



Estado de  
**GOIÁS**



**ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA,  
ECONÔMICA, SOCIAL, AMBIENTAL E  
JURÍDICO-LEGAL (EVTESAL) PARA A  
IMPLANTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA DE  
TRANSPORTE DE PASSAGEIROS DE MÉDIA-ALTA  
CAPACIDADE NO TRECHO COMPREENDIDO  
ENTRE O MUNICÍPIO DE LUZIÂNIA (GO) E A  
REGIÃO ADMINISTRATIVA (RA)  
DE SANTA MARIA (DF)**

**PRODUTO II.A – RELATÓRIO DE ESTUDO DE  
TRAÇADO E DE DEMANDA**

**MARÇO/2026**



**ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA,  
SOCIAL, AMBIENTAL E JURÍDICO-LEGAL (EVTESAL)  
PARA A IMPLANTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA DE  
TRANSPORTE DE PASSAGEIROS DE MÉDIA-ALTA  
CAPACIDADE NO TRECHO COMPREENDIDO ENTRE  
O MUNICÍPIO DE LUZIÂNIA (GO) E A REGIÃO  
ADMINISTRATIVA (RA) DE SANTA MARIA (DF)**

**PRODUTO II.A – RELATÓRIO DE ESTUDO DE TRAÇADO E DE  
DEMANDA**

**MARÇO/2026**

# FICHA TÉCNICA

## Governo do Estado de Goiás

**Governador do Estado de Goiás**  
Ronaldo Caiado

**Subsecretário de Políticas para Cidades e Transporte**  
Miguel Angelo Pricinote

**Fiscal do Contrato nº 36/2025 – SGG**  
Jean Damas da Costa

**Secretário-Geral de Governo**  
Adriano da Rocha Lima

**Gestor do Contrato nº 36/2025 – SGG**  
Cassiano de Brito Rocha

---

## Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

**Reitor**  
Irineu Manoel de Souza, Dr.

**Diretor do Centro Tecnológico**  
Sérgio Peters, Dr.

**Vice-Reitora**  
Joana Célia dos Passos, Dr.a.

**Chefe do Depto. de Engenharia Civil**  
Luciana Rohde, Dr.a.

---

## Laboratório de Transportes e Logística (LabTrans)

**Supervisor do LabTrans e Coordenador Geral do Contrato**  
Wellington Longuini Repette, Dr.

**Supervisor Técnico**  
Amir Mattar Valente, Dr.

**Coordenador da Equipe de Transporte de Passageiros e Mobilidade Urbana**  
Rodolfo Nicolazzi Philippi, M.Sc.

### Equipe Técnica Fapeu/LabTrans/UFSC

Allan Diego Bockor – Eng. Civil, M.Sc.  
Giovana Nunes – Arquiteta e Urbanista  
Isabela B. Martins – Arquiteta e Urbanista, M.Sc.  
Marcus Vinicius B. Inácio Britez – Eng. Civil, M.Sc.  
Michele Staub de Brito – Arquiteta e Urbanista  
Victor Marques Caldeira – Eng. Civil, Dr.

### Apoio técnico

Erik Cardoso Raulino – Graduando em Geografia  
Gabriel Martins Folador – Graduando em Eng. Civil  
Guilherme M. O. Lima – Graduando em Geografia  
Kamilly Alana Vendrami – Graduanda em Geografia

### Consultores técnicos

Alan Ricardo da Silva – Estatístico, Dr.  
Alex Ruffeil Cristino – Biólogo, M.Sc.  
Fernando de Melo e Silva – Eng. Civil, M.Sc.  
Flavia Nascimento Pureza Mello – Eng. Civil, MBA

### Equipe de Comunicação

Danton H. Santos D´Almeida – Revisão  
Emmanuele Amaral Santos – Revisão  
João Pedro Scremin Ramos – Design  
Kalylle Isse Pinon Ramos – Revisão  
Maria Laura Rosa e Royer – Design  
Mariáh F. Rodrigues de Sousa – Design  
Rian Fabiano Venêzio – Revisão

### Apoio Administrativo

Daniela Vogel – Administradora  
Graziela Bonin – Bibliotecária  
Marciel Santos – Administrador  
Sisto Faraco Junior – Eng. Civil  
Violeta de S. P. Aranda – Sec. executiva  
Viviani Cabral – Assessora administrativa

# SOBRE O DOCUMENTO

Este documento atende aos termos do Contrato nº 36/2025-SGG entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por meio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (Fapeu), e a Secretaria-Geral de Governo (SGG) do Estado de Goiás, com o objetivo de prestar serviços de engenharia especializados no desenvolvimento de Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica, Social, Ambiental e Jurídico-Legal (EVTESAL), visando à implantação de infraestrutura de transporte de passageiros de média-alta capacidade no trecho compreendido entre o município de Luziânia em Goiás (GO) e a Região Administrativa (RA) de Santa Maria no Distrito Federal (DF).

Os serviços de engenharia especializados estão divididos em quatro fases, para as quais foram definidos os seguintes produtos:

## Primeira fase:

- A. Produto I.A – Relatório de levantamento de dados referentes à base de conhecimento.
- B. Produto I.B – Relatório de levantamento de dados referente à pesquisa de campo e dados ambientais.
- C. Produto I.C – Relatório de caracterização do trecho.

## Segunda fase:

- D. Produto II.A – Relatório de estudo de traçado e de demanda.
- E. Produto II.B – Relatório referente à integração com os sistemas de mobilidade locais, viabilidade ambiental, custos e receitas.

## Terceira fase:

- F. Produto III – Análise jurídico-legal e modelagem econômica.

## Quarta fase:

- G. Produto IV – Apoio à apresentação em audiência pública.

Do Plano de Trabalho, importa destacar os objetivos do estudo, quais sejam:

- 1) Identificação das condições de viabilidade de implantação de sistemas de transporte de passageiros de média-alta capacidade de caráter regional.
- 2) Análise das alternativas tecnológicas possíveis de implantação.
- 3) Estabelecimento de quadro de informações necessárias que sirvam de apoio à tomada de decisão, produzindo resultados não somente

quanto à atratividade do investimento, seja do ponto de vista do interesse privado ou do público, mas também quanto à efetividade, apontando parceiros ou sócios interessados na implantação desses projetos.

O presente relatório corresponde ao Produto II.A, o qual apresenta indicações referentes às possibilidades de transporte de média-alta capacidade existentes, demandas observadas na Área de Estudo, modo de transporte e traçado propostos para ligação entre Luziânia (GO) e a RA de Santa Maria (DF).

Essas informações compreendem o início da segunda fase das atividades previstas para o estudo, que terão na sequência a análise de integração com os sistemas de mobilidade locais, a viabilidade ambiental, os custos e as receitas.

# SUMÁRIO

|       |                                                                            |     |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1     | Introdução.....                                                            | 7   |
| 2     | Transporte Público Coletivo de Média e Alta Capacidade (TPC-MAC).....      | 8   |
| 2.1   | BRT ( <i>Bus Rapid Transit</i> ) .....                                     | 12  |
| 2.1.1 | Características .....                                                      | 12  |
| 2.1.2 | Exemplos de operações.....                                                 | 14  |
| 2.2   | VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) .....                                     | 26  |
| 2.2.1 | Características .....                                                      | 27  |
| 2.2.2 | Exemplos de operações.....                                                 | 28  |
| 2.3   | Trem de passageiros .....                                                  | 41  |
| 2.3.1 | Características .....                                                      | 41  |
| 2.3.2 | Exemplos de operações.....                                                 | 42  |
| 3     | Estudo de traçado e de modo.....                                           | 48  |
| 3.1   | Parecer técnico referente às alternativas de traçado.....                  | 48  |
| 3.1.1 | Utilização da linha férrea existente.....                                  | 48  |
| 3.1.2 | Proposição de novo traçado .....                                           | 50  |
| 3.1.3 | Pontos de atenção .....                                                    | 56  |
| 3.1.4 | Caracterização do solo .....                                               | 63  |
| 3.2   | Parecer técnico referente às alternativas de modo a ser implementado ..... | 65  |
| 3.2.1 | Custo de implantação.....                                                  | 65  |
| 3.2.2 | Compatibilidade operacional.....                                           | 68  |
| 3.2.3 | Capacidade operacional .....                                               | 69  |
| 3.3   | Estações e outras instalações .....                                        | 70  |
| 3.4   | Conclusão .....                                                            | 74  |
| 4     | Estudo de demanda.....                                                     | 76  |
| 4.1   | Delimitação da área de influência.....                                     | 76  |
| 4.1.1 | Área de Estudo.....                                                        | 76  |
| 4.1.2 | Zonas de tráfego .....                                                     | 77  |
| 4.2   | Pesquisa de Origem e Destino (O/D).....                                    | 79  |
| 4.3   | Matriz O/D.....                                                            | 80  |
| 4.3.1 | Validação da Matriz O/D .....                                              | 85  |
| 4.4   | Projeção de demanda .....                                                  | 93  |
| 5     | Considerações e encaminhamentos .....                                      | 101 |
|       | Referências.....                                                           | 104 |
|       | Lista de siglas .....                                                      | 112 |

Lista de tabelas ..... 114

Lista de gráficos..... 114

Lista de figuras ..... 114

# 1 INTRODUÇÃO

O presente documento corresponde ao Produto II.A – Relatório de estudo de traçado e de demanda, que compõe a segunda fase do Plano de Trabalho para a elaboração do EVTESAL pertinente à implantação de infraestrutura de transporte de passageiros de média-alta capacidade no trecho compreendido entre o município de Luziânia (GO) e a RA de Santa Maria (DF).

Desse modo, o presente documento é composto por três tópicos principais:

- I. Transporte público coletivo de média e alta capacidade.
- II. Estudo de traçado e de modo.
- III. Estudo de demanda.

O primeiro tópico apresenta possíveis modos de transporte de média/alta capacidade existentes, com caracterização e exemplos de utilizações desses modos, que contribuem para definições a respeito do modo indicado para o trecho deste EVTESAL. O segundo tópico apresenta a opção de traçado e de modo indicado, informações sobre estações e outras instalações necessárias. Por fim, o terceiro tópico apresenta as informações de demanda obtidas de pesquisas e análises na Área de Estudo.

Dessa forma, o presente documento estabelece itens fundamentais para a conclusão do estudo, uma vez que apresenta dados de demanda, modo de transporte e traçado, como consequências dos estudos realizados na primeira fase.

Este documento está organizado em mais quatro capítulos. O capítulo 2 apresenta os modos de transporte de média e alta capacidade considerados no estudo, junto com suas caracterizações e exemplificações de implantações nacionais e internacionais.

O capítulo 3 aborda a proposta de traçado e do modo de transporte apresentados, junto com parecer técnico referente às indicações propostas para a ligação desse EVTESAL, além de destacar a necessidade de implantação de estações e outras instalações necessárias.

O capítulo 4 compreende os resultados da pesquisa de Origem e Destino (O/D), bem como as análises e conclusões oriundas delas com destaque para a matriz O/D e para projeção de demanda.

Por fim, o capítulo 5 tece considerações gerais sobre o presente produto e dá encaminhamentos para as etapas posteriores do EVTESAL.

## 2 TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO DE MÉDIA E ALTA CAPACIDADE (TPC-MAC)

Os modos de transporte de média e alta capacidade distinguem-se por operar em corredores estruturados, dotados de infraestrutura adequada para assegurar o transporte eficiente de grandes volumes de passageiros em áreas urbanas, por meio da priorização da circulação nas vias (ITDP, 2019). São infraestruturas de transporte de média e alta capacidade: *Bus Rapid Transit* (BRT), Veículo Leve sobre Trilhos (VLT), mon trilhos, trens, metrô e barcas (ITDP, 2019).

