do consórcio também estão em operação, proporcionalizando aos passageiros acesso a informações importantes. No entanto, apesar dessas ferramentas digitais, os pontos de ônibus da cidade não oferecem informações básicas, como as linhas que passam por cada ponto. Essa lacuna pode dificultar o uso do transporte coletivo, especialmente para turistas e novos usuários, que dependem de informações claras e acessíveis no momento de embarque.

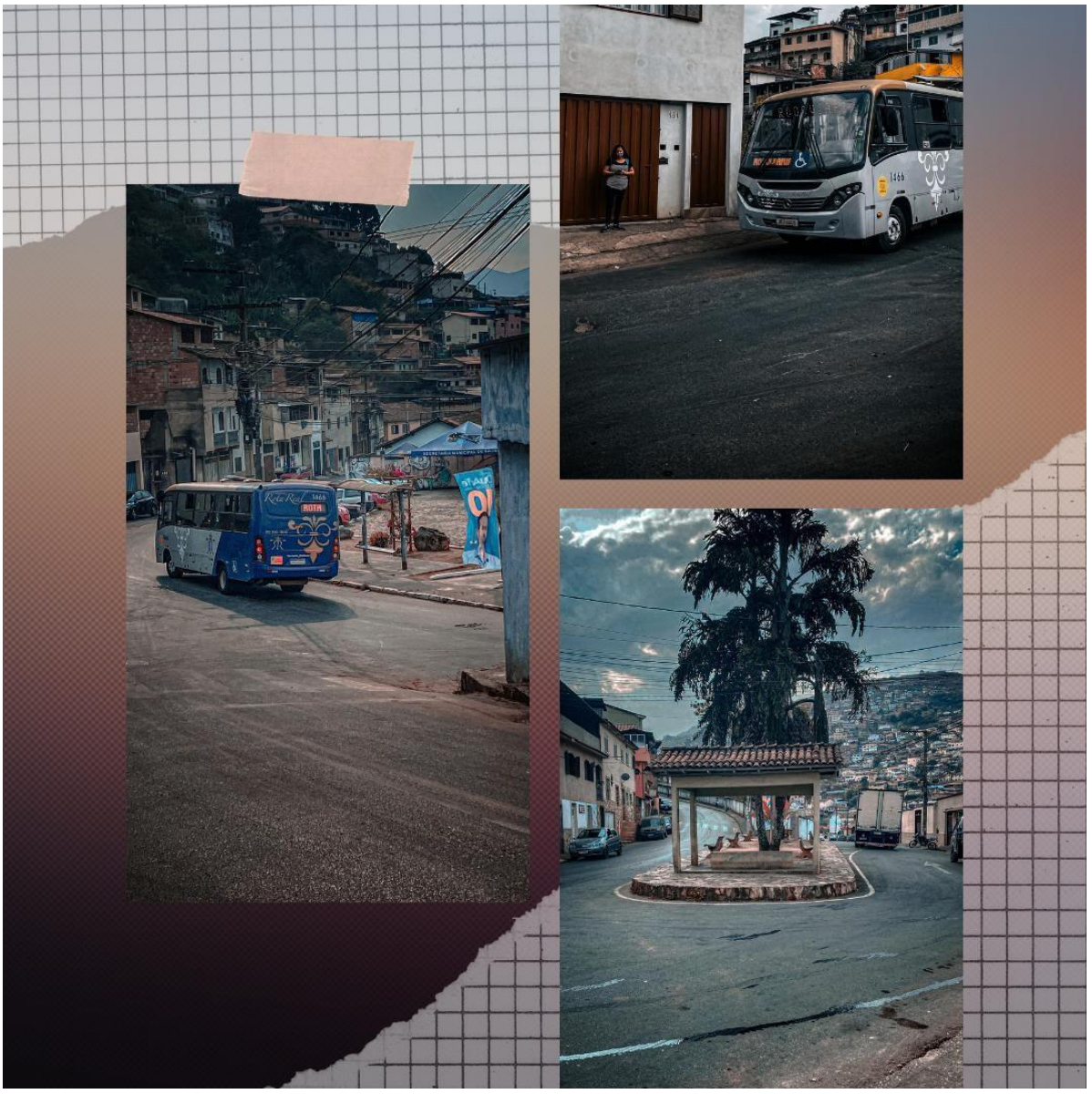

Figura 9 - Pontos de Ônibus em Ouro Preto – MG.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Entretanto, componentes como *videowalls,* roteirizadores de viagens e serviços de SMS ainda não se encontram presentes, o que pode ocasionar na limitação da eficiência e comunicação. O Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC), está em funcionamento para suporte e resolução dos problemas para os usuários.

4.1.2 Município de Mariana

Já o município de Mariana é atendido pelo consórcio Transcotta (TRANSCOTTA, 2024). Este consórcio gerencia o sistema de transporte coletivo por ônibus na cidade, oferecendo um serviço essencial para a mobilidade urbana. O sistema de transporte coletivo por ônibus apresenta uma configuração com alguns pontos de destaque e em áreas de desenvolvimento. Para os componentes ITS que se encontram no ônibus, a TV multimídia não está presente e não há previsão para sua implementação, assim como os *displays* de ponto de parada e o *Wireless Application Protocol* (WAP), limitando a interação dos passageiros e as informações, situação similar ao município de Ouro Preto.

Na infraestrutura, não há CFTV, *displays* ou sistemas de som nas estações ou terminais, indicando uma oportunidade de implementação dessas tecnologias e uma melhora na comunicação e segurança nos pontos de embarque e desembarque da Figura *10*. No que diz respeito à gestão e planejamento, o Centro de Controle Operacional (CCO) e o Sistema de Planejamento Operacional estão em operação, o que é essencial para a coordenação e a eficiência das operações de transporte. Sistemas de mapas digitais e um site também estão em funcionamento, facilitando o acesso a informações para os passageiros.

Figura 10 - Pontos de Ônibus em Mariana - MG.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Contudo, a ausência de *videowalls*, roteirizadores de viagens e serviços de SMS pode limitar a eficácia do planejamento e a comunicação com os passageiros. O Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) está disponível, proporcionando suporte aos usuários e resolução de problemas, desempenha um papel crucial, especialmente em um contexto de tarifa zero no município, onde a qualidade do atendimento é fundamental para garantir a satisfação dos usuários. Embora o serviço seja gratuito, isso não deve comprometer a qualidade. Um SAC eficaz deve oferecer

suporte rápido e eficiente, independentemente da gratuidade do transporte, para assegurar que os problemas sejam resolvidos de maneira satisfatória e que a experiência dos passageiros seja positiva.

4.1.3 Município de Itabirito

No município de Itabirito o consórcio responsável por gerenciar e operar o sistema de transporte coletivo por ônibus na cidade é SV (Serra Verde) Transportes (SERRA VERDE, 2024). No município o sistema de transporte coletivo por ônibus apresenta uma combinação de componentes de Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) em diferentes estágios de implementação. Atualmente, a TV multimídia não faz parte do sistema e não há planos para sua implementação futura. Da mesma forma, não há previsão para a instalação de displays de ponto de parada ou do *Wireless Application Protocol* (WAP), que poderiam melhorar a comunicação e a interatividade com os passageiros. Entretanto, existe um aplicativo da prefeitura de Itabirito, chamado “Conecta Itabirito” (Figura 11) , desenvolvido para IOS e Android, que serve como gerenciamento estratégico da gestão pública no atendimento de demandas da dos chamados por parte dos cidadãos, serviços de utilidade pública, assim como saúde, esporte e lazer, reunindo diversas funcionalidades como a localização em tempo real dos ônibus e seus horários (CONECTA ITABIRITO, 2024). Mas, quanto a sua funcionalidade há certas críticas na avaliação dos usuários do app, como exemplo ao utilizar a função da localização em tempo real dos ônibus, ao clicar em voltar, o usuário é redirecionado a tela inicial do app ao invés da página anterior desejada.