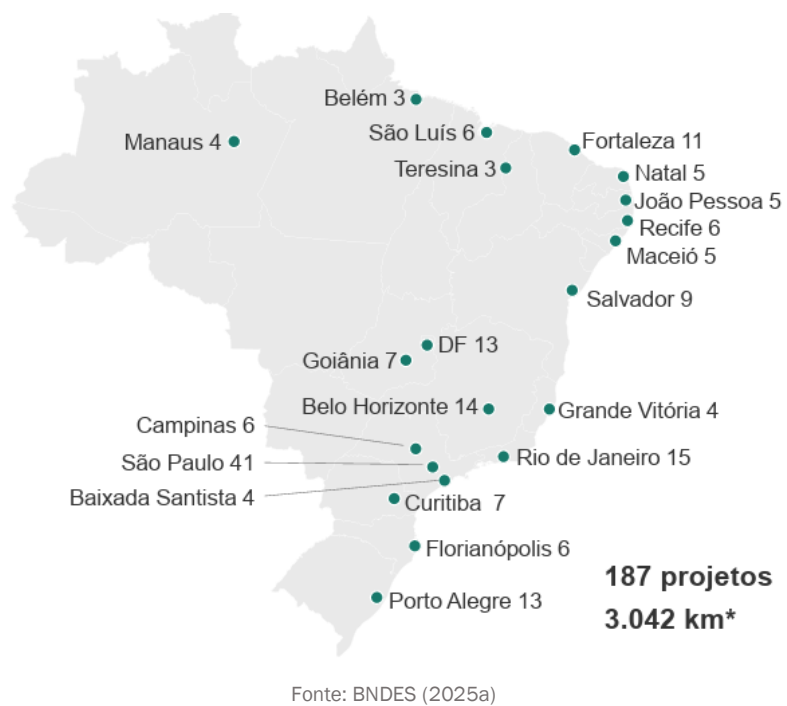
Além do benefício principal, que consiste no transporte de passageiros, a implantação de redes de TPC-MAC proporciona uma série de benefícios adicionais que não são captados quando a análise se restringe apenas aos custos e às receitas, a saber (BNDES, 2025a):

- Redução do tempo de deslocamento.
- Redução de sinistros.
- Redução de emissões.
- Redução do custo operacional.
- Incremento de acesso a oportunidades.
- Aumento do conforto dos usuários.
- Valorização do espaço urbano.
- Valorização imobiliária.
- Redução da poluição sonora.
- Geração de empregos.

No presente, o Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), em parceria com o Ministério das Cidades, está realizando o Estudo Nacional de Mobilidade Urbana (ENMU) que tem mostrado em seus boletins informações relevantes sobre o cenário atual da mobilidade urbana no Brasil, incluindo os dados de TPC-MAC (BNDES, 2025b).

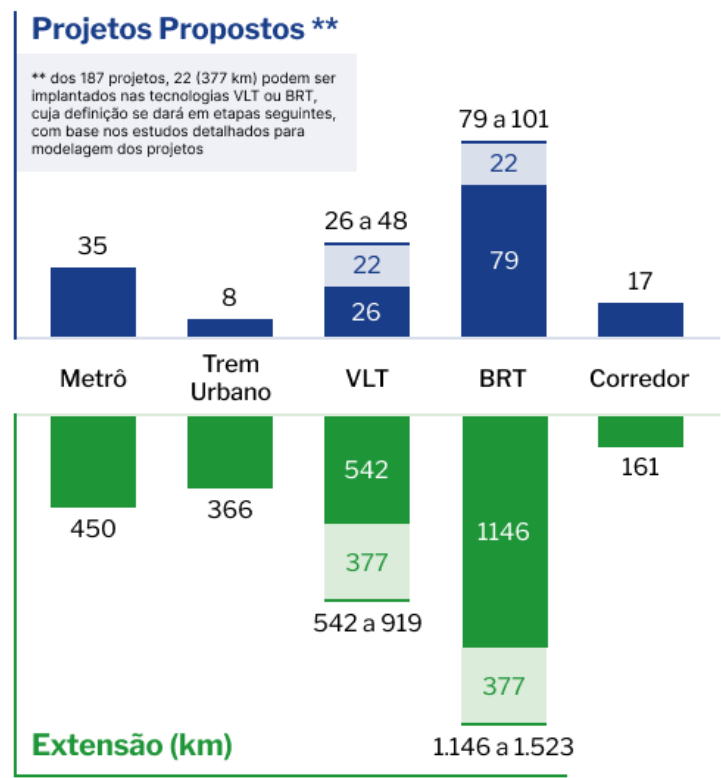
Dentre as informações disponibilizadas, o boletim informativo n. 5, datado em outubro de 2025, apresenta um levantamento do total de projetos propostos atualmente nas 21 Regiões Metropolitanas (RMs) do Brasil, no que se refere a TPC-MAC (BNDES, 2025a). Ao total são 187 projetos, distribuídos entre as RMs, conforme indicado na Figura 1.

Figura 1 – Total de projetos de TPC-MAC propostos por RM



Os projetos considerados totalizam uma malha de TPC-MAC com extensão de 3.042 km, contemplando empreendimentos de metrô, trem urbano, VLT, BRT e corredores de ônibus, conforme a distribuição apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Distribuição dos projetos propostos nas 21 RMs por modo de transporte



Fonte: BNDES (2025a). Adaptação: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Referente à Área de Estudo desse EVTESAL, o estudo do BNDES aponta 7 projetos para a região de Goiânia (GO) e 13 para região do DF, os quais são discriminados na Tabela 1.

Tabela 1 – Novos projetos indicados nas RMs do DF e de Goiânia

| RM/RIDE | REDE<br>BASE<br>(KM) | NOVOS PROJETOS (IMPLANTAÇÕES, EXTENSÕES E REQUALIFICAÇÕES) |    |     |     |     |     |               | REDE<br>FUTURA<br>(KM) |
|---------|----------------------|------------------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|-----|---------------|------------------------|
|         |                      | METRÔ                                                      |    | VLT |     | BRT |     | TOTAL<br>(KM) |                        |
|         |                      | Nº                                                         | KM | Nº  | KM  | Nº  | KM  |               |                        |
| DF      | 109                  | 2                                                          | 3  | 4   | 123 | 7   | 153 | 279           | 362                    |
| Goiânia | 31                   | -                                                          | -  | -   | -   | 7   | 104 | 104           | 134                    |

Fonte: BNDES (2025a). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Não foram identificados projetos de trens urbanos e de corredores de ônibus nas regiões do DF e de Goiânia (GO). As únicas regiões que apresentam projetos de trens são Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP). Em Goiânia (GO), o único modo contemplado é o BRT, enquanto na região do DF esse modo concentra o maior número de projetos, coexistindo, entretanto, com iniciativas de metrô e VLT.

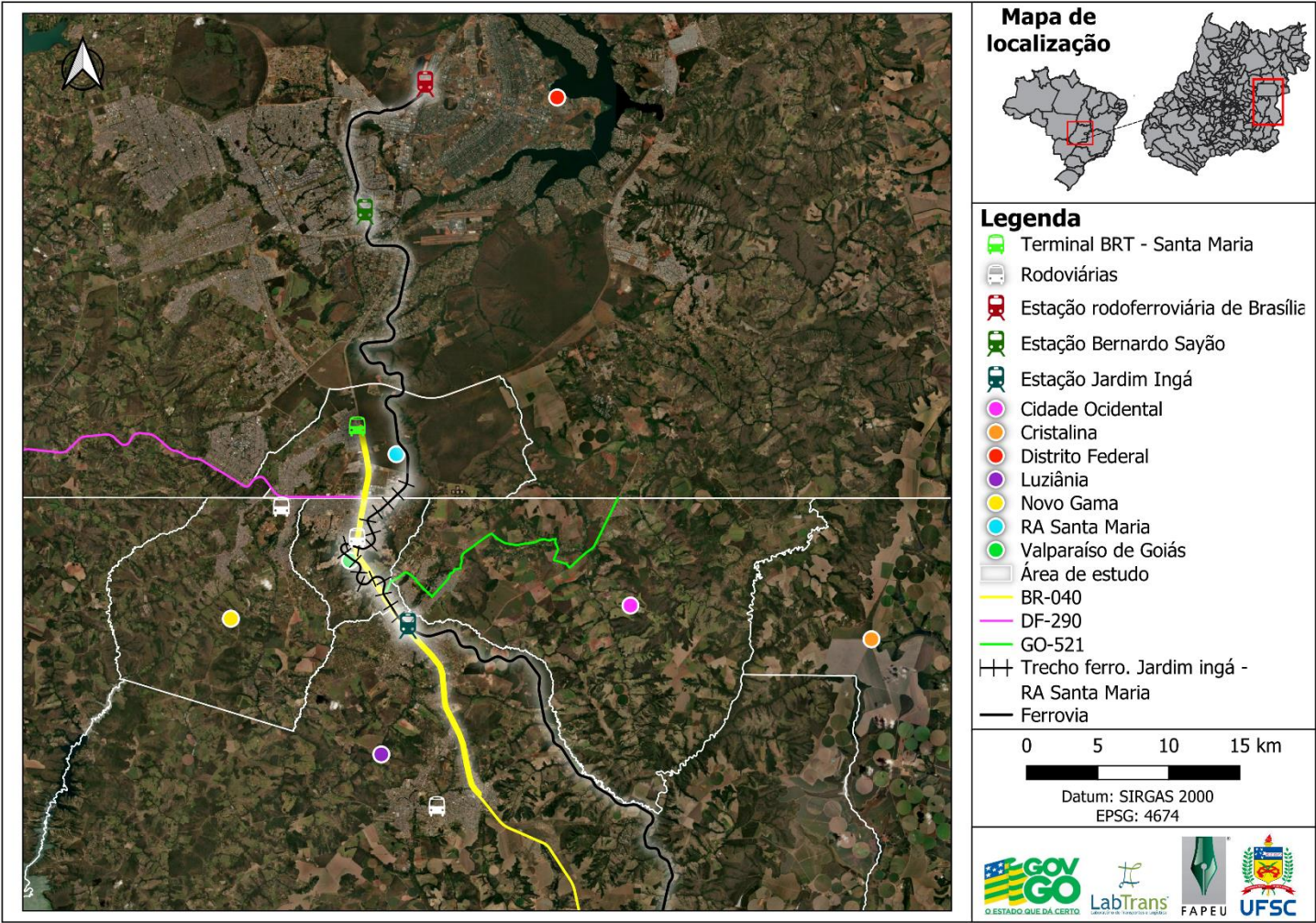
Os modos de transporte de média e alta capacidade considerados, até o momento, com base nos levantamentos já realizados, como alternativas para a ligação entre o município de Luziânia (GO) e a RA de Santa Maria (DF) são os seguintes:

- **Bus Rapid Transit (BRT) – Transporte Rápido por Ônibus:** opera em corredores exclusivos, com estações pré-embarcadas e priorização de tráfego, permitindo maior velocidade operacional e redução de interferências com o tráfego geral.
- **Veículo Leve sobre Trilhos (VLT):** sistema ferroviário urbano que opera em vias segregadas ou compartilhadas, com maior regularidade operacional, baixo ruído e emissões reduzidas.
- **Trem de passageiros:** sistema ferroviário destinado a ligações urbanas ou intermunicipais de maior extensão, operando em vias segregadas e com maior velocidade operacional.

Considerando que os modos analisados operam por meio de rodovia (BRT) ou de trilhos (VLT e Trem de Passageiros), foi realizado, durante o estudo, o levantamento das infraestruturas existentes na ligação da área de investigação.

As respectivas rodovias e ferrovia são apresentadas na Figura 3.

Figura 3 – Infraestruturas de possível suporte consideradas na ligação entre Luziânia (GO) e a RA de Santa Maria (DF)



Fonte: DNIT (2022), IBGE (2022) e ANTT (2024). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2025)

## 2.1 BRT (*BUS RAPID TRANSIT*)

O BRT (*Bus Rapid Transit* - Transporte Rápido por Ônibus) é uma tecnologia de transporte urbano de média capacidade que busca oferecer qualidade de serviço superior aos ônibus convencionais, por meio de melhorias em infraestrutura, veículos e práticas operacionais (Tenenbaum; Rosa, 2013).

Este sistema opera em corredores exclusivos, com estações pré-embarcadas e priorização de tráfego, permitindo maior velocidade operacional e redução de interferências com o tráfego geral. Em se tratando dos custos, sua implementação possui valor inferior a veículos sobre trilhos, como metrô, por exemplo. Um exemplo do BRT é apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Sistema de BRT em operação em Goiânia (GO)



Fonte: Notícia Toda Hora (2025)

### 2.1.1 CARACTERÍSTICAS

O BRT é projetado para atender grandes volumes de passageiros de maneira eficiente, reduzindo a necessidade de múltiplos ônibus e o tempo de espera dos usuários.

Segundo Alexandre (2014), suas principais características assemelham-se ao desempenho de sistemas sobre trilhos, porém com a flexibilidade e o custo reduzido do transporte rodoviário, a saber:

- Corredores exclusivos: Faixas segregadas, apenas para ônibus, evitam o tráfego comum e garantem uma viagem mais rápida.
- Alta capacidade: Veículos articulados ou biarticulados podem transportar um grande número de passageiros, ideal para horários de pico.
- Prioridade semafórica: Os ônibus do BRT podem apresentar prioridade nos cruzamentos, o que contribui para a redução do tempo de viagem.
- Estações com informações em tempo real: As estações do BRT podem ser equipadas com painéis informativos que mostram o tempo de espera para o próximo ônibus, facilitando o planejamento das viagens dos usuários.
- Plataformas de embarque niveladas: Possibilidade de plataformas construídas no mesmo nível do piso dos ônibus, facilitando o acesso e o desembarque dos passageiros, especialmente para pessoas com mobilidade reduzida.
- Sistemas de pagamentos inteligentes: A implantação de sistemas de pagamento eletrônico e pré-pago agiliza o embarque e reduz as filas nas estações.
- Integração com outros modais: Em várias cidades, o BRT é conectado a estações de metrô, trens e outros sistemas de transporte, criando um sistema integrado.

Embora o sistema BRT ofereça diversas vantagens em termos de custo e agilidade, existem desvantagens significativas, especialmente quando comparado a sistemas sobre trilhos (como o VLT ou Metrô) ou devido a problemas de saturação operacional (Alexandre, 2013; Tenenbaum e Rosa, 2013), as principais desvantagens citadas são:

- Saturação e Superlotação: Em áreas de alta demanda, o sistema atinge rapidamente o ponto de saturação, gerando ônibus lotados e desconforto. Isso resulta em dificuldades de embarque e necessidade dos usuários esperarem por vários veículos nos horários de pico.
- Poluição e Ruído: Diferente de sistemas elétricos como o VLT, o BRT gera maior impacto acústico e poluição atmosférica local. O uso de motores a diesel contribui para a emissão de CO<sub>2</sub>, material particulado e óxidos de nitrogênio.
- Menor Conforto e Espaço: Os veículos do sistema são considerados menos espaçosos e confortáveis do que os sistemas sobre trilhos. Esforços para elevar esse padrão de conforto costumam encarecer o projeto e reduzir sua vantagem econômica original.
- Limitação de Escala Econômica: O fator de produção do BRT reduz conforme a frota cresce, tornando-o menos competitivo operacionalmente que o VLT em frotas grandes. Para frotas acima de 230 veículos, o custo operacional sobe consideravelmente, exigindo intervalos muito curtos.

- Fator de Atração Reduzido: O sistema carece do chamado "fator trilho", que possui maior poder de atração de usuários e melhor imagem pública. Os trilhos exercem uma influência superior na valorização do solo e na integração da imagem da cidade.

Diante do exposto, observa-se que o sistema BRT constitui uma solução de transporte coletivo capaz de oferecer elevada capacidade e eficiência operacional, aproximando-se do desempenho de sistemas sobre trilhos, porém com maior flexibilidade e menores custos de implantação e prazos de execução. Suas características técnicas, como corredores exclusivos, prioridade semaforica, sistemas inteligentes e integração modal, tornam-no especialmente adequado para atender demandas elevadas e deslocamentos pendulares.

A existência de algumas limitações relacionadas à saturação operacional e impactos ambientais, indicam que o BRT não é uma solução universal, devendo sua adoção ser cuidadosamente avaliada em função do volume de passageiros, do contexto urbano e dos objetivos de longo prazo do sistema de mobilidade. Assim, a escolha pelo BRT deve resultar de uma análise técnica integrada, comparativa e alinhada ao planejamento urbano e de transporte da cidade.

## **2.1.2 EXEMPLOS DE OPERAÇÕES**

Neste capítulo, serão apresentados e caracterizados três dos principais sistemas de BRT em operação no Brasil, localizados na Região Metropolitana de Goiânia (RMG), em Curitiba (PR) e no Rio de Janeiro (RJ), além de um modelo internacional, utilizado em Bogotá na Colômbia. Essas experiências foram selecionadas por representarem modelos distintos de implementação, gestão e inserção urbana do BRT, além de possuírem relevância nacional e internacional no debate sobre mobilidade urbana sustentável.

### **2.1.2.1 REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA (RMG)**

O BRT da Região Metropolitana de Goiânia (RMG) insere-se como um dos principais componentes da infraestrutura de transporte coletivo do estado de Goiás, em um território que concentra a maior parte da população e das atividades econômicas estaduais. O sistema foi concebido no contexto das políticas de mobilidade urbana vigentes, com o objetivo de ampliar a capacidade do transporte público, melhorar a eficiência dos deslocamentos metropolitanos e atender a diretrizes relacionadas à acessibilidade e à sustentabilidade urbana. O modelo de Goiânia (GO) estrutura-se principalmente em dois eixos: o BRT Leste-Oeste (Eixo Anhanguera) e o BRT Norte-Sul. A Figura 5 ilustra um veículo utilizado no BRT goiano.

Figura 5 – BRT em operação na RMG

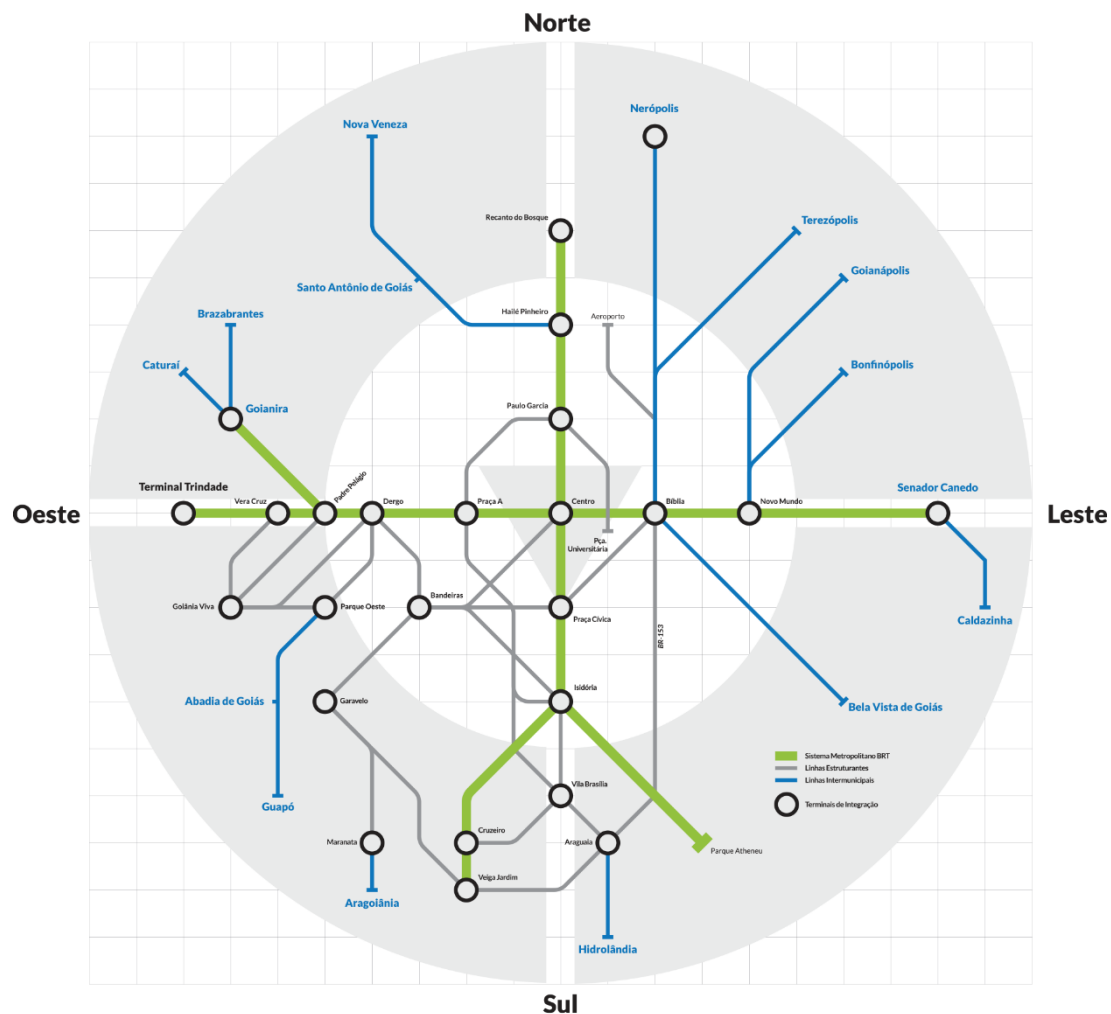


Fonte: O Popular (2025)

O BRT Norte–Sul inicia em Aparecida de Goiânia (GO) e atravessa Goiânia (GO) em toda a sua extensão territorial, com término no Parque Atheneu. O corredor conta, além dos sete terminais, com 31 estações destinadas ao embarque e desembarque de passageiros, ao longo de um percurso aproximado de 29,6 km.

Na região central de Goiânia (GO), mais precisamente na Praça do Bandeirantes, o BRT Norte–Sul conecta com o BRT Leste–Oeste. O sistema está integrado a 136 linhas troncais e alimentadoras do transporte coletivo de Goiânia, além de cinco linhas do BRT Leste–Oeste. Essa integração ocorre no cruzamento da Avenida Anhanguera com a Avenida Goiás (SISTEMA BRT – RMTC GOIÂNIA, 2026). A Figura 6 ilustra a conformação do sistema de BRT da RMG, junto às linhas estruturantes e linhas municipais.

Figura 6 – Eixos estruturantes BRT da RMG



Fonte: Sistema BRT (2025)

O acesso ao sistema pode ser realizado por meio do Bilhete Único Metropolitano, utilizando o mesmo cartão Sitpass adotado nas demais linhas da Rede Metropolitana de Transportes Coletivos da Grande Goiânia (RMTC). O sistema oferece diferentes modalidades de cartão, incluindo opções com benefícios para idosos, estudantes e universitários, além do cartão família e do cartão eventual. Também é possível realizar o pagamento da tarifa diretamente por meio de cartões de crédito ou débito por aproximação.

A tarifa praticada na RMTC, que inclui o sistema de BRT, tem valor de R\$ 4,30 desde 2019. Já a tarifa técnica, que é aquela que efetivamente cobre os custos operacionais, foi reajustada em 2025 para R\$ 12,51, sendo essa diferença subsidiada pelas prefeituras da região e pelo governo do estado (Pelegi, 2025).

Quanto à estrutura e aos recursos disponibilizados, as estações do sistema de BRT contam com painéis e totens informativos, sinalização adequada, acesso gratuito à internet, pontos para recarga de dispositivos móveis, sistema de monitoramento com reconhecimento facial, equipamentos de autoatendimento para recargas e informações atualizadas em tempo real sobre a circulação dos ônibus (Sistema BRT, 2026).

### **2.1.2.2 CURITIBA (PR)**

O sistema BRT de Curitiba (PR) está entre os primeiros locais a implantar um sistema de BRT no mundo, tendo iniciado suas operações em 1974 com a implementação dos primeiros 20 km de vias exclusivas para os então chamados "Ônibus Expressos".

Praticamente todos os componentes essenciais que definem o BRT moderno foram desenvolvidos e aprimorados na capital paranaense entre as décadas de 1970 e 1990, servindo de laboratório para inovações que hoje são aplicadas globalmente (Alexandre, 2013; Tenenbaum e Rosa, 2013). O sistema fundamenta-se na Rede Integrada de Transporte (RIT), cuja lógica central é priorizar o ônibus nos principais eixos viários da cidade, promovendo uma integração eficiente entre linhas troncais de alta capacidade e linhas alimentadoras locais.

Uma das características mais marcantes do modelo curitibano é o uso das estações tubo, que possibilitam o pagamento antecipado da tarifa e o embarque em nível, onde a plataforma da estação fica na mesma altura do piso do veículo (Branco, 2013). Esses elementos são cruciais para reduzir o tempo de parada e agilizar o fluxo de passageiros, permitindo que ônibus articulados e biarticulados operem com um desempenho similar ao de sistemas sobre trilhos. Na Figura 7 observa-se o modelo de estação tubo do município de Curitiba (PR).

Figura 7 - Estação tubo de Curitiba



Fonte: Prefeitura Municipal de Curitiba (2025)

Além da eficiência operacional, o BRT de Curitiba foi planejado em estreita consonância com o planejamento urbano da cidade, induzindo o desenvolvimento econômico ao longo dos corredores e demonstrando que é possível oferecer transporte de massa de alta qualidade com custos de implantação significativamente menores que os do metrô. O sucesso dessa inovação transformou Curitiba em uma referência mundial, inspirando sistemas em cidades como Bogotá (Colômbia), Cidade do México (México) e Johannesburgo (África do Sul), provando que soluções de transporte criativas podem gerar um ambiente urbano mais humano e sustentável (Tenenbaum e Rosa, 2013).