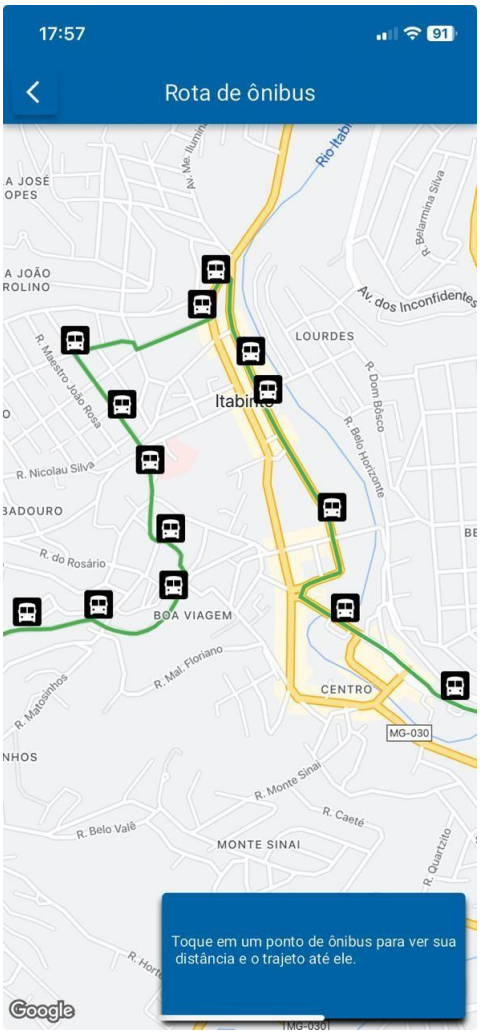

Figura 11 - Aplicativo Conecta Itabirito em funcionamento

Fonte: Conecta Itabirito, 2024.

Ademais, o sistema já conta com o Circuito Fechado de Televisão (CFTV) em funcionamento, o que contribui significativamente para a segurança dos passageiros e do transporte. O áudio embarcado também está em operação, proporcionando informações sonoras durante as viagens, o que melhora a experiência do usuário. A bilhetagem eletrônica já está implementada, facilitando o processo de pagamento e reduzindo a necessidade de dinheiro em espécie.

No que diz respeito à infraestrutura, Itabirito não possui estações ou terminais, portanto, não há CFTV, *displays* ou sistemas de som nessas estruturas. A instalação de câmeras de segurança (CFTV) e painéis informativos em pontos de ônibus, em

localidades como na Figura 12, poderia contribuir significativamente para melhorar a segurança e a comunicação dos usuários, mesmo na ausência de grandes estruturas como terminais. Essas tecnologias também facilitariam o acesso a informações sobre as linhas e horários, aumentando a eficiência do sistema de transporte.

Figura 12 - Ponto de Ônibus no município de Itabirito – MG

Fonte: Google Street View, 2024.

No aspecto da gestão e planejamento, Itabirito já opera com um Centro de Controle Operacional (CCO) e um Sistema de Planejamento Operacional, ambos fundamentais para a coordenação e otimização das operações de transporte. No entanto, componentes como *videowalls*, roteirizadores de viagens e sistemas de

mapas digitais ainda não estão presentes, o que pode limitar a eficiência operacional. A falta de um site e de serviços de SMS também pode restringir o acesso dos passageiros a informações e atualizações importantes. O Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) está em funcionamento, oferecendo um canal de atendimento para suporte e resolução de problemas dos usuários.

4.1.4 Municípios de Barão de Cocais, Santa Bárbara e Catas Altas

Os municípios de Barão de Cocais, Santa Bárbara e Catas Altas são atendidos pelo mesmo consórcio, Caraca Transportes (CARACA TRANSPORTES E TURISMO, 2024). Nesses municípios, o sistema de transporte coletivo por ônibus enfrenta uma situação semelhante entre eles. As TVs multimídias, displays de ponto de parada e a tecnologia *Wireless Application Protocol* (WAP) não estão implementados e não há planos para sua introdução. A falta desses componentes pode limitar o acesso dos passageiros a informações em tempo real e serviços interativos durante a viagem.

O Circuito Fechado de Televisão (CFTV) está em operação, o que é positivo para a segurança nos veículos. A bilhetagem eletrônica ainda não foi implementada, mas está prevista para o futuro, o que pode trazer melhorias no processo de pagamento e na eficiência geral do sistema. Na infraestrutura, não há CFTV, *displays* ou sistemas de som nas estações e terminais, evidenciando uma oportunidade para melhorar a segurança e a comunicação nesses pontos, caso venham a ser estabelecidos no futuro. Ademais, nem mesmo em seus pontos de ônibus há a existência de tais componentes tecnológicos nos municípios, como exemplo na Figura 13 representando um dos pontos de ônibus presentes no município de Barão de Cocais – MG.

Figura 13 - Ponto de Ônibus do município de Barão de Cocais – MG.

Fonte: Google Street View, 2024.

Quanto à gestão e planejamento, os componentes essenciais como o Centro de Controle Operacional (CCO), o Sistema de Planejamento Operacional, *videowall* e roteirizadores de viagens ainda não estão presentes, o que pode impactar a coordenação e a eficiência das operações. O uso de SMS, sistemas de mapas digitais e a presença de um site também são inexistentes, limitando a comunicação e o acesso a informações para os passageiros. Além disso, o Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) ainda não está implementado, o que pode afetar o suporte ao usuário e a resolução de problemas. Como foi observado, os componentes analisados são iguais nos três municípios, por se tratar da mesma empresa de operação.

4.2 Comparativo entre os Consórcios das Regiões

Ao observar os dados coletados sobre os componentes de IS nos municípios de Itabirito, Barão de Cocais, Santa Bárbara, Catas Altas, Ouro Preto e Mariana, é possível identificar semelhanças e diferenças significativas em relação à adoção de tecnologias de transporte inteligente. Esta seção irá comparar os municípios em relação aos termos dos blocos principais de componentes de ITS: nos veículos, na infraestrutura e que são auxiliares no planejamento e na gestão.

Na Figura 14, pode-se observar que dentro dos veículos do transporte coletivo dos municípios analisados, o CFTV (Circuito Fechado de Televisão) e a bilhetagem eletrônica estão entre os componentes mais comumente presentes nos municípios analisados. A implementação de sistemas de CFTV (Circuito Fechado de Televisão) nos veículos de transporte coletivo revela uma preocupação crescente com a segurança, abrangendo tanto os passageiros quanto os motoristas. Esse tipo de monitoramento desempenha um papel fundamental na prevenção de incidentes e comportamentos inadequados, ao mesmo tempo em que contribui para um ambiente mais seguro, especialmente em trajetos mais longos ou em períodos com menor fluxo de passageiros.

Figura 14 - Bilhetagem Eletrônica e CFTV.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por outro lado, a bilhetagem eletrônica tem se consolidado como uma tendência em diversos sistemas de transporte, não apenas facilitando o pagamento das tarifas,

mas também otimizando o tempo de embarque. Esse avanço, porém, está frequentemente associado à redução de custos operacionais, o que inclui a diminuição ou até a extinção do cargo de cobrador nos ônibus. Diante disso, seria pertinente examinar se essa transição está sendo implementada nas empresas analisadas, uma vez que a retirada dos cobradores pode gerar impactos significativos tanto no mercado de trabalho quanto na interação com os usuários, exigindo uma maior autonomia por parte dos passageiros ao utilizar o transporte público.

Todos os municípios, com exceção de Barão de Cocais, Santa Bárbara e Catas Altas, que apenas preveem uma implementação futura da bilhetagem eletrônica, têm o CFTV em funcionamento, demonstrando um foco na segurança dos veículos. A bilhetagem eletrônica segue em operação nos municípios de Itabirito, Ouro Preto e Mariana, mas não foi implementada nos outros municípios, embora haja planos para isso. Tal padrão indica um compromisso com a modernização dos sistemas de pagamento nos municípios mais desenvolvidos ou com maior fluxo de passageiros.

Entretanto, os componentes: TV multimídia, áudio embarcado, *display* de ponto de parada e *Wireless Application Protocol* (WAP) estão ausentes em todos os municípios analisados, sem previsão de implementação, indicando uma área com potencial de melhoria para que se aprimore a experiência dos passageiros e fornecendo informações em tempo real. A ausência desses componentes tecnológicos pode estar diretamente associada ao alto custo de implementação. Municípios que ainda carecem de uma infraestrutura básica adequada para o transporte público tendem a direcionar seus recursos para necessidades mais urgentes, como segurança e gestão operacional, antes de investir em tecnologias que, embora tragam maior conforto e conectividade, podem ser consideradas secundárias.