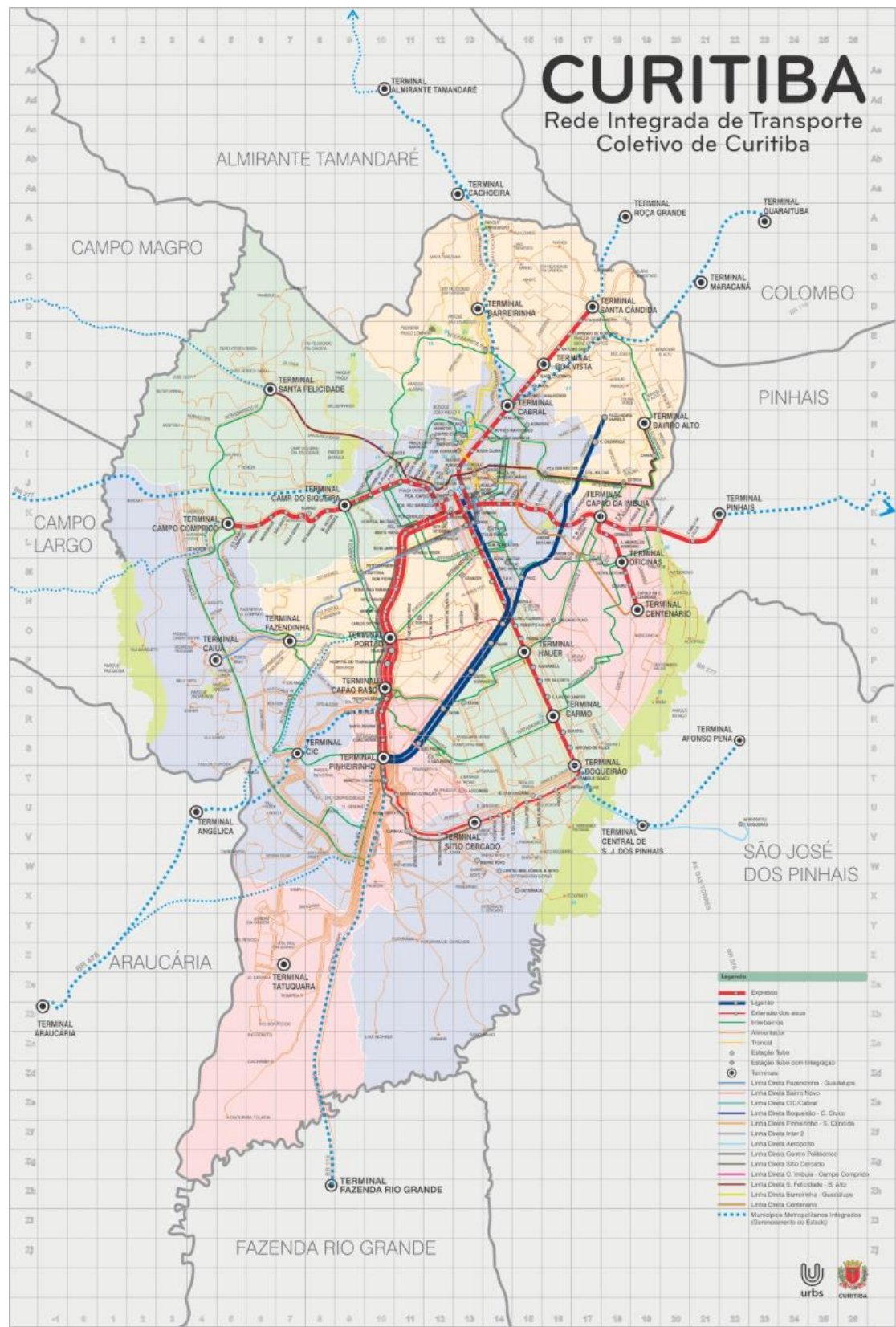
No que diz respeito à RIT curitibana, está em vigência desde março de 2023 no valor de R\$ 6,00. Já aos domingos, a tarifa custa R\$ 3,00. Além disso, estudantes de famílias com renda até 5 (cinco) salários mínimos têm desconto de 50% no pagamento da tarifa (Curitiba, 2025).

As estatísticas de transporte, disponibilizadas pela Prefeitura de Curitiba, mostram que em 2022, as linhas da RIT de Curitiba registraram uma média diária de 240.453 quilômetros percorridos, evidenciando a elevada intensidade operacional do sistema. Trata-se de uma rede estruturada e consolidada, na qual aproximadamente 65% das viagens ocorrem com integração livre, predominantemente nos terminais, o que reforça o caráter integrado e multimodal do transporte coletivo da cidade.

A infraestrutura de prioridade ao transporte público compreende 89 km de vias exclusivas, dos quais 78 km correspondem a corredores BRT, além de 22 Terminais Municipais de Ônibus, 1 Terminal Metropolitano e 342 estações-tubo distribuídas ao longo da rede. Quanto à demanda, o sistema apresenta uma média mensal de 13,5 milhões de passageiros registrados nos validadores (não considerando as integrações), sendo que

15,3% dos usuários são beneficiários de gratuidades tarifárias (Curitiba, 2025). A estrutura viária da RIT de Curitiba está ilustrada na Figura 8.

Figura 8 - Estruturação viária da Rede Integrada de Transporte, Curitiba.



Fonte: Prefeitura Municipal de Curitiba (2025)

### 2.1.2.3 RIO DE JANEIRO (RJ)

O BRT do Rio de Janeiro (RJ), também conhecido como Mobi-Rio, foi concebido como uma solução de transporte de média capacidade para integrar as diferentes zonas da cidade, preenchendo uma lacuna entre os ônibus convencionais de baixa capacidade e o sistema ferroviário (metrô e trens). A sua implementação foi impulsionada pela necessidade de melhorias na infraestrutura urbana para sediar a Copa do Mundo de 2014 e os Jogos Olímpicos de 2016. A Figura 9 ilustra o modelo de veículo de BRT utilizado no Rio de Janeiro (RJ).

Figura 9 - modelo de veículo BRT Rio de Janeiro



Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro (2026)

Atualmente, o BRT é ofertado através de uma rede de corredores composta por quatro eixos principais: Transoeste, Transcarioca, Transolímpica e Transbrasil, que desempenham papel fundamental na mobilidade urbana da cidade ao conectar áreas periféricas a importantes polos de atividade e promover a integração com outros modais de transporte, totalizando cerca de 150 km de extensão (Rio de Janeiro, 2026). É possível verificar todos os eixos pelo mapa do Sistema de BRT do Rio de Janeiro na Figura 10.

Figura 10 - Mapa do sistema de BRT no Rio de Janeiro



Fonte: Mobi-Rio (2026)

Complementarmente, o serviço Conexão BRT, desenvolvido pela Secretaria Municipal de Transportes (SMTR) em parceria com a MOBI-Rio, visa ampliar a capilaridade e a eficiência do sistema. Todas as linhas desse serviço conectam-se diretamente aos corredores BRT, operando com paradas apenas em pontos específicos e sinalizados. O pagamento é realizado exclusivamente por meio dos cartões Jaé e RioCard+, reforçando a padronização e o controle operacional do sistema.

A Tabela 2 apresenta uma síntese dos principais corredores do sistema BRT do Rio de Janeiro (RJ), destacando suas extensões, número de estações e terminais, áreas atendidas e integrações com outros modos de transporte.

Tabela 2 - Corredores BRT do Rio de Janeiro (RJ)

| CORREDOR      | EXTENSÃO | ESTAÇÕES | TERMINAIS                                                | ABRANGÊNCIA/<br>CONEXÕES           | CARACTERÍSTICAS                                                                                                                             |
|---------------|----------|----------|----------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Transoeste    | 60 km    | 62       | 4 (Alvorada, Santa Cruz, Campo Grande e Jardim Oceânico) | Zona Oeste – Zona Sul              | Integração com a Linha 4 do metrô no Terminal Jardim Oceânico, facilitando o deslocamento entre a Zona Oeste e a Zona Sul.                  |
| Transcarioca  | 39 km    | 45       | -                                                        | 27 bairros das Zonas Norte e Oeste | Forte integração intermodal: conexão com a SuperVia em Madureira (Manaceia) e Olaria, e com a Linha 2 do metrô em Vicente de Carvalho.      |
| Transolímpica | 26 km    | 18       | 3 (Recreio, Centro Olímpico e Sulacap)                   | Barra da Tijuca – Zona Norte       | Administrado pela Concessionária ViaRio S.A.; concebido para os Jogos Olímpicos de 2016; corredor estratégico de ligação urbana.            |
| Transbrasil   | 26 km    | -        | 2 (Deodoro e Gentileza)                                  | 18 bairros                         | Inaugurado em 30 de março de 2024; expectativa de transportar cerca de 250 mil passageiros/dia até 2030, ampliando a capacidade do sistema. |

Fonte: Prefeitura Rio (2026). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

No que se refere aos aspectos tarifários, a tarifa vigente do BRT é de R\$ 4,70 e o sistema dispõe de diferentes opções de recarga por meio de máquinas de autoatendimento. As máquinas do RioCard+ permitem recargas a partir do valor mínimo de uma passagem, com pagamento em dinheiro ou cartão de débito e as máquinas do Jaé possibilitam recargas também a partir de uma passagem, aceitando pagamentos em cartão de débito, crédito, PIX ou dinheiro, além da opção de recarga online para ambas as empresas.

Quanto ao pagamento de meia tarifa ou isenção tarifária, pessoas acima de 65 anos, estudantes, universitários e pessoas com deficiência e doenças crônicas têm direito ao benefício, que pode ser adquirido pelo site do RioCard+ ou Jaé (Rio de Janeiro, 2026).

#### 2.1.2.4 BOGOTÁ (COLÔMBIA)

Conhecido como TransMilenio, o sistema de BRT de Bogotá é o eixo principal do transporte coletivo da capital colombiana e frequentemente citado como a maior rede deste tipo no mundo, em termos de passageiros transportados (Santos, 2025). Inaugurado no ano 2000 e inspirado no modelo de Curitiba (PR), o sistema foi adaptado para atender a uma metrópole com alta densidade e níveis significativos de desigualdade socioespacial.

A elevada capacidade operacional do sistema, que pode atingir até 45.000 passageiros por hora por sentido, equipara seu desempenho ao de linhas de metrô, conforme destacado por Cavalcante (2024). Em 2017, o sistema TransMilenio já atendia 69% da população de Bogotá, correspondendo a 2,4 milhões de passageiros por dia, gerando receita suficiente para cobrir seus custos operacionais (Hudson, 2017). Esse elevado nível de eficiência é reforçado pela expansão e consolidação da rede, que, em 2025, passou a contar com 11 linhas principais e aproximadamente 114,4 km de corredores exclusivos (Santos, 2025 e Bonilla, 2025). O sistema conta com ônibus articulados e biarticulados, observados na Figura 11.

Figura 11 – modelo de veículo BRT em Bogotá (Colômbia)



Fonte: Hudson (2017)

No âmbito da inovação em estações, destaca-se a adoção de características típicas de sistemas ferroviários, como o embarque em nível, que contribui para a redução do tempo de parada, o aumento da eficiência operacional e a melhoria do conforto dos usuários. Além disso, o emprego de soluções arquitetônicas diferenciadas, como estações tubulares, inspiradas no modelo de Curitiba, confere maior agilidade ao sistema e reforça sua identidade visual (Cavalcante, 2024; Santos, 2025).

Em 2026, o custo para utilizar o sistema de transporte rápido por ônibus da TransMilenio, que inclui também os serviços integrados de TransMiZonal e TransMiCable, é uma tarifa fixa por viagem paga quando o usuário valida seu acesso nas catracas das estações ou portais do sistema. Para o ano de 2026, essa tarifa unificada foi estabelecida em ₡3.550 pesos colombianos<sup>1</sup> (COP) por pessoa para o uso de qualquer um dos modos do Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) (Transmilenio, 2026). O sistema mantém um esquema de apoios sociais para ampliar o acesso ao transporte: pessoas em condição de vulnerabilidade, incluindo adultos maiores de 62 anos, pessoas com deficiência e famílias em situação de pobreza ou pobreza extrema, podem ter acesso a entre cinco e doze viagens gratuitas por mês por meio de programas de subsídio social implementados pela administração distrital de Bogotá (Bogotá, 2024.)

Além da tarifa básica por viagem, existe a opção do TransMiPass, um passe mensal que oferece um pacote de 65 viagens por um valor fixo de ₡160.000 COP<sup>2</sup>, sendo uma alternativa economicamente vantajosa para usuários frequentes que utilizam o sistema regularmente ao longo do mês, conforme informações oficiais da Prefeitura de Bogotá.

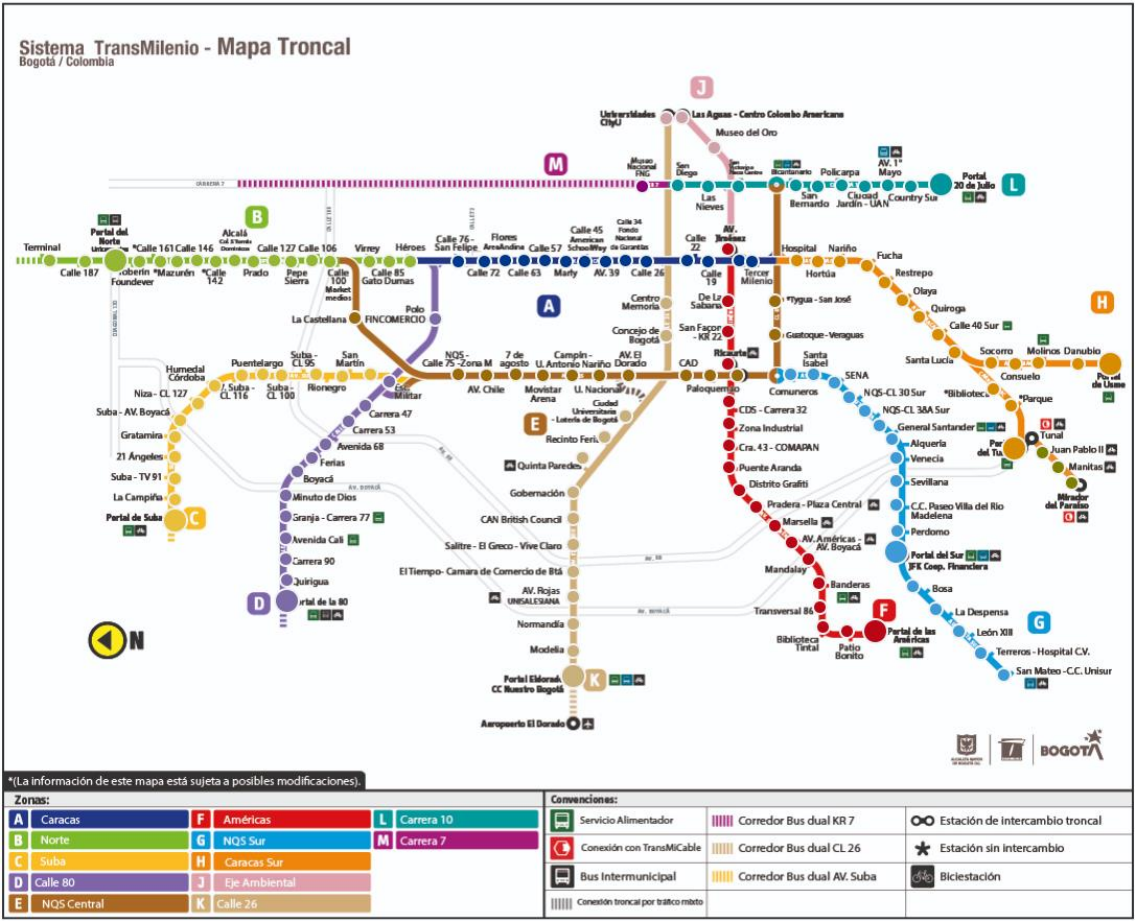
No que se refere à frota e à estrutura de integração, o sistema opera por meio de vias troncais associadas a serviços alimentadores, os quais garantem a conexão com as áreas locais, ampliando a cobertura territorial e a acessibilidade da população (Santos, 2025; Cavalcante, 2024). Essa organização é viabilizada pelo SITP, que promove a articulação entre os serviços troncais e zonais, configurando-se como um instrumento de modernização e racionalização do transporte coletivo urbano. O mapa de rotas disponível no site da Transmilenio é apresentado na Figura 12.

---

<sup>1</sup> O que equivale a cerca de R\$ 5,15 (cinco reais e quinze centavos).

<sup>2</sup> Cerca de R\$ 232,20 (duzentos e trinta e dois reais e vinte centavos).

Figura 12 - Mapa Troncal do sistema de rotas da Transmilenio



Fonte: Bogotá (2025)

Em contraste com os sistemas metroviários convencionais, caracterizados por linhas de traçado fixo e itinerários exclusivos, o TransMilenio é concebido e operado segundo uma lógica de rede. Nesse arranjo, múltiplos serviços compartilham os mesmos corredores troncais, distinguindo-se principalmente pelo regime de atendimento às estações, como serviços expressos e serviços paradores. Essa estrutura operacional permite ao usuário selecionar o serviço mais compatível com suas necessidades de deslocamento, conciliando tempos de viagem reduzidos e níveis diferenciados de acessibilidade.

A articulação entre os distintos eixos do sistema ocorre por meio de estações de integração de grande porte, que viabilizam transferências rápidas e eficientes entre linhas e serviços. Tal configuração resulta em ganhos substanciais de capacidade e flexibilidade operacional, além de aumentar a capacidade de resposta do sistema às variações espaciais e temporais da demanda ao longo do dia.

## 2.2 VLT (VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS)

O VLT deriva dos sistemas de bondes que estiveram presentes em diversas cidades do mundo desde o início do século XX. Na configuração original, esses sistemas operavam compartilhando o espaço viário com o tráfego geral, situação que comprometia o desempenho operacional dos deslocamentos e aumentava a suscetibilidade a danos na infraestrutura ferroviária (Tenenbaum e Rosa, 2013).

Com a evolução tecnológica e operacional, foram incorporados elementos que caracterizam os sistemas modernos, tais como a implantação de faixas ou vias segregadas para circulação dos veículos, a integração intermodal com redes de ônibus e metrô, o aprimoramento das soluções construtivas da via permanente e do material rodante, proporcionando maior conforto aos usuários e redução dos níveis de ruído, além da adoção de sistemas automatizados de arrecadação tarifária por meio de validadores eletrônicos (Tenenbaum e Rosa, 2013).

A Figura 13 apresenta um exemplo de VLT em operação na cidade de Santos (SP).

Figura 13 - VLT com operação na Baixada Santista (SP)



Fonte: EMTU (2026)

Trata-se de uma tecnologia com ampla versatilidade de aplicação, em função das diferentes possibilidades de configuração quanto à infraestrutura, ao material rodante e aos parâmetros operacionais. Dessa forma, o VLT pode ser empregado tanto na distribuição de

passageiros em áreas centrais com elevada presença de pedestres, operando com menores velocidades e menor nível de prioridade viária, quanto na conexão de áreas periféricas, por meio de vias segregadas, permitindo operação em velocidades mais elevadas (Tenenbaum e Rosa, 2013).

### 2.2.1 CARACTERÍSTICAS

O VLT apresenta características que o tornam especialmente adequado à mobilidade urbana contemporânea. De acordo com Alouche (2008), podem ser atribuídas à implantação de um VLT as seguintes características:

- Elevada adaptação ao meio urbano e à paisagem.
- Possibilidade de associação do projeto a processos de renovação urbana.
- Operação segura, rápida e confortável, com movimentos suaves.
- Contribuição para tornar a cidade mais humana e habitável.
- Capacidade comprovada de atrair usuários do transporte individual motorizado.
- Compatibilidade com áreas de pedestres, com possibilidade de inserção em centros históricos.
- Sistema limpo, geralmente com tração elétrica e ausência de emissões locais de poluentes.
- Possibilidade de implantação por etapas.
- Fácil integração aos sistemas de ônibus e metrô.
- Adaptabilidade ao traçado, permitindo vencer rampas e realizar curvas de raio reduzido.
- Ciclo de vida superior a 30 anos, configurando-se como uma alternativa de transporte durável e alinhada aos princípios do desenvolvimento sustentável.

Por outro lado, o VLT apresenta algumas desvantagens que devem ser consideradas no processo de avaliação e tomada de decisão. Entre os principais aspectos desfavoráveis, destacam-se:

- Baixa flexibilidade operacional para circulação fora do corredor segregado.
- Histórico de experiências de implantação de VLT e metrô leve no Brasil que não alcançaram êxito pleno, como os casos do Pré-Metrô do Rio de Janeiro e de Campinas.
- Custo relativamente elevado do material rodante associado aos sistemas de VLT e metrô leve.
- Necessidade de uma estrutura organizacional e operacional complexa para a adequada operação e manutenção do VLT ou do metrô leve.

## 2.2.2 EXEMPLOS DE OPERAÇÕES

Neste item, serão apresentados e caracterizados quatro sistemas de VLT em operação no Brasil, localizados no Rio de Janeiro (RJ), na Baixada Santista (SP), em Cariri (CE) e na RM de Fortaleza (CE), além de um modelo internacional, utilizado em Paris na França. Essas experiências configuraram referências com diferentes modelos de implantação, gestão e integração ao tecido urbano do VLT, além de apresentarem destaque nos contextos nacional e internacional no âmbito das discussões sobre mobilidade urbana sustentável.

### 2.2.2.1 RIO DE JANEIRO (RJ)

O VLT Carioca constitui um exemplo relevante de boas práticas na implantação de sistemas de transporte de média capacidade em áreas urbanas consolidadas. O sistema opera diariamente, no horário compreendido entre 5h e 23h, com tarifa unitária de R\$ 4,70, atendendo a um trecho de aproximadamente 28 km de extensão, que conecta a Rodoviária Novo Rio ao Aeroporto Santos Dumont, atravessando a região central da cidade do Rio de Janeiro.

Um dos principais diferenciais tecnológicos do VLT Carioca é a adoção de um sistema de alimentação elétrica sem catenária aérea, sendo um dos primeiros do mundo projetados com essa característica. A energia é fornecida por meio de duas fontes, incluindo o sistema de Alimentação pelo Solo (APS), o que permite a eliminação da fiação aérea e, consequentemente, a redução de impactos visuais negativos, especialmente em áreas urbanas sensíveis e de valor histórico. Trata-se, portanto, de um sistema de tração elétrica totalmente não poluente, alinhado aos princípios de sustentabilidade ambiental.

Os veículos possuem capacidade para aproximadamente 420 passageiros, com composições variando de três a cinco carros, a depender da linha. O sistema apresenta capacidade operacional para transportar até cerca de 300 mil passageiros por dia, caracterizando-se como uma solução eficiente de transporte de média capacidade para o atendimento da demanda urbana (Engenharia Compartilhada, 2026). A Figura 14 mostra um VLT em operação no Rio de Janeiro (RJ).

Figura 14 - Veículo utilizado no VLT Carioca



Fonte: ANTP (2021)

O traçado do VLT, indicado na Figura 15, atravessa áreas densamente urbanizadas do centro do Rio de Janeiro, exigindo elevada adaptabilidade geométrica. O sistema opera com curvas de raio reduzido, a partir de 25 metros, e é capaz de vencer rampas com inclinações de até 7%, o que demonstra sua adequação a contextos urbanos complexos. A velocidade operacional varia entre 30 km/h e 50 km/h, conforme o trecho, sendo condicionada principalmente pelas características do ambiente urbano e pelas medidas de controle necessárias para garantir a segurança viária (Mobilidade, 2022).

Figura 15 – Linhas do VLT do Rio de Janeiro



Fonte: CCPar ([202-])

Os estudos de viabilidade e de demanda de passageiros que embasaram a implantação do sistema foram desenvolvidos a partir de levantamentos em campo, incluindo pesquisas de origem e destino e pesquisas de preferência declarada com usuários dos diferentes sistemas de transporte envolvidos. Esses estudos subsidiaram a calibração dos modelos de demanda e a definição das características operacionais do sistema (Tortoriello e Pereira, 2013).

Em termos de desempenho recente, o VLT Carioca registrou aproximadamente 13 milhões de usuários entre janeiro e junho de 2025, representando um crescimento de cerca de 18,18% em relação ao mesmo período do ano anterior, quando foram contabilizados aproximadamente 11 milhões de passageiros (Fernandes, 2025).

No que se refere à segurança operacional, o sistema conta com equipes especializadas responsáveis pelo controle do atrito roda-trilho, pela limpeza das vias e pela realização de inspeções e manutenções periódicas, garantindo a durabilidade da infraestrutura e a confiabilidade da operação.

Do ponto de vista urbano, o VLT Carioca está diretamente associado a um amplo processo de requalificação da Região Portuária do Rio de Janeiro, contribuindo para a valorização do espaço urbano, a melhoria da paisagem e a redução do uso do transporte individual motorizado. O sistema opera majoritariamente em faixas exclusivas, com prioridade no tráfego, assegurando maior regularidade e eficiência operacional ao longo dos principais corredores atendidos (AEAMESP, 2014).

A localização das estações foi planejada de forma estratégica, priorizando áreas com elevada concentração de atividades urbanas, como comércio, serviços e áreas residenciais, com o objetivo de reduzir a dependência do automóvel e promover a mobilidade sustentável. As estações apresentam plena acessibilidade, com embarque em nível, rampas suaves e superfícies antiderrapantes, garantindo o atendimento adequado a pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Além disso, o sistema possui forte integração modal, conectando-se a outros meios de transporte, como metrô e ônibus, bem como a importantes polos geradores de viagens, como o Aeroporto Santos Dumont e a Rodoviária Novo Rio. As estações encontram-se inseridas em ambientes urbanos revitalizados, com valorização do deslocamento a pé, integração com ciclovias e qualificação da infraestrutura urbana do entorno (Motiva, 2024).