Em localidades onde o sistema de transporte ainda enfrenta obstáculos significativos, como a falta de estações, terminais ou comunicação eficiente nos pontos de ônibus, a introdução de tecnologias avançadas pode parecer um passo distante. Esse cenário expõe uma realidade em que a modernização tecnológica é prejudicada pela necessidade de atender a demandas estruturais mais prementes. Dessa forma, embora a adoção dessas inovações seja desejável, especialmente em

cidades com potencial turístico, como Ouro Preto e Mariana, a escassez de investimentos na infraestrutura básica pode retardar sua implementação. Isso destaca a importância de uma abordagem equilibrada e sustentável na gestão do transporte público.

Figura 15 - Componentes de ITS nos veículos de transporte coletivo por ônibus.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No que diz respeito à infraestrutura (Figura 16), todos os municípios mostram uma carência significativa dos componentes ITS. Não há CFTV's, *displays,* ou sistemas de som nos terminais e estações em nenhum dos municípios, com exceção de Itabirito, que não possuí estações ou terminais para aplicar esses componentes. Outro ponto a ser considerado é que, embora os demais municípios tenham algumas

estações e terminais, é provável que o número dessas estruturas seja reduzido, o que pode justificar a falta de prioridade na implementação desses componentes tecnológicos. Com um número limitado de terminais, a alocação de recursos pode ter sido direcionada para outras áreas mais imediatas, como a manutenção da frota ou a gestão operacional, enquanto tecnologias de segurança e comunicação nos pontos de embarque e desembarque ficam em segundo plano. Essa situação reflete uma necessidade de planejar o desenvolvimento tecnológico de maneira mais estratégica, levando em conta a infraestrutura existente e a real demanda por esses serviços nas poucas estações e terminais que existem. Essa ausência generalizada reflete a oportunidade do investimento para aumentar a segurança, melhorar a comunicação e proporcionar uma experiência mais agradável aos passageiros nos pontos de embarque e desembarque. A implementação de tais componentes pode ser necessária em áreas com maior densidade de passageiros ou em municípios que desejam melhorar sua infraestrutura de transporte.

comparativo municípios da RGI de Santa Bárbara

SEÇÕES	COMPONENTES	OURO PRETO	MARIANA	ITABIRITO	BARÃO DE COCAIS, CATAS ALTAS E SANTA BÁRBARA
Componentes de ITS da infraestrutura de transporte coletivo por ônibus	CFTV nas estações de terminais ou estações	✕	✕	✕	✕
	Displays de terminais ou estações	✕	✕	✕	✕
	Sistema de som em estações/terminais	✕	✕	✕	✕

✔ Esse componente encontra-se em funcionamento no município.

✕ Esse componente não encontra-se em funcionamento no município.

Esse componente não encontra-se em funcionamento no município, porém está previsto em ser implementado.

Figura 16 - Componentes de ITS da infraestrutura de transporte coletivo por ônibus

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto aos dispositivos auxiliares à gestão e planejamento (Figura 17), o Centro de Controle Operacional (CCO) e o Sistema de Planejamento Operacional estão presentes em Itabirito, Ouro Preto e Mariana, mas ausentes em Barão de Cocais, Santa Bárbara e Catas Altas. A presença desses sistemas é fundamental para a coordenação eficiente das operações de transporte e a capacidade de resposta a incidentes. A diferença dos municípios pode estar associada a duas possibilidades, a primeira delas é em relação ao porte dos municípios: Itabirito, Ouro Preto e Mariana são municípios de maior porte se comparados com Barão de Cocais, Santa Bárbara e Catas Altas. Municípios maiores tendem a ter mais recursos financeiros, maior demanda dos passageiros e uma maior complexidade operacional, justificando a necessidade e capacidade de investimento em sistemas como CCO e o Sistema de Planejamento Operacional. Sendo assim, a ausência de tais componentes nos

municípios menores está relacionada a uma menor complexidade operacional e a recursos limitados. A segunda possibilidade está relacionada aos consórcios de transporte: Barão de Cocais, Santa Bárbara e Catas Altas são atendidos pelo consórcio, a Caraca Transportes. A ausência dos sistemas de gestão e planejamento podem ser uma decisão estratégica do consórcio, que talvez tenha decidido em não investir em tais componentes devido a prioridades diferentes, ou por não entender que a operação nesses municípios menores pode ser gerida de forma mais padronizada na infraestrutura dos municípios atendidos pelo consórcio que pode indicar uma decisão de gestão mais unificada.

comparativo municípios da RGI de Santa Bárbara

SEÇÕES	COMPONENTES	ouro preto	mariana	itabirito	barão de cocais, catas altas e santa bárbara
Componentes de ITS auxiliares no planejamento e gestão do transporte coletivo por ônibus	Centro de Controle Operacional (CCO)	✔	✔	✔	✕
	Sistema de Planejamento Operacional	✔	✔	✔	✕
	Videowall em CCO	✕	✕	✕	✕
	Roteirizador de viagens	✕	✕	✕	✕
	SMS (Short Message Device)	✕	✕	✕	✕
	Sistema de mapas digitais	✔	✔	✕	✕
	Site	✔	✔	✕	✕
	SAC (Serviço de Atendimento ao Consumidor)	✔	✔	✔	✕

✔ Esse componente encontra-se em funcionamento no município.
✕ Esse componente não encontra-se em funcionamento no município.
Esse componente não encontra-se em funcionamento no município, porém está previsto em ser implementado.

Figura 17 - Componentes de ITS auxiliares no planejamento e gestão do transporte coletivo por ônibus

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sistemas de mapas digitais e sites são encontrados em Ouro Preto e Mariana, fornecendo ferramentas adicionais para planejamento e comunicação. A presença de

um SAC (Serviço de Atendimento ao Consumidor) em Itabirito, Ouro Preto e Mariana também sugere um compromisso com o atendimento ao cliente, enquanto sua ausência em Barão de Cocais, Santa Bárbara e Catas Altas pode indicar uma área de melhoria para a comunicação com os passageiros. *Videowalls*, roteirizadores de viagens, e o uso de SMS para comunicação são componentes ausentes em todos os municípios, sugerindo uma lacuna nas tecnologias de visualização e comunicação em tempo real. Há razões plausíveis para ausência desses componentes, a implantação exige uma infraestrutura tecnológica avançada, como integração com os sistemas de monitoramento e de dados em tempo real e centros de controle moderno. Tal implementação pode ser considerada complexa em municípios de pequeno porte, onde a infraestrutura básica de transporte não pode estar totalmente estabelecida, tornando dificultoso e demorado o investimento de tecnologias sofisticadas. O custo elevado é um fator a ser levado em consideração, visto que, a implantação de *videowalls* e sistemas avançados de roteirização demandam altos investimentos em tecnologia, manutenção contínua e treinamento de equipe, gerando um grande obstáculo em municípios de menor arrecadação ou com áreas mais urgentes a serem priorizadas. Ademais, o consórcio pode ter outras prioridades, como no caso de municípios menores e consórcios que operam em áreas de menor demanda de passageiros, podendo focar inicialmente em necessidades básicas, como na melhoria nas frotas de ônibus, segurança e acessibilidade, antes do investimento em sistemas de alta demanda tecnológica, o foco na resolução de problemas operacionais ou da infraestrutura básica está à frente do planejamento estratégico. Por fim, implementar os sistemas de roteirização em tempo real e *videowalls* demandam um alto nível na coordenação e na experiência técnica, algo que os consórcios menores não têm à sua disposição, tornando tais ferramentas menos atrativas, se considerar o custo-benefício a pequeno prazo e de operação de menor porte.

A implementação desses componentes poderia melhorar significativamente a eficiência operacional e a satisfação dos passageiros. *Videowalls* em Centros de Controle Operacional (CCO) facilitariam a visualização das informações em tempo real, permitindo decisões rápidas e informadas, otimizando o fluxo dos ônibus e a resposta a incidentes. Já os roteirizadores de viagens ajudariam no planejamento de

rotas mais eficazes, reduzindo atrasos e melhorando o uso dos recursos da frota. O uso do SMS ampliaria a comunicação com os passageiros, fornecendo informações de atraso, mudanças na rota e outros avisos em tempo real, aumentando a confiança no serviço e permitindo um planejamento de viagem mais preciso, reforçando a percepção da segurança e na transparência, uma vez que os passageiros teriam acesso a informações importantes.