#### **2.2.2.2 BAIXADA SANTISTA (SP)**

O VLT da Baixada Santista surgiu como uma forma do Governo do Estado de São Paulo de reaproveitar o leito ferroviário da antiga Ferrovia Paulista S.A (FEPASA), que operou especialmente na década de 90, o Trem Intrametropolitano (TIM) na região (Stech *et al.*,

2024). Atendendo principalmente os municípios de Santos e São Vicente, integra outros municípios da região metropolitana, incluindo: Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe e Praia Grande. A Figura 16 mostra o VLT em operação no centro de Santos (SP).

Figura 16 – VLT em operação no centro de Santos (SP)



Fonte: EMTU (2024)

O sistema teve seu primeiro trecho entregue totalmente à população no final de janeiro de 2017, ligando o terminal de Barreiros em São Vicente à Estação Porto em Santos. Atualmente, o sistema possui duas linhas em operação:

- São Vicente (Terminal Barreiros) — Santos (Terminal Porto)
- São Vicente (Terminal Barreiros) — Santos (Valongo).

O trecho Barreiros-Porto possui extensão de 11,1 km, com 15 estações de embarque e desembarque. Se considerado o trecho Barreiros-Samaritá, ainda em obras, e o trecho Nébias-Valongo que teve operação comercial autorizada no começo de 2026, somam-se 26,6 km de extensão, com 4 e 12 estações previstas, respectivamente. Atualmente, o trecho Barreiros-Porto transporta, em média, 26 mil passageiros por dia



Em 2020, estudos indicaram que os principais usuários do sistema eram jovens entre 18 e 25 anos, majoritariamente estudantes do ensino superior e de baixa renda, demonstrando maior adesão de estudantes e trabalhadores ao modal. Além disso, a redução na emissão de poluentes e o menor consumo de energia contribuem para a promoção de cidades mais sustentáveis (Pedrosa e Oliveira, 2020). A revitalização dos trilhos, por sua vez, reduziu custos de implantação e operação, ao mesmo tempo em que permitiu a integração do sistema à paisagem urbana, sem conflitos com o patrimônio histórico e arquitetura da região (ANP Trilhos, 2023).

### 2.2.2.3 VLT DO CARIRI (CE)

Com projeto iniciado em 2006 pelo poder público, o VLT do Cariri, inaugurado em 2009 para atendimento à população, é considerado o primeiro sistema de VLT do país e teve como objetivo a revitalização do trecho ferroviário preexistente entre as cidades de Crato e Juazeiro do Norte, que era utilizado anteriormente para o transporte de mercadorias. O primeiro trem interligando as cidades surgiu por volta de 1926 (Silva, 2018; Metrofor, 2019). Atualmente, o sistema possui 13,6 km de extensão e nove estações, conforme ilustrado na Figura 18. O sistema transporta em média 1,7 mil passageiros por dia e realiza cerca de 42 viagens diárias, com capacidade para 358 passageiros.

Figura 18 – Linha Crato-Juazeiro do Norte



Fonte: Metrofor [202-a]

De tecnologia e fabricação nacional, o material rodante foi desenvolvido e produzido pela empresa Bom Sinal, no distrito industrial de Barbalha, na Região do Cariri. O modelo adotado, o Mobile 2, consiste em um VLT de dois carros, concebido para atender à demanda regional de transporte com baixo custo de implantação e operação (Santos et al., 2023).

As composições são movidas a diesel<sup>4</sup>, com tração hidráulico-mecânica, e podem utilizar também biodiesel como combustível. O sistema foi projetado com soluções voltadas à minimização de ruídos, tornando-o mais adequado à circulação em áreas urbanas. A

<sup>4</sup> O sistema VLT é definido por características operacionais e de capacidade, e não pelo tipo de tração, razão pela qual sistemas a diesel podem ser classificados como VLT.

estrutura dos veículos é montada sobre chassi e permite velocidade operacional de até 60 km/h (Santos *et al.*, 2023).

A Figura 19 mostra o sistema de VLT na estação do Cariri.

Figura 19 – VLT do Cariri



Fonte: Metrofor [202–a]

O sistema VLT opera de segunda a sábado. Nos dias úteis, o horário de funcionamento é das 6h às 19h, enquanto aos sábados ocorre das 6h às 13h30. Em feriados, os horários de operação são diferenciados, conforme definição do órgão gestor. A tarifa é de R\$ 1,00 (inteira) e R\$ 0,50 (meia). O sistema conta com subsídio público para o custeio de operação e da manutenção do modal, financiado pelo Governo do Estado do Ceará, em conjunto com as prefeituras municipais do Crato e Juazeiro do Norte, o que viabiliza tarifas reduzidas para a população usuária.

Além de ser considerado um meio de transporte mais sustentável, o deslocamento entre as duas cidades tornou-se mais rápido, seguro, confortável e barato para estudantes e trabalhadores que utilizam o modal diariamente. A revitalização dos trilhos também gerou melhorias no entorno, com a implantação de novas escolas, supermercados e restaurantes (Alves, 2012).

#### 2.2.2.4 VLT OESTE E NORDESTE – RM DE FORTALEZA (CE)

Atendendo à RM de Fortaleza, o transporte metroferroviário combina redes de metrô e VLT, possibilitando facilidade de deslocamento na metrópole e em municípios vizinhos, constituindo um componente importante para a mobilidade urbana do Ceará. Assim como parcela significativa dos VLTs no Nordeste brasileiro, ambas as linhas operam com tração a diesel e reaproveitam estruturas ferroviárias já existentes para a implantação do sistema. A Figura 20 mostra o sistema de VLT da RM de Fortaleza.

Figura 20 – Sistema de VLT de Fortaleza em operação



Fonte: Alves (2024)

A linha Oeste que liga as cidades de Fortaleza e Caucaia opera em parte da antiga linha ferroviária Fortaleza-Itapipoca, pertencente à Rede de Viação Cearense, e posteriormente integrada pela Rede Ferroviária Federal S.A (RFFSA), responsável pela estrutura até 1997. A estação ferroviária de Caucaia foi inaugurada em 1917 e é a única que mantém a construção original datada do século XX (Estações Ferroviárias do Brasil, s.d.).

A linha Nordeste, que conecta os bairros Parangaba e Mucuripe, faz parte de um grande projeto de mobilidade urbana que visava à modernização viária para a Copa de 2014 e que reaproveita a antiga linha férrea pertencente à RFFSA, muito utilizada para escoamento de produção para o porto de Mucuripe (IBGE, [19-]).

A Figura 21 mostra a estruturação do sistema metroferroviário da RM de Fortaleza.

Figura 21 – Sistema Metroferroviário da Região Metropolitana de Fortaleza



Fonte: Metrofor [202-a]

Considerando que a Companhia Cearense de Transportes Metropolitanos (Metrofor) é o órgão responsável pela gestão do transporte metroferroviário no Ceará, as Linhas Nordeste e Oeste apresentam características operacionais semelhantes às do VLT do Cariri. Além dessas três linhas, o município de Sobral (CE) também dispõe de um sistema de VLT que compartilha as mesmas características operacionais (Metrofor, [202-]).

A Linha Oeste, indicada pelo traçado verde na Figura 21, possui 19,5 km de extensão e conta com 10 estações em operação. O sistema atende cerca de 7 mil passageiros por dia, realizando 28 viagens diárias em ambos os sentidos, com capacidade para até 756 passageiros por composição. A velocidade média operacional é de aproximadamente 43 km/h, podendo atingir até 60 km/h. A operação tem parte de seus custos subsidiados, resultando numa tarifa de R\$ 1,00 para a passagem inteira e R\$ 0,50

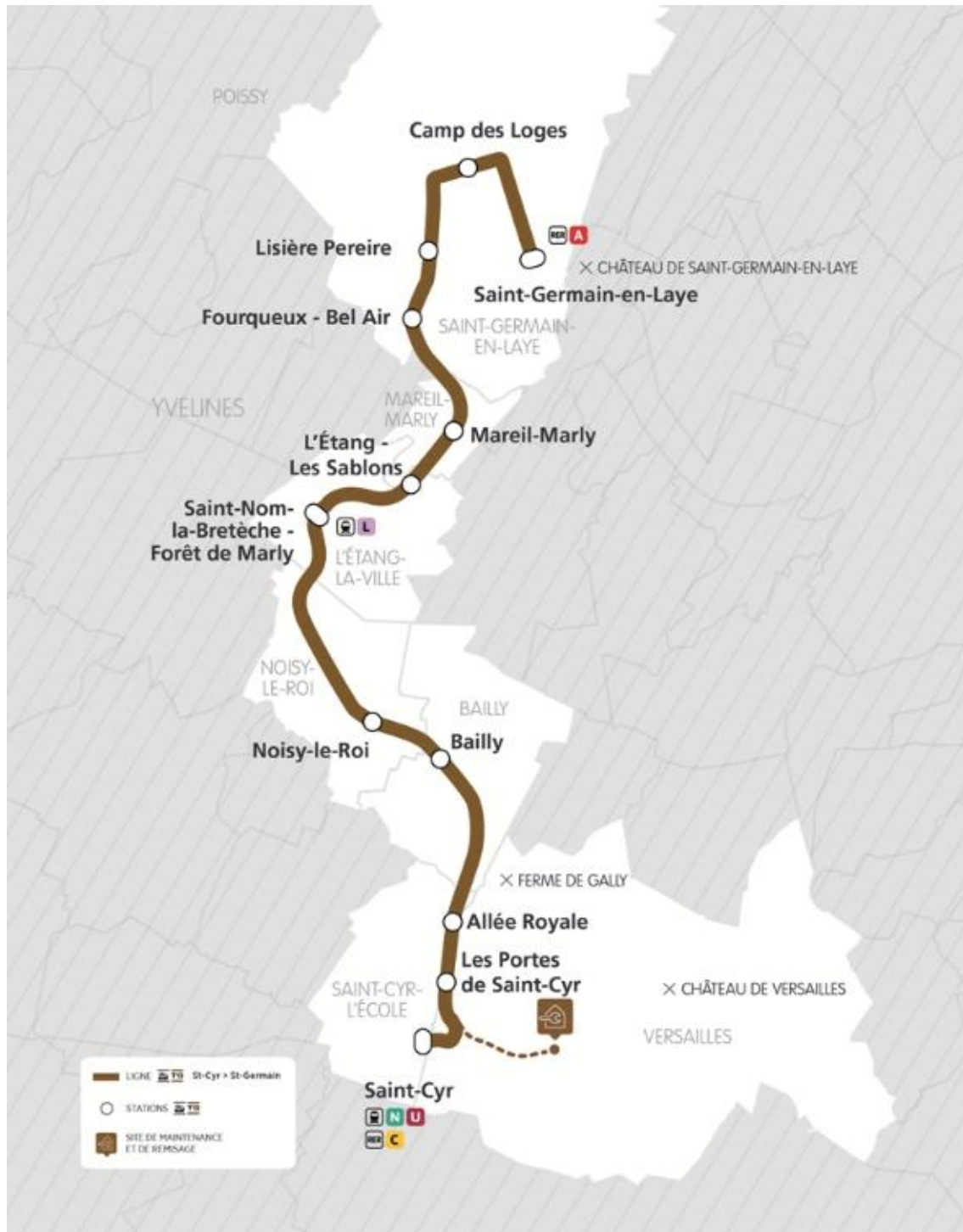
para a meia-passagem. O horário de funcionamento ocorre de segunda a sábado, das 5h30 às 20h. Em feriados, a operação é realizada em horários excepcionais, previamente divulgados (Metrofor, [202-d]).

A Linha Nordeste possui 13,29 km de extensão e conta com 11 estações, indicadas pelo traçado azul na Figura 21. De forma distinta da Linha Oeste, essa linha opera em regime assistido, não havendo cobrança de tarifa no trecho compreendido entre as estações Parangaba e late. O funcionamento ocorre de segunda a sábado, das 5h30 às 23h, assim como na Linha Oeste. A Linha Nordeste já apresenta integração com a Linha Sul do Metrô de Fortaleza e há previsão de conexão com a Linha Leste, atualmente em fase de construção (Metrofor, [202-e]).

#### **2.2.2.1 PARIS (FRANÇA)**

A linha T13 do VLT de Paris constitui um importante exemplo de sistema de transporte de média capacidade implantado em contexto urbano e metropolitano sensível, combinando eficiência operacional, integração modal e cuidado com o patrimônio histórico. A linha entrou em operação em 6 de julho, conectando Saint-Cyr a Saint-Germain-en-Laye, indicada na Figura 22, nos subúrbios ocidentais da Região Metropolitana de Paris, atendendo a um total de 12 estações, das quais sete foram implantadas especificamente para o novo sistema (Lobo, 2022; Preston, 2022).

Figura 22 – Ligação do VLT de Paris entre Saint-Cyr e Saint-Germain-en-Laye



Fonte: Urban Transport Magazine, 2021

O sistema possui extensão total de aproximadamente 18,8 km e opera em configuração orbital, conectando as estações do RER<sup>5</sup> de Saint-Cyr — também atendida pela Linha C do RER e por serviços suburbanos da SNCF — à estação de Saint-Germain-en-Laye.

<sup>5</sup> Réseau Express Régional (Rede Expressa Regional).

Nesse terminal, a integração com a Linha A do RER é realizada por meio de uma nova passagem subterrânea com cerca de 190 metros de extensão, equipada com esteiras rolantes, facilitando a transferência entre os modos (Lobo, 2022; Preston, 2022).

A implantação da linha envolveu tanto a construção de nova infraestrutura quanto a modernização de trechos ferroviários existentes. O projeto incluiu a construção de uma nova estação em Saint-Cyr e a implantação de um novo alinhamento ferroviário entre Lisière Pereire e Saint-Germain-en-Laye, eletrificado em corrente contínua de 750 V, com duas novas estações. Os 15,5 km restantes correspondem a um segmento da linha ferroviária Grande Ceinture, anel ferroviário externo de Paris, que foi requalificado pela SNCF Réseau para a operação do sistema tram-train, incluindo a eletrificação em corrente alternada de 25 kV (Lobo, 2022; Preston, 2022).

A frota em operação é composta por 11 trens do modelo Citadis Dualis, fabricados pela Alstom, com aproximadamente 42 metros de comprimento e 2,65 metros de largura. Cada veículo possui capacidade para transportar cerca de 250 passageiros de forma confortável, com aproximadamente 90 assentos. Os veículos são equipados com sistemas modernos de informação ao usuário, incluindo dez telas com informações em tempo real e 36 portas USB, ampliando o conforto e a atratividade do serviço. Um exemplo de veículo utilizado no VLT de Paris é indicado na Figura 23 (Lobo, 2022; Preston, 2022).

Figura 23 – Veículo utilizado no VLT de Paris



Fonte: Urban Transport Magazine (2021)

O traçado da linha T13 atravessa áreas urbanas e suburbanas, passando por regiões de elevado valor histórico e cultural, como os entornos dos palácios de Versalhes e de Saint-Germain-en-Laye. Essa condição exigiu soluções de projeto cuidadosamente

integradas ao ambiente urbano e ao patrimônio existente, de modo a minimizar impactos visuais e funcionais, ao mesmo tempo em que se preserva a eficiência operacional do sistema (Lobo, 2022; International Railway Journal, 2022).

Em termos operacionais, os trens podem atingir velocidades máximas de até 100 km/h em trechos específicos do percurso, especialmente em áreas menos adensadas. Em segmentos urbanos, a velocidade operacional é limitada a aproximadamente 70 km/h, conciliando desempenho e segurança. O tempo total de viagem entre os terminais da linha é de cerca de 30 minutos, com operação realizada sete dias por semana, no horário compreendido entre 6h e 0h. A frequência nos horários de pico é de aproximadamente 10 minutos, enquanto nos demais períodos os intervalos são de 20 minutos (Lobo, 2022; Preston, 2022).

A linha T13 opera integralmente em via exclusiva para o sistema tram-train, assegurando prioridade de circulação, elevada regularidade e confiabilidade operacional. A demanda estimada para o sistema é da ordem de 21 mil passageiros por dia, consolidando-se como uma alternativa ambientalmente sustentável e acessível ao transporte individual motorizado (Lobo, 2022; Preston, 2022).

As estações foram implantadas em locais estratégicos, próximas a centros urbanos e polos de atividades, com forte integração a outros modos de transporte, como ônibus urbanos e o sistema RER. Todas as estações apresentam soluções de acessibilidade universal, incluindo embarque em nível, adequando-se a diferentes perfis de usuários. Em cinco estações existentes da antiga ferrovia, as plataformas foram readequadas, com redução do comprimento para 42 metros e rebaixamento da altura em 320 mm, além da substituição de passarelas por travessias em nível, ampliando a acessibilidade (Lobo, 2022; Preston, 2022).

A operação da linha é realizada pela Transkeo T13, empresa formada por uma joint venture entre a Keolis (51%) e a SNCF (49%). O sistema conta com 45 condutores treinados para operar tanto na rede ferroviária nacional quanto no sistema de VLT. A manutenção da frota é realizada em um novo pátio localizado em Versailles-Matelots, com área aproximada de 6.500 m<sup>2</sup>, dotado de oficinas especializadas, incluindo torno para usinagem de rodas, além de abrigar o centro de controle operacional da linha (Lobo, 2022; Preston, 2022).

Do ponto de vista institucional e financeiro, o investimento total em infraestrutura da linha T13 foi da ordem de € 306,7 milhões, financiados pelo governo francês, pela Região de Île-de-France e pelo Departamento de Yvelines, diretamente beneficiado pelo novo corredor de transporte (Lobo, 2022; Preston, 2022).

## 2.3 TREM DE PASSAGEIROS

O trem de passageiros é um sistema de transporte ferroviário projetado tanto para longas distâncias quanto para ligar áreas metropolitanas. Diferentemente do metrô, que opera em redes urbanas fechadas e de curta distância, o trem de passageiros, muitas vezes chamado de trem metropolitano, conecta municípios periféricos ao centro da metrópole, servindo ao movimento pendular diário de trabalhadores.

Esse sistema possui operação dependente de locomotivas que tracionam os vagões, conforme ilustrado na Figura 24, uma característica que o distingue dos sistemas de metrô, que geralmente possuem carros auto propelidos. Embora sua implantação exija um investimento maior em infraestrutura de vias e material rodante quando comparado a um BRT ou VLT, sua capacidade de transporte é significativamente elevada (Sousa, 2024).

Figura 24 – Locomotiva operando no trem da ferrovia Carajás



Fonte: Pinto (2020)

### 2.3.1 CARACTERÍSTICAS

O trem de passageiros é uma das principais soluções de transporte de massa para a integração de regiões metropolitanas. É projetado para conectar municípios vizinhos

aos grandes centros urbanos, atendendo ao intenso fluxo de pessoas em deslocamentos pendulares. Para cumprir essa função, suas estações são posicionadas entre 1.500 e 2.500 metros. A operação ocorre em corredores ferroviários dedicados, que podem incluir cruzamentos de nível. Os trens utilizam rodas de ferro e composições de alta capacidade movidas que podem operar com tração elétrica ou diesel-elétrica (CNT, 2016).

As características positivas e negativas da implantação de um trem de passageiros são detalhadas na sequência (Moreira, 2025):

- Alta capacidade: Transportam milhares de passageiros por hora em cada direção, ideal para alta demanda urbana como em São Paulo (SP) ou no Rio de Janeiro (RJ).
- Eficiência energética: Consomem menos energia por passageiro-quilômetro que ônibus comuns ou veículos de passeio, reduzindo emissões de CO<sub>2</sub> em até 80% em rotas longas.
- Longa vida útil: Infraestrutura e composições duram de 30 a 50 anos com manutenção adequada, amortizando investimentos ao longo do tempo.
- Alto custo de infraestrutura: Exige bilhões em trilhos, sinalização e energia, como visto nas renovações da Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU) em Recife (PE).
- Obras civis intensivas: Envolve terraplanagem, viadutos e estações, gerando longos prazos e impactos locais durante a construção.

## 2.3.2 EXEMPLOS DE OPERAÇÕES

Neste capítulo, serão apresentados o sistema nacional de trens de passageiros em operação na estrada de ferro Carajás (EFV) localizada do Pará até o Maranhão e o exemplo internacional dos trens alemães da Deutsche Bahn.

### 2.3.2.1 ESTRADA DE FERRO CARAJÁS (EFC)

A Estrada de Ferro Carajás (EFC) constitui um exemplo relevante na implantação de sistemas ferroviários de longa distância para transporte de cargas e passageiros em corredores logísticos. O trem de passageiros, ilustrado na Figura 25, opera diariamente em horários alternados (ida: segundas, quintas e sábados; volta: terças, sextas e domingos), atendendo a um trecho de aproximadamente 900 km de extensão, que conecta São Luís (MA), à Serra dos Carajás em Parauapebas (PA), atravessando 27 municípios nos estados do Maranhão e Pará (Bacellar, 2022).

Figura 25 - Trem de Passageiros da EFC em operação

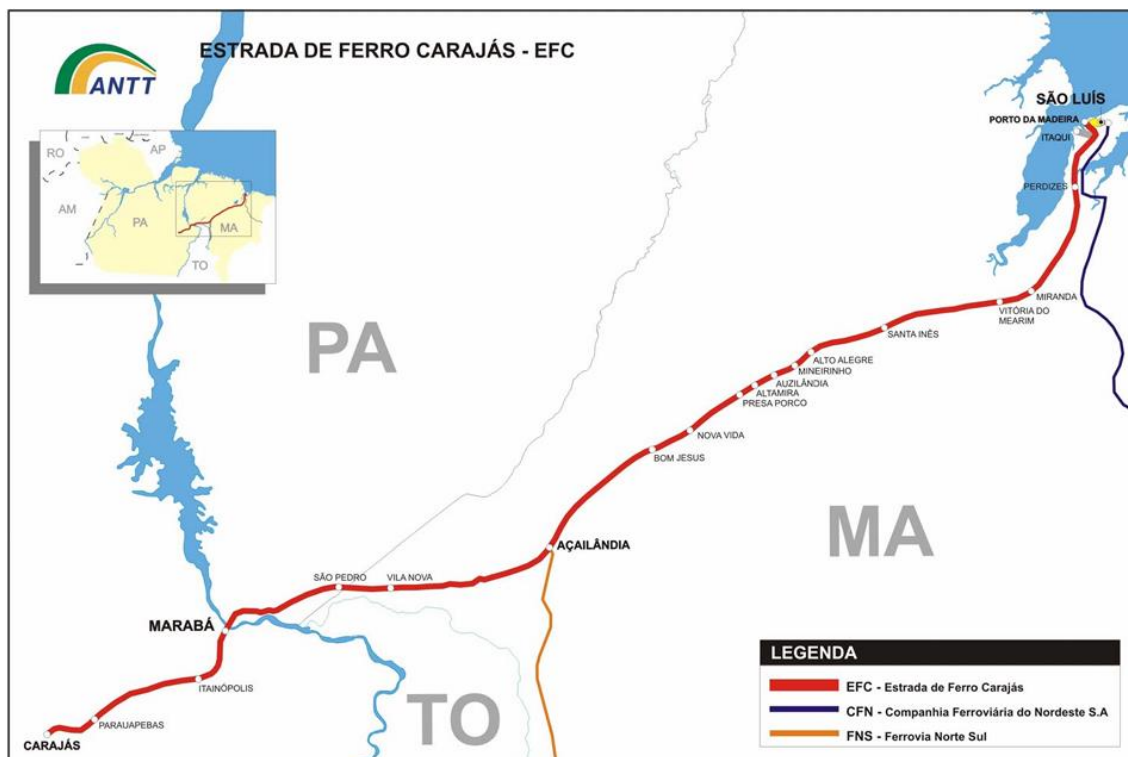


Fonte: Bacellar (2022) Foto: Reprodução/Vale

Os veículos do sistema possuem capacidade para 1.300 passageiros por composição e operam em corredor 100% dedicado, resultando no transporte de 423 mil passageiros em 2024, caracterizando-se como solução eficiente para demandas regionais remotas (Vale, 2025; ANPTrilhos, 2025; Vale, 2020). Do ponto de vista regional, a EFC contribui para integração econômica Norte-Sul e redução de emissões (diminuindo a emissão de CO<sub>2</sub> por passageiro em relação ao modo rodoviário).

O traçado da EFC, indicado na Figura 26, atravessa áreas de mineração e florestas tropicais, com superfícies segregadas, longas retas e otimizadas para velocidades elevadas. O sistema opera em bitola larga de 1,6m, e dos 900 km de extensão, opera com 575 km de vias duplicadas (Vale, 2020).

Figura 26 – Traçado da EFC



Fonte: ANTT (2008)

No que se refere a segurança operacional, instruções como a ferrovia mais segura do Brasil pela ANTT, conta com inspeções robóticas, controle de atrito roda-trilho, limpeza de vias e manutenções preventivas, garantindo durabilidade e zero acidentes graves reportados (Vale, 2020).

Com relação aos valores das passagens em 2026, na classe executiva as tarifas variam de R\$ 18,00 a cerca de R\$ 48,00 em trechos curtos. Para distâncias médias, os valores situam-se entre R\$ 60,00 e R\$ 100,00. Em trechos mais longos, o preço pode chegar a R\$ 190,00, como é o caso da linha São Luís (MA) - Parauapebas (PA) (Vale, 2026a).

Na classe econômica, os trechos mais curtos variam de R\$ 8,00 a cerca de R\$ 30,00. Em distâncias médias, o preço varia de cerca de R\$ 35,00 a R\$ 70,00. Já em longas distâncias, o valor situa-se entre aproximadamente R\$ 80,00 e o máximo de R\$ 100,00, também observado na linha São Luís (MA) - Parauapebas (PA) (Vale, 2026a).

Determinados grupos possuem descontos previstos em leis e decretos. Tanto pessoas idosas (60+) quanto jovens de baixa renda têm direito a dois assentos gratuitos por veículo. Caso esses assentos já estejam ocupados, outros passageiros com o mesmo perfil podem solicitar desconto de 50% no valor da passagem. Em ambos os casos, o benefício, seja desconto ou isenção, é aplicável apenas a viagens interestaduais na classe econômica (Vale, [2026b]).

Crianças de até 5 anos não pagam passagem, desde que viagem no colo dos pais ou responsáveis. Já para a faixa etária de 6 a 11 anos, é cobrado valor reduzido. A partir dos 12 anos, aplica-se a tarifa integral (Vale, 2026b).

### 2.3.2.2 DEUTSCHE BAHN (ALEMANHA)

A Deutsche Bahn AG (DB) é o eixo central da mobilidade Alemã, operando uma das redes ferroviárias mais densas e complexas do mundo. A companhia transporta diariamente cerca de 5,1 milhões de passageiros, totalizando mais de 1,86 bilhões de usuários anuais em seus serviços de trens. O sistema é projetado para atender a uma demanda intensa, operando aproximadamente 22.448 trens por dia em todo o território alemão, incluindo trens de carga (Deutsche Bahn AG, 2024).

Em se tratando dos trens de passageiros, a soma da DB Regional, que opera dentro da Alemanha, e da DB Long-Distance, com operações fora do país, totaliza-se 570 locomotivas, das quais 458 operam de modo elétrico, aproximadamente 80% do total, contribuindo para redução de emissões de gases poluentes (Deutsche Bahn AG, 2024). A Figura 27 ilustra um trem da DB em operação.

Figura 27 – Trem da DB em operação

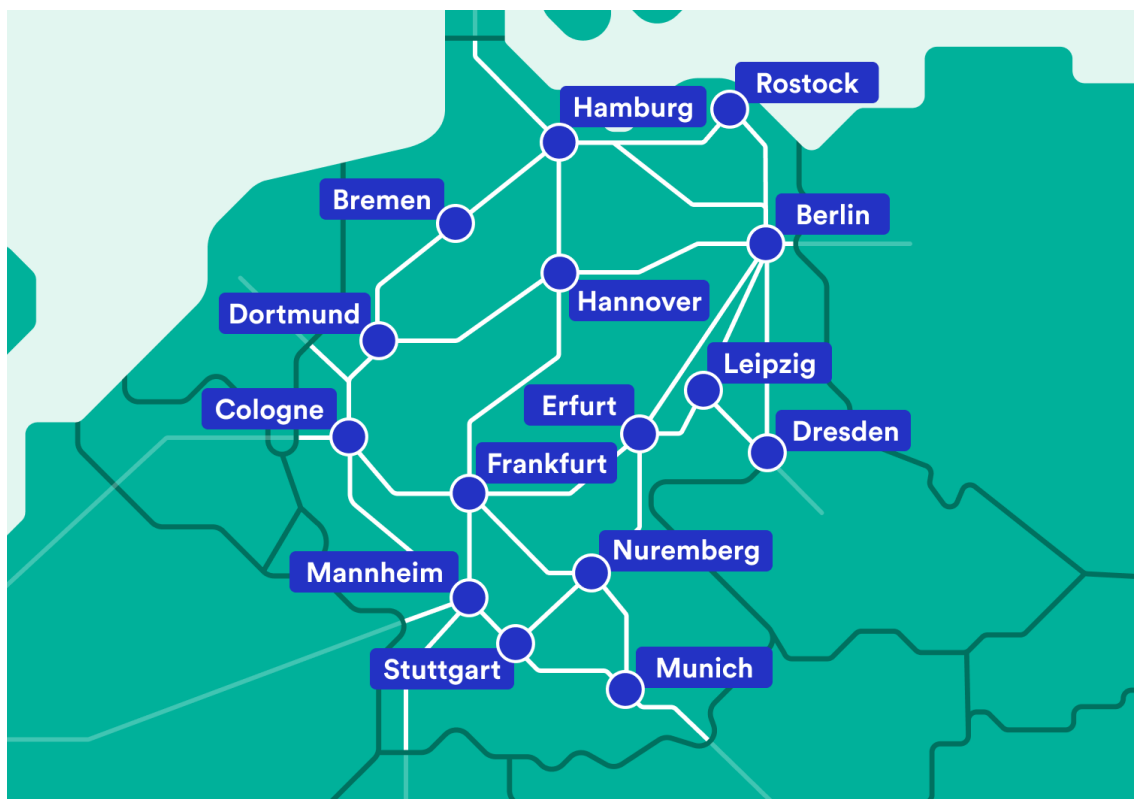


Fonte: (Deutsche Bahn AG, 2024)

A infraestrutura sob gestão da DB totalizou 33.478 km de linhas operadas em 2024. Desse total, a rede conta com uma expressiva taxa de eletrificação, abrangendo 20.872 km (aproximadamente 62,35% da malha férrea) (Deutsche Bahn AG, 2024).

Em termos operacionais, a DB estrutura seus serviços em diferentes categorias de trens, no segmento de alta velocidade, os trens Intercity-Express (ICE) representam o nível mais elevado de desempenho, podendo atingir velocidades superiores a 300 km/h e conectando as principais cidades alemãs em tempos competitivos em relação ao transporte rodoviário e aéreo. Complementando essa oferta, os trens Intercity operam em velocidades intermediárias, garantindo ligações entre centros urbanos relevantes. Já os serviços Regional Express (RE) e Regionalbahn (RB) desempenham função essencial na conectividade regional, promovendo a articulação entre cidades médias, pequenas localidades e áreas rurais (Trainline, 2026). O mapa com a rede de trens da DB é indicado na Figura 28.

Figura 28 – Mapa da rede da DB que opera serviços de alta velocidade, intercidades e regionais na Alemanha



Fonte: Trainline (2026)

Nas regiões metropolitanas, o sistema é reforçado pelos trens suburbanos (S-Bahn), que operam com alta frequência e desempenham papel fundamental na demanda de transporte pendular diária, além do U-Bahn, responsável pelo transporte urbano em áreas densamente povoadas. Essa organização hierárquica dos serviços ferroviários evidencia uma lógica operacional clara, na qual diferentes níveis de velocidade, conforto e número de paradas são estrategicamente combinados para maximizar a eficiência da rede (Trainline, 2026).

Outro fator que contribui para a funcionalidade operacional, no que se refere aos diferentes serviços e estruturas de trens, são as 5.700 estações de passageiros que comportam a integração modal, facilitando a conexão entre o transporte regional, de longa distância e outros modais urbanos (Deutsche Bahn, 2024).

## 3 ESTUDO DE TRAÇADO E DE MODO

Conforme exposto no Capítulo 2, a implantação de sistemas de TPC-MAC produz benefícios que extrapolam a função de deslocamento de pessoas. O referido capítulo também apresenta características operacionais e vantagens específicas associadas aos modos ferroviários, trem e VLT, e ao sistema BRT.

Nesse contexto, torna-se necessário afunilar a discussão do traçado e do modo mais adequado à ligação em estudo, de forma a direcionar o aprofundamento das análises técnicas subsequentes.

### 3.1 PARECER TÉCNICO REFERENTE ÀS ALTERNATIVAS DE TRAÇADO

Para os cenários avaliados pela equipe técnica, a escolha do traçado e do modo, nesta etapa do estudo, pode ser baseada em duas premissas principais: **(i)** aproveitamento da infraestrutura ferroviária existente ou **(ii)** proposição de novo traçado.

Entende-se que, antes de se propor um novo traçado, é necessário analisar o aproveitamento de infraestruturas já existentes. No caso deste estudo, trata-se de uma via férrea. Todavia, identificaram-se algumas características que prejudicam a utilização da linha férrea existente e que acabam por favorecer a adoção de um novo traçado, conforme apresentado na sequência.

#### 3.1.1 UTILIZAÇÃO DA LINHA FÉRREA EXISTENTE

A alternativa de reaproveitamento da malha ferroviária da FCA para implantação de um sistema de trem de passageiros ou de outro modo ferroviário, como VLT, apresenta restrições técnicas, operacionais e locacionais relevantes, descritas a seguir.

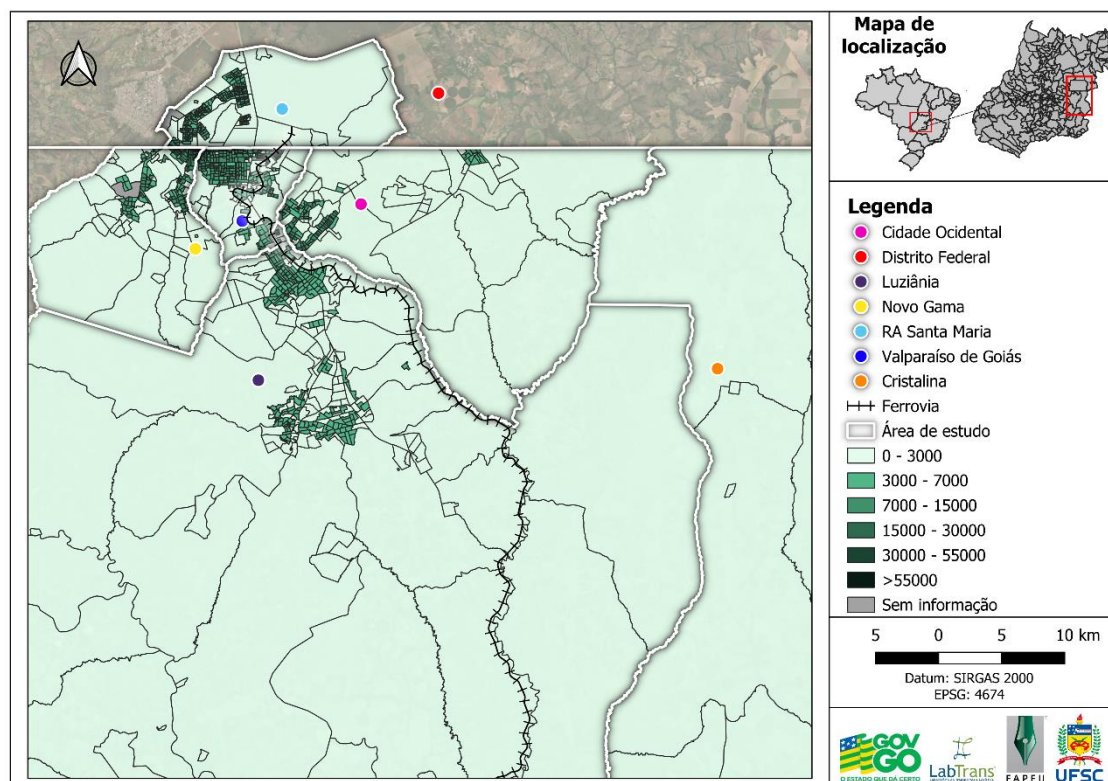
##### 3.1.1.1 TRAÇADO

A geometria da via férrea, indicada na Figura 29, especialmente no trecho situado na região de Valparaíso de Goiás (GO), caracteriza-se por elevada sinuosidade, condição que impacta negativamente a velocidade operacional e, conseqüentemente, o tempo total de viagem.

Adicionalmente, a Figura 29 também evidencia que o alinhamento da ferrovia se encontra afastado das áreas mais adensadas, sobretudo nas extremidades da ligação, nos municípios de Santa Maria (DF) e Luziânia (GO). Em Luziânia (GO), embora o traçado se

aproxime da área mais adensada do distrito de Jardim Ingá, posteriormente se desloca para áreas periféricas, próximas às divisas com Cidade Ocidental (GO) e Cristalina (GO). Essa configuração espacial dificulta a acessibilidade às estações, especialmente nos pontos extremos da ligação, implicando a necessidade de implantação de sistemas alimentadores para conexão com as áreas de maior concentração populacional, reduzindo a atratividade do serviço sob a ótica do usuário.

Figura 29 – Indicação do traçado ferroviário existente e da densidade populacional por setor censitário na Área de Estudo



Fonte: IBGE, (2023) IBGE (2022) e ANTT (2024). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

### 3.1.1.2 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E ADEQUAÇÃO