A análise comparativa indica que os municípios de Ouro Preto e Mariana apresentam um estágio mais avançado na adoção de componentes de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), especialmente nos aspectos relacionados ao planejamento e à gestão. Itabirito também exibe um nível considerável de implementação, com destaque para o funcionamento do Centro de Controle Operacional (CCO) e do Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC). Em contrapartida, os municípios de Barão de Cocais, Santa Bárbara e Catas Altas apresentam menor presença de componentes de ITS, notadamente nos aspectos de infraestrutura e gestão. Essa disparidade entre os municípios sublinha a importância de direcionar investimentos para a modernização e ampliação das tecnologias ITS, que não apenas aprimoram a eficiência operacional, mas também aumentam a segurança e a qualidade dos serviços oferecidos aos passageiros. Um quadro comparativo de todos os elementos pode ser observado na Figura 18.

comparativo

municípios da RGI de Santa Bárbara

SEÇÕES	COMPONENTES	ouro preto	mariana	itabirito	barão de cocais, catas altas e santa bárbara
Componentes de ITS nos veículos de transporte coletivo por ônibus	TV Multimídia	✗	✗	✗	✗
	CFTV (Circuito Fechado de Televisão)	✓	✓	✓	✓
	Áudio Embarcado	✗	✗	✓	✗
	Displays de pontos de parada	✗	✗	✗	✗
	Wireless Application Protocol (WAP)	✗	✗	✗	✗
	Bilhetagem Eletrônica	✓	✓	✓	⏲
Componentes de ITS da infraestrutura de transporte coletivo por ônibus	CFTV nas estações de terminais ou estações	✗	✗	✗	✗
	Displays de terminais ou estações	✗	✗	✗	✗
	Sistema de som em estações/terminais	✗	✗	✗	✗
Componentes de ITS auxiliares no planejamento e gestão do transporte coletivo por ônibus	Centro de Controle Operacional (CCO)	✓	✓	✓	✗
	Sistema de Planejamento Operacional	✓	✓	✓	✗
	Videowall em CCO	✗	✗	✗	✗
	Roteirizador de viagens	✗	✗	✗	✗
	SMS (Short Message Device)	✗	✗	✗	✗
	Sistema de mapas digitais	✓	✓	✗	✗
	Site	✓	✓	✗	✗
	SAC (Serviço de Atendimento ao Consumidor)	✓	✓	✓	✗

✓ Esse componente encontra-se em funcionamento no município.

✗ Esse componente não encontra-se em funcionamento no município.

⏲ Esse componente não encontra-se em funcionamento no município, porém está previsto em ser implementado.

Figura 18 - Quadro comparativo de todos os municípios da RGI de Santa Bárbara– Ouro Preto

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Proposição de diretrizes e cenários possíveis para ampliação da utilização do tipo de tecnologia nos transportes coletivos por ônibus da região

O transporte coletivo em municípios menores enfrenta desafios substanciais devido a uma série de fatores socioeconômicos e culturais. A baixa densidade populacional e a dispersão das residências limitam a demanda, gerando um número reduzido de usuários por viagem, o que compromete a sustentabilidade financeira das operações. Nesses contextos, há uma tendência de alta motorização individual, facilitada pelo fácil acesso a veículos privados ou pela utilização de meios alternativos de transporte, como bicicletas e motocicletas. Adicionalmente, os altos custos operacionais tornam difícil para as empresas de transporte cobrir suas despesas apenas com as tarifas, principalmente na ausência de subsídios governamentais. A falta de recursos financeiros limita a capacidade de modernizar o sistema e adotar inovações tecnológicas, perpetuando um ciclo vicioso: a baixa atratividade reduz o número de usuários, diminuindo a receita e, por conseguinte, a capacidade de reinvestir no sistema.

A dificuldade em implementar Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) em municípios com baixa demanda é outro entrave. Esses sistemas, essenciais para a modernização do transporte, demandam investimentos iniciais significativos, dificultando sua viabilidade financeira em localidades menores. Para facilitar a adoção de ITS nos municípios menores, sugere-se uma estratégia de implementação gradual, estruturada em três fases: curto, médio e longo prazo (*Tabela 1).* Essa abordagem deve priorizar tecnologias que ofereçam benefícios imediatos e de fácil adoção, avançando progressivamente para soluções mais complexas. Ademais foi considerada a resposta dos consórcios das empresas quanto a prioridade de implementação, caso fossem implementados tais componentes, a maior parte das respostas obtidas foi: *displays* de terminais/estação, *displays* de ponto de parada, *Videowall* CCO, roteirizador de viagens e SMS.

Na primeira fase (Curto prazo), devem ser implementados componentes que proporcionem ganhos operacionais rápidos. Assim, as prioridades incluem:

- **Bilhetagem Eletrônica**: A substituição de bilhetes físicos por sistemas

eletrônicos reduz fraudes e melhora o controle financeiro.

- **Serviço de Atendimento ao Cliente (SAC)**: Estabelece um canal eficiente para feedback dos usuários.
- **Site**: Plataforma para fornecer informações do transporte público ao usuário, como exemplo horário de linhas de ônibus.

Destaca-se que essas soluções exigem investimentos moderados e oferecem benefícios diretos, como maior eficiência operacional e melhor experiência para os usuários. Adicionalmente não definiu-se o prazo para implantação destes por se entender que são necessários estudos adicionais sobre a realidade de cada um dos municípios para que se possa estimar de forma mais assertiva um prazo viável para a implementação destes na localidade.

Na fase referente ao médio prazo o foco deve ser a segurança e a comunicação com os usuários. Sendo assim, sugere-se a implementação das seguintes soluções:

- **Áudio Embarcado e Displays de Parada**: Facilitam a comunicação com os passageiros, especialmente em áreas turísticas.
- **Sistema de Planejamento Operacional**: Otimiza as rotas e horários, ajustando-se à demanda real dos usuários.

Essas tecnologias demandam investimentos intermediários, mas trazem melhorias significativas na qualidade do serviço e na satisfação dos usuários, por isso foram alocadas na categoria de médio prazo. Já na fase de longo prazo, última fase, tem-se a adoção de tecnologias avançadas, que requerem investimentos substanciais, como:

- **Centro de Controle Operacional (CCO)**: Monitora e gerencia o sistema em tempo real, otimizando recursos e a resposta a incidentes.
- ***Videowall* no CCO**: Permite uma visualização ampla e simultânea das rotas e eventos em tempo real.
- **Roteirizador de Viagens e Sistemas de Mapas Digitais**: Facilitam o planejamento de rotas otimizadas com base em dados geográficos e de

tráfego.

- **Sistemas de Informações via Aplicativos e SMS**: Fornecem aos usuários informações em tempo real sobre o transporte.

Na Tabela *1* encontra-se uma síntese da proposta de implementação do cenário atual.

Tabela 1 - Proposta de Implementação para os municípios.

Componentes ITS	**Barão de Cocais**	**Santa Bárbara**	**Catas Altas**	**Mariana**	**Itabirito**	**Ouro Preto**
Bilhetagem Eletrônica	Curto Prazo	Curto Prazo	Curto Prazo	Já Implementado	Já Implementado	Já Implementado
CFTV (Veículos)	Já Implementado	Já Implementado	Já Implementado	Já Implementado	Já Implementado	Já Implementado
Áudio Embarcado	Médio Prazo	Médio Prazo	Médio Prazo	Médio Prazo	Já Implementado	Médio Prazo
Displays de Ponto de Parada	Médio Prazo	Médio Prazo	Médio Prazo	Médio Prazo	Médio Prazo	Médio Prazo
Centro de Controle Operacional	Longo Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Já Implementado	Já Implementado	Já Implementado
Videowall no CCO	Longo Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo
Roteirizador de Viagens	Longo Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo
SMS	Longo Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo	Longo Prazo
Site	Curto Prazo	Curto Prazo	Curto Prazo	Já Implementado	Curto Prazo	Já Implementado
SAC	Curto Prazo	Curto Prazo	Curto Prazo	Já Implementado	Já Implementado	Já Implementado

Fonte: Elaborado pelo autor.

Essas soluções de implementações a longo prazo, apesar de mais caras, são essenciais para a modernização integral do sistema de transporte, promovendo maior eficiência e integração. Já os custos associados à implementação de tecnologias no transporte coletivo são uma preocupação recorrente, especialmente em municípios com orçamentos limitados. Uma análise de custo-benefício pode ajudar a justificar a adoção das tecnologias com maior potencial de retorno, como:

- **Câmeras de Segurança (CFTV)**: Embora a instalação tenha um custo alto, o aumento da segurança e a diminuição de crimes compensam a despesa, além de contribuir para a redução dos custos com segurança física.
- **Displays de Parada e Informações em Tempo Real**: Apesar do impacto positivo na percepção dos usuários, esses sistemas podem ser caros para regiões com baixa densidade populacional, exigindo uma análise cuidadosa de viabilidade.

Ao considerar o custo-benefício, é fundamental avaliar o impacto de cada tecnologia na satisfação dos usuários e na eficiência do sistema a longo prazo. Dessa forma, a implementação de tecnologias no transporte deve ser adaptada às características específicas de cada município, levando em conta fatores como geografia, demanda e condições socioeconômicas. Nesse sentido, pesquisas com a população local podem fornecer *insights* valiosos sobre as necessidades e preferências dos usuários.

Essas pesquisas devem investigar a percepção dos usuários sobre a qualidade atual do transporte, identificando quais aspectos são considerados prioritários para melhoria, como segurança, pontualidade e conforto. Além disso, será analisada a aceitação de novas tecnologias e a disposição dos usuários em pagar tarifas mais elevadas por serviços aprimorados.

Esses dados são essenciais para ajustar o plano de implementação e garantir que os investimentos sejam direcionados para atender às expectativas da população local. Este estudo apresenta limitações, como a dificuldade de obter dados precisos sobre os custos de implementação para cada município e a falta de informações detalhadas sobre a infraestrutura existente. Além disso, o sucesso das propostas dependerá de

fatores econômicos, políticos e sociais que podem variar ao longo do tempo.

Os desdobramentos futuros devem incluir análises mais detalhadas sobre a viabilidade financeira da implementação de ITS em municípios de pequeno e médio porte, além de explorar parcerias entre o setor público e privado para viabilizar o financiamento das tecnologias propostas. Novas pesquisas de satisfação e aceitação também devem ser conduzidas após a implementação inicial das tecnologias, a fim de avaliar o impacto e a efetividade das soluções adotadas. Tais estudos podem contribuir para a consolidação das melhores práticas para a modernização do transporte coletivo em municípios de pequeno porte, assegurando a sustentabilidade e eficiência do sistema a longo prazo.

5 Considerações Finais

No cenário atual de planejamento urbano, a modernização dos sistemas de transporte público é crucial para garantir uma mobilidade eficiente, segura e sustentável. O transporte coletivo desempenha um papel estratégico no desenvolvimento urbano, não apenas como uma alternativa de deslocamento, mas também como um fator decisivo para a diminuição de congestionamentos, emissões de poluentes e para a melhoria da qualidade de vida. A incorporação de tecnologias, como discutido ao longo deste estudo, é indispensável para tornar o transporte coletivo mais atrativo e competitivo, em um contexto em que o transporte individual ainda predomina. Essa análise fundamenta-se em um referencial teórico que explora a interconexão entre a qualidade dos serviços de transporte, um planejamento urbano eficaz e a integração de tecnologias inovadoras, visando atender de forma mais eficiente às demandas urbanas. Esta pesquisa teve como objetivo destacar a relevância dos componentes dos Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) para o aprimoramento do transporte coletivo, com especial atenção aos municípios de menor porte.

A metodologia utilizada concentrou-se na identificação e análise dos componentes ITS presentes nos sistemas de transporte coletivo por ônibus em municípios da Região Geográfica Imediata (RGI) de Santa Bárbara – Ouro Preto. A coleta de dados foi realizada por meio de questionários aplicados a operadoras e consórcios de transporte, permitindo identificar os componentes existentes, suas funcionalidades e os planos de implementação futura. O principal objetivo foi mapear o estado atual da tecnologia no transporte público local e sugerir diretrizes para sua expansão. A pesquisa foi estruturada em blocos que abordaram os componentes presentes nos veículos, na infraestrutura e na gestão do sistema. Ao final, destacou-se a importância da priorização desses componentes dentro de um planejamento gradual e eficiente, que considere as particularidades econômicas e sociais de cada município.

Os resultados evidenciaram disparidades significativas na adoção de tecnologias ITS entre os municípios analisados. Enquanto alguns já implementaram componentes

básicos, como bilhetagem eletrônica e sistemas de videomonitoramento (CFTV), outros ainda enfrentam grandes obstáculos para sua implementação. Além disso, discutiu-se a necessidade de um plano de implementação em fases — curto, médio e longo prazo — para assegurar que as inovações tecnológicas sejam inseridas de maneira sustentável e adaptada às condições locais. Por fim, foram apresentadas possibilidades de desdobramentos futuros, destacando a importância de estudos adicionais de viabilidade econômica, maior envolvimento da população na definição de prioridades e o desenvolvimento de parcerias público-privadas como solução para viabilizar os investimentos necessários.

Este trabalho oferece uma contribuição significativa para a compreensão do panorama atual e das oportunidades de modernização do transporte coletivo por ônibus na região de Santa Bárbara, propondo diretrizes concretas para a expansão dos ITS e sugerindo caminhos para a criação de sistemas de transporte maiseficientes e integrados no futuro. Conclui-se, portanto, que para que sejam implementados tais componentes do Sistema Inteligente do Transporte Coletivo (ITS)é necessário que se realiza um estudo de viabilidade técnica, considerando as particularidades de cada município. Essa pesquisa é essencial para que se garanta aadoção desse tipo de tecnologia de forma eficiente e sustentável. Há também, de se ressaltar a importância de estudos específicos dessas localidades, para servir de basepara implementação ao longo do país, regiões essas que enfrentam situações similares aos municípios aqui citados, contribuindo para um transporte coletivo fortalecido para uma mobilidade urbana íntegra e acessível.

6 REFERÊNCIAS

ALAM, M.; FERREIRA, J.; FONSECA, J. Introduction to intelligent transportation systems. In: **Studies in Systems, Decision and Control**, v. 52, p. 1–17. Springer International Publishing, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-28183-4_1>. Acesso em: 14 set. 2024.

ALBUQUERQUE, C.; BARCELOS, M**.** Manual de Pesquisa de Satisfação – QualiÔnibus: Programa de Qualidade do Serviço de Ônibus. 2018. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/202208/QualiOnibus_ManualPesquisa_jan2019.pdf>. Acesso em: 18 maio 2024.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS (ANTP). Anuário NTU: 2022-2023. Brasília: NTU, 2023.

Luminator**. APLICAÇÕES PARA PAINEIS ESTACIONÁRIOS.** Disponível em: <https://luminator.com/pt/>. Acesso em: 13 maio 2024.

ARAÚJO, S. **Sistema de Informação para o planejamento operacional do transporte coletivo urbano: aplicado a região metropolitana do Recife**. 2012. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.

AUDREY, G**. Relatório de avaliação do impacto da utilização dos corredores exclusivos de ônibus por táxis e por outros veículos**. Comissão de Estudos Constituída pela Portaria SMT nº 129/2013, 2013.

BALBIM, R.; KRAUSE, C.; LINKE, C. C. **Cidade e Movimento: Mobilidades e Interações no Desenvolvimento Urbano.** Organizador. n.d.

BARBER, B. R. **If Mayors Ruled the World.** Michigan: University of Yale, 2014.

BARBOSA, Rafaela Jordana Rafael. **A Dependência Econômica da Cidade de Mariana no Segmento de Mineração: Uma Análise do Período de 2013 a 2017**. 2017. 58 f. Monografia (Curso de Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

BARBOSA, R. S. **Migração do transporte coletivo para o individual: como**

reverter esta tendência?. 2013.

BARÃO DE COCAIS. Pregão Presencial nº 29/2019: Solicitação e Agendamento de Vistoria - Empresa Caraca Transporte. Disponível em: <https://www.baraodecocais.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Pregao_presencial_29_2019_Solicitacao_e_Agendamento_de_vistoria__Empresa_Caraca_Transporte?cdLocal=3&arquivo=%7B0BE5CBD4-C0EB-0A78-AAEA-E6EDE5E8BBC4%7D.pdf&cdLicitacaoArquivo=55030>. Acesso em: 08 set. 2024.

BERTACHINI, Amarilis. **O uso de wi-fi nos ônibus paulistas**. 2017. Disponível em: https://futuretransport.com.br/wp-content/uploads/2017/06/bus-wi-fi-678x381.jpg. Acesso em: 20 set. 2024.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Disponível em: <https://constituicao.stf.jus.br/dispositivo/cf-88-parte-1-titulo-3-capitulo-4-artigo-30>. Acesso em: 14 set. 2024.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012.

BRASIL**. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).** IBGE Cidades. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14 jan. 2024.

BRASIL. **DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN).** Dados sobre a frota nacional. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.denatran.gov.br/>. Acesso em: 14 jan. 2024.

BRASIL. **INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN).** Centro Histórico de Ouro Preto (MG). Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/30>. Acesso em: 14 jan. 2024.

BRASIL. **ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS (NTU).** Cinco pessoas por hora. Brasília, 14 ago. 2014.

BRASIL, DNIT. Manual de projeto geométrico de travessias urbanas. Rio de Janeiro: DNIT–Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2010.

CACCIA, L. S. **Mobilidade Urbana: Políticas Públicas e Apropriação do Espaço em Cidades Brasileiras.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

CALEGARI, D. P. I. M. M. **Planejamento urbano no Brasil: um breve histórico**. Disponível em: <https://www.politize.com.br/planejamento-urbano-brasil/>. Acesso em: 14 jan. 2024.

COSTA, M. da S.; SILVA, A. N. R. da; R., R. A. R. **Indicadores de Mobilidade Urbana Sustentável para Brasil e Portugal.** In: *Contribuições para o Desenvolvimento Sustentável em Cidades Portuguesas e Brasileiras*, p. 83–97. 2004. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/2287>.

CONECTA ITABIRITO**. Conecta Itabirito. Versão 1.0.** Desenvolvedor: Conecta Itabirito. Disponível em: <https://apps.apple.com/br/app/conecta-itabirito/id1600535598>. Acesso em: 08 set. 2024.

CARVALHO, C. H. R. **Tarifação e financiamento do transporte público urbano.** 2013.

CATAS ALTAS. **Horários de Ônibus Intermunicipais**. Disponível em: <https://www.catasaltas.mg.gov.br/wpcontent/uploads/2023/05/Horarios_de_onibus_intermunicipais.pdf>. Acesso em: 08 set. 2024.

SOUZA, D**. CENTRO DE CONTROLE OPERACIONAL (CCO):** O que é, como montar, vantagens e app. Disponível em: <https://kartado.com.br/>. Acesso em: 13 maio 2024.

CONSILUX. Disponível em: <https://www.consilux.com.br/>. Acesso em: 13 maio 2024.

CONHEÇA O SISTEMA DE ÁUDIO IP EM TERMINAIS DE ÔNIBUS EM GOIÂNIA. **Discabos**, 2021. Disponível em: <https://discabos.com.br/>. Acesso em: 13 maio 2024.

CONSÓRCIO ROTA REAL. **Integração Tarifária**. Disponível em: <https://consorciorotareal.com.br/integracao/>. Acesso em: 07 set. 2024.

PAES, V. de C. **Fluxo do conhecimento em internet de todas as coisas nas cidades inteligentes: uma abordagem no contexto da saúde**. 2023. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DARIDO, G. B.; PENA, I. G. B. **Planejamento em Sistemas de Transportes Inteligentes (ITS) – Perspectivas das Experiências Internacionais**. v. 8. ANTP, 2012.

DE, A.; GOMIDE, Á. **Mobilidade urbana, iniquidade e políticas sociais.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2006.

DE PAIVA CARDOSO, C. E. **Análise do Transporte Coletivo Urbano sob a Ótica dos Riscos e Carências Sociais**. [s.l.] PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO - PUC-SP SERVIÇO SOCIAL, 2008.

MEIRELLES, A. A. De C. **Sistemas de transporte inteligentes: aplicação da telemática na gestão do trânsito urbano.** Revista Informática Pública, v. 1, n. 1, 1999.

DE CARVALHO, C. H. R.; PEREIRA, R. H. M. **Efeitos da variação da tarifa e da renda da população sobre a demanda de transporte público coletivo urbano no Brasil.** Texto para Discussão, 2011.

DISPLAY DE PONTO DE PARADA: Auxílio ao cliente RMTC. RMTC, 2010. Disponível em: <https://www.rmtcgoiania.com.br/>. Acesso em: 13 maio 2024.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME (UN-HABITAT). **Urbanization and Development: Emerging Futures**. [s.l.] UN HABITAT, 2016.

ECONODATA. **Empresa Caraca Transportes e Turismo Ltda**. Disponível em: <https://www.econodata.com.br/consulta-empresa/01200710000128-EMPRESA-CARACA-TRANSPORTES-E-TURISMO-LTDA>. Acesso em: 08 set. 2024.

FIGUEIREDO, L. M. B. **Sistemas de transporte coletivo e tecnologias inteligentes: uma análise da implementação de ITS em centros urbanos.** Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

FREITAS, A. M. **Implementação de sistemas inteligentes de transporte: estudo de caso de um centro de controle operacional. 2020**. Tese (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal de Pernambuco.

GOOGLE. Rua São Vicente de Paula, 123. Google Street View. 2024. Disponível em: https://www.google.com/streetview/. Acesso em: 12 out. 2024.

GOOGLE. Rua João Pinheiro. Google Street View. 2024. Disponível em: https://www.google.com/streetview/. Acesso em: 12 out. 2024.

GOMES, J. P. **Mobilidade Urbana Sustentável: A Integração do Transporte Público e Privado**. Editora Saraiva, 2015.

GOMES, A. A.; MELLO, R. C. **A influência dos sistemas de transporte inteligente na eficiência do transporte urbano**. *Revista Brasileira de Engenharia e Ciências*, v. 10, n. 1, p. 85–102, 2016.

GUERREIRO, J. M. **Transporte Coletivo e Mobilidade Urbana: Perspectivas e Desafios.** 2017. Tese (Mestrado em Planejamento Urbano) – Universidade de São Paulo.

INOVA. **Itinerário interno**. *sd.* Disponível em: https://www.inova.ind.br/produto/itinerario_interno. Acesso em: 20 set. 2024.

IPMARKET**. Sistemas de áudio IP e sonorização Axis Communications**. Disponível em: https://www.ipmarket.com.br/sistemas-de-audio-ip-e-sonorizacao-axis-communications/. Acesso em: 20 set. 2024.

IMASIC. **CFTV: o que é e para que serve?.** Disponível em: https://www.imasic.com.br/cftv-o-que-e-e-para-que-serve/. Acesso em: 20 set. 2024.

JOSÉ, A. S. **Sistema de transporte público coletivo: subsídios para a elaboração de uma proposta de melhorias**. Universidade Federal de Pernambuco, 2009.

LOURENÇO, J. R. **Monitoramento e avaliação das políticas públicas: integração dos sistemas de transporte.** 2017. Universidade Federal do Paraná.

MARQUES, G.; COSTA, A. **Transporte público e políticas públicas**. Editora

FGV, 2019.

MARTINS, P. **Sistemas de Transporte Inteligentes: O Caso dos BRTs**. EdUFMG, 2022.

NASCIMENTO, L. H. **Sistema de Transporte Coletivo: Características e Propostas de Melhoria.** Universidade Federal de São Carlos, 2010.

NTU - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. Em marcha lenta. 2023. Disponível em: https://www.ntu.org.br/novo/ckfinder/userfiles/files/Capa61.pdf. Acesso em: 21 set. 2024.

SANTOS, M. A. **Mobilidade Urbana e Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Editora Hucitec, 2016.

SEADE. **Banco de Dados de Mobilidade.** Disponível em: <https://www.seade.gov.br/>. Acesso em: 14 jan. 2024.

SOUZA, R. A.; ALMEIDA, S. L. **Transporte Coletivo Urbano e Desenvolvimento Sustentável.** Editora Atlas, 2015.

STOJANOVIC, J. **Planejamento e gestão do transporte urbano.** São Paulo: Editora Pioneira, 2011.

TAVARES, J. B. **Tendências e perspectivas dos sistemas de transporte urbano.** Rio de Janeiro: Editora LTC, 2019.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO FORMULÁRIO GOOGLE

Pesquisa sobre Componentes Inteligentes de Transportes

Prezado(a), me chamo Matheus Lucas Rezende, sou estudante de Engenharia Urbana na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), tenho como intuito divulgar este questionário para elaboração do Projeto Final de Curso sobre Componentes Inteligentes de Transportes (da sigla em inglês ITS - Intelligent Transportation System) que estão presentes sistemas de transporte coletivo por ônibus nos municípios de: Barão de Cocais, Catas Altas, Itabirito, Mariana, Ouro Preto e Santa Bárbara

Este questionário é curto e possui estimativa de resposta em cerca de 10 minutos.

Em caso de dúvidas, por gentileza contatar a equipe responsável pelo projeto.

Matheus Lucas Rezende
matheus.lr@aluno.ufop.edu.br

Profa. Orientadora Bárbara Abreu Matos
barbara.matos@ufop.edu.br

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Identificação da empresa/município

1. 1.1 Prefeitura ou empresa de transporte a qual você está vinculado(a) *

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Prefeitura Municipal
- ( ) Consórcio Rota Real (Ouro Preto)
- ( ) Transcotta (Mariana)
- ( ) SV Transportes (Itabirito)
- ( ) Empresa Caraca (Barão de Cocais, Catas Altas e Santa Bárbara)
- ( ) Outro: _____

2. 1.2 Município vinculado *

Marcar apenas uma oval.

- Barão de Cocais
- Catas Altas
- Itabirito
- Mariana
- Ouro Preto
- Santa Bárbara

3. 1.3 Cargo na empresa ou prefeitura *

_____

4. 1.4 Grau de escolaridade *

Marcar apenas uma oval.

- Ensino Fundamental Incompleto
- Ensino Fundamental Completo
- Ensino Médio Incompleto
- Ensino Médio Completo
- Ensino Superior Incompleto
- Ensino Superior Completo
- Pós-graduação: Especialização
- Pós-graduação: Mestrado
- Pós-graduação: Doutorado

2. Componentes ITS presentes no sistema de transporte coletivo por ônibus do município

Os ITS conhecidos mundialmente por Intelligent Transportation Systems integram "programas que envolvem aplicações e interação de um grupo de tecnologias avançadas destinadas a fazer os sistemas de transportes operarem com mais segurança e eficiência". Utilizam de tecnologias de processamento de informação e comunicação, navegação, sensoriamento, eficiência das vias, melhoria na segurança viária, mobilidade, redução dos custos sociais, pela redução do tempo de espera dos usuários e dos impactos ambientais causados. Alguns exemplos de ITS são: TV multimídia, Displays de terminais, SAC, site, displays de paradas, etc.
Fonte: (Shaheen, S.; Finson, R. Intelligent Transportation Systems.
UC Berkeley: Transportation Sustainability Research Center, 2013.)

Nas perguntas a seguir serão apresentados os principais componentes de ITS e você deve indicar se ele já existe no sistema de transporte coletivo por ônibus, se não existe, se há previsão de implementação ou se não há previsão de implementação.

Exemplos de componentes ITS usuais.

2.1 Componentes de ITS nos veículos de transporte coletivo por ônibus

A seguir serão apresentados componentes de ITS usualmente presentes em veículos de transporte coletivo por ônibus, a partir disso assinale a alternativa correspondente a sua existência ou não no município.

5. 2.1.1 A **TV multimídia** refere-se a um sistema de entretenimento instalado no transporte público. Esse sistema normalmente consiste em telas de vídeo montadas nos veículos, que exibem uma variedade de conteúdos, como notícias, programas de TV, anúncios publicitários, informações sobre rotas e destinos, entre outros. Fonte: TV Bus. **TV Player**, Londrina, 2024. Disponível em: [https://www.tvplayer.com.br/]. Acesso em: 13 de Maio de 2024. *

Figura 1 - Exemplo de TV multimídia. Fonte: A.S Service, 2023.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

6. 2.1.2 **CFTV**, ou **Circuito Fechado de Televisão**, refere-se à instalação de câmeras de segurança dentro dos veículos para monitoramento e gravação de atividades que ocorrem no interior. Essas câmeras são estrategicamente posicionadas em diferentes áreas do ônibus para fornecer uma cobertura abrangente. Fonte: O que é Sistema CFTV? Monitoramento por Circuito Fechado de Câmeras. **Controle**, 2024. Disponível em [https://www.controle.net/faq/cftv]. Acesso em: 13 de Maio de 2024. *

Figura 2 - Exemplo de CFTV. Fonte: KangeStudio via Getty Images, 2024.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

7. 2.1.3 **Áudio embarcado** refere-se ao sistema de reprodução de som integrado em um veículo ou equipamento. No contexto de transporte público, o áudio embarcado pode incluir anúncios de estações, informações sobre o trajeto, mensagens de segurança, avisos de chegada e partida, entre outros. *

Fonte: Sistema embarcado de ônibus integrado. **Consilux**, 2024. Disponível em [https://www.consilux.com.br/]. Acesso em: 13 de Maio de 2024.

Figura 3 - Exemplo de Áudio Embarcado. Fonte: dreamstime, 2024.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

8. 2.1.4 Os **displays de ponto de parada** nos ônibus são telas ou painéis instalados dentro dos veículos que exibem informações sobre as próximas paradas ao longo da rota. Esses displays são especialmente úteis em sistemas de transporte público para fornecer aos passageiros uma indicação clara de onde devem descer, especialmente em rotas mais longas ou complexas. *

Fonte: Display de Ponto de Parada: auxílio ao cliente RMTC. **RMTC**, 2010. Disponível em [https://www.rmtcgoiania.com.br/]. Acesso em: 13 de Maio de 2024.

Figura 4 - Exemplo de Display de ponto de parada. Fonte: RMTC, 2016.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

9. 2.1.6 O **Wireless Application Protocol (WAP)** em transporte coletivo refere-se ao uso dessa tecnologia para fornecer acesso à internet e a serviços online aos passageiros durante suas viagens em ônibus, trens, metrôs ou outras formas de transporte público. Fonte: Wireless Application Protocol WAP. **PoP,** 2000. Disponível em [https://pop-rs.rnp.br/]. Acesso em: 13 de Maio de 2024. *

Figura 5 - Exemplo de Wireless Application Protocol. Fonte: Diário de Marília, 2016.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

10. 2.1.7 A **Bilhetagem Eletrônica** em transporte coletivo refere-se na aquisição de créditos de viagens antecipadamente, que são gravadas em dispositivos, como exemplo os cartões. Fonte: Sistemas Inteligentes de Transporte. ANTP, 2012. Disponível em [Sistemas Inteligentes de Transporte]. Acesso em: 13 de Maio de 2024. *

Figura 6 - Exemplo de Bilhetagem Eletrônica. Fonte: Prefeitura de Maceió, 2023.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

2.2 Componentes de ITS da infraestrutura de transporte coletivo por ônibus

A seguir serão apresentados componentes de ITS usualmente presentes na infraestrutura do transporte coletivo por ônibus, a partir disso assinale a alternativa correspondente a sua existência ou não no município.

11. 2.2.1 **CFTV nas estações/terminais** se refere à instalação de sistemas de Circuito Fechado de Televisão (câmeras) em áreas de espera, plataformas ou dentro das próprias estações de transporte público, como terminais de ônibus. *

Fonte: O que é Sistema CFTV? Monitoramento por Circuito Fechado de Câmeras. **Controle**, 2024. Disponível em [https://www.controle.net/faq/cftv]. Acesso em: 13 de Maio de 2024.

Figura 7 - Exemplo de CFTV nas estações/terminais. Fonte: Gazeta do Povo, 2012.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.
- ( ) Não se aplica ao município pesquisado, pois não há estação/terminal

12. 2.2.2 **Displays de terminais ou estações** são telas de exibição instaladas em áreas de espera, plataformas ou dentro das próprias estações de transporte público, como estações de ônibus. Esses displays têm o propósito de fornecer informações úteis aos passageiros. Fonte: Aplicações para paineis estacionários. **Luminator**, 2024. Disponível em [https://luminator.com/pt/]. Acesso em: 13 de Maio de 2024. *

Figura 8 - Exemplo de Displays de terminais ou estações. Fonte: Prefeitura de Jundiaí, 2021.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.
- ( ) Não se aplica ao município pesquisado pois não há estação/terminal

13. 2.2.3 O **sistema de som em estações/terminais** é uma infraestrutura de áudio instalada em áreas de espera, plataformas ou dentro das próprias instalações do terminal para fornecer informações aos passageiros e ao público em geral. Fonte: Conheça o sistema de áudio IP em terminais de ônibus em Goiânia. **Discabos**, 2021. Disponível em [https://discabos.com.br/]. Acesso em: 13 de Maio de 2024. *

Figura 9 - Exemplo de sistema de som em estações/terminais. Fonte: HTEC, 2024.

Marcar apenas uma oval.

- Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.
- Não se aplica ao município pesquisado pois não há estação/terminal

2.3 Componentes de ITS auxiliares no planejamento e gestão do transporte coletivo por ônibus

A seguir serão apresentados componentes de ITS usualmente auxiliares no planejamento e gestão do transporte coletivo por ônibus, a partir disso assinale a alternativa correspondente a sua existência ou não no município.

14. 2.3.1 O **Centro de Controle Operacional (CCO)** abriga o comando e a supervisão da operação e o local onde devem estar concentradas as informações e os recursos para manter ou restaurar a regularidade da operação. *

Fonte: Centro de Controle Operacional (CCO): o que é, como montar, vantagens e app. **kartado**, 2024. Disponível em [https://kartado.com.br/]. Acesso em: 13 de Maio de 2024.

Figura 10 - Exemplo de Centro de Controle Operacional. Fonte: Folha dos Lagos, 2020.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

15. 2.3.2 Um **Sistema de Planejamento Operacional** refere-se a uma plataforma ou conjunto de ferramentas que auxiliam na gestão e na otimização das operações de transporte público ou privado. Como exemplo: planejamento de rotas, horários de operação das linhas, monitoramento em tempo real da localização e desempenho dos veículos. *

Fonte: ARAÚJO, S. **Sistema de Informação para o planejamento operacional do transporte coletivo urbano: aplicado a região metropolitana do Recife**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

16. 2.3.3 Um **videowall** em um Centro de Controle Operacional é uma instalação composta por uma matriz de telas de vídeo de alta resolução, montadas lado a lado para formar uma grande superfície de exibição. Esses videowalls são utilizados para visualização de múltiplas fontes de informação de forma simultânea, o que é particularmente útil em ambientes de monitoramento e controle. *

Fonte: Video Wall: o que é, como funciona e porque investir nesta tecnologia. **screencorp**, 2024. Disponível em [https://blog.screencorp.com.br/video-wall/]. Acesso em: 13 de Maio de 2024.

Figura 11 - Exemplo de videowall. Fonte: Folha dos Lagos, 2020.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

17. 2.3.4 Um **roteirizador de viagens** em transporte coletivo é uma ferramenta ou sistema que ajuda os usuários a planejar suas viagens utilizando os serviços de transporte público disponíveis em uma determinada área. *

Fonte: O que é um roteirizador? **hivecloud**, 2023. Disponível em [https://www.hivecloud.com.br/.]. Acesso em: 13 de Maio de 2024.

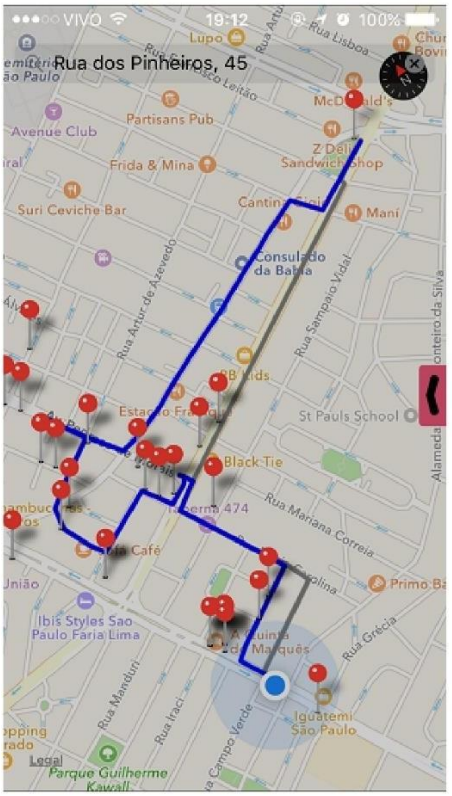

Figura 12 - Exemplo de roteirizador de viagem. Fonte: Outra Cidade, 2016.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

18. 2.3.5 O uso de **SMS (Short Message Service)** em transporte coletivo refere-se à prática de enviar mensagens de texto para passageiros para fornecer informações importantes sobre o serviço de transporte, atualizações de horários, alertas de atrasos ou interrupções, promoções especiais, entre outros fins relacionados. Fonte: O que é SMS? **VCX**, 2022. Disponível em [https://vcx.solutions/o-que-e-sms/]. Acesso em: 13 de Maio de 2024. *

Figura 13 - Exemplo de SMS. Fonte: Thássius Veloso/ Tecnoblog, 2024.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

19. 2.3.6 **Sistemas de mapas digitais em transporte coletivo** são aplicativos, plataformas ou sistemas online que fornecem informações detalhadas sobre rotas, horários, paradas e outras características do sistema de transporte público de uma determinada área. Esses sistemas são projetados para ajudar os passageiros a planejar suas viagens, encontrar rotas eficientes e se locomover pela cidade utilizando ônibus, trens, metrôs ou outras formas de transporte coletivo. *

Fonte: O que são mapas digitais? **Economapas**, 2024. Disponível em [https://blog.economapas.com.br/mapa-digital/]. Acesso em: 13 de Maio de 2024.

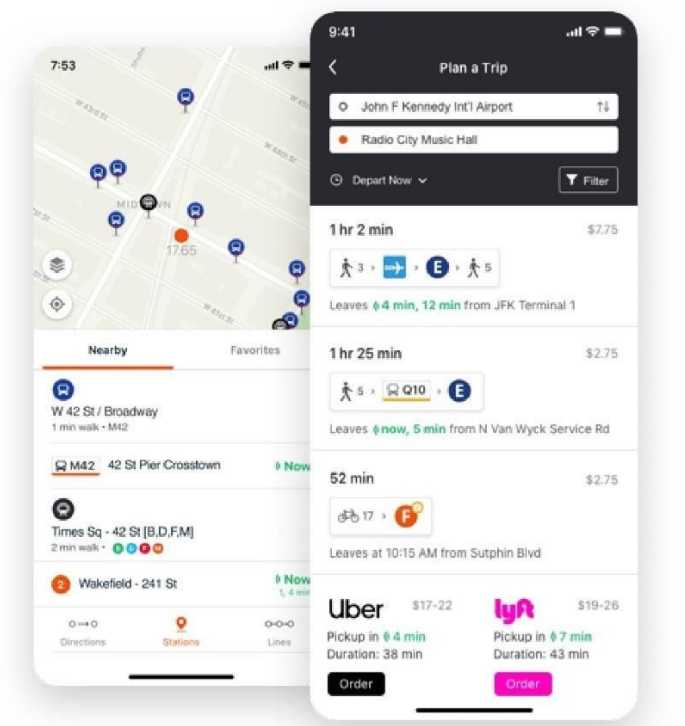

Figura 14 - Exemplo de sistema de mapas digitais. Fonte: Moovit, 2024.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

20. 2.3.7 Um **Site** é uma plataforma online projetada para fornecer informações e serviços relacionados ao sistema de transporte público de uma determinada região. *

Fonte: O que é site? **Hostinger**, 2024. Disponível em [https://www.hostinger.com.br/tutoriais/o-que-e-site]. Acesso em: 13 de Maio de 2024.

Figura 15 - Exemplo de site. Fonte: Consórcio Rota Real, 2024.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

21. 2.3.8 **SAC** é a sigla para Serviço de Atendimento ao Consumidor, um departamento ou setor de uma empresa ou organização responsável por lidar com questões relacionadas a clientes, como dúvidas, reclamações, sugestões, elogios e solicitações de informações. *
Fonte: O que é SAC? **Zendesk**, 2024. Disponível em [https://www.zendesk.com.br/blog/o-que-sac/]. Acesso em: 13 de Maio de 2024.

Figura 16 - Exemplo de SAC. Fonte: Evolux, 2024.

Marcar apenas uma oval.

- ( ) Esse componente encontra-se em funcionamento no sistema de transporte coletivo por ônibus do município.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo e não há previsão de ser implementado.
- ( ) Esse componente não existe no sistema de transporte coletivo, porém está previsto para ser implementado.

22. No seu ponto de vista, se fossem implementar componentes ITS, quais seriam prioritários na implementação? *

Indique cinco alternativas consideradas prioritárias:

Marque todas que se aplicam.

- [ ] TV multimídia
- [ ] Displays de terminais/estação
- [ ] CFTV nos ônibus
- [ ] Áudio embarcado
- [ ] CFTV terminais/estação
- [ ] Displays ponto de parada
- [ ] Sistema de som dos terminais
- [ ] Videowall CCO
- [ ] CCO - Centro de Controle Operacional
- [ ] Roteirizador de viagens
- [ ] SMS - Short Message Service
- [ ] Sistema de mapas digitais
- [ ] WAP - Wireless Application Protocol
- [ ] Site
- [ ] SAC - Serviço de Atendimento ao Consumidor

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários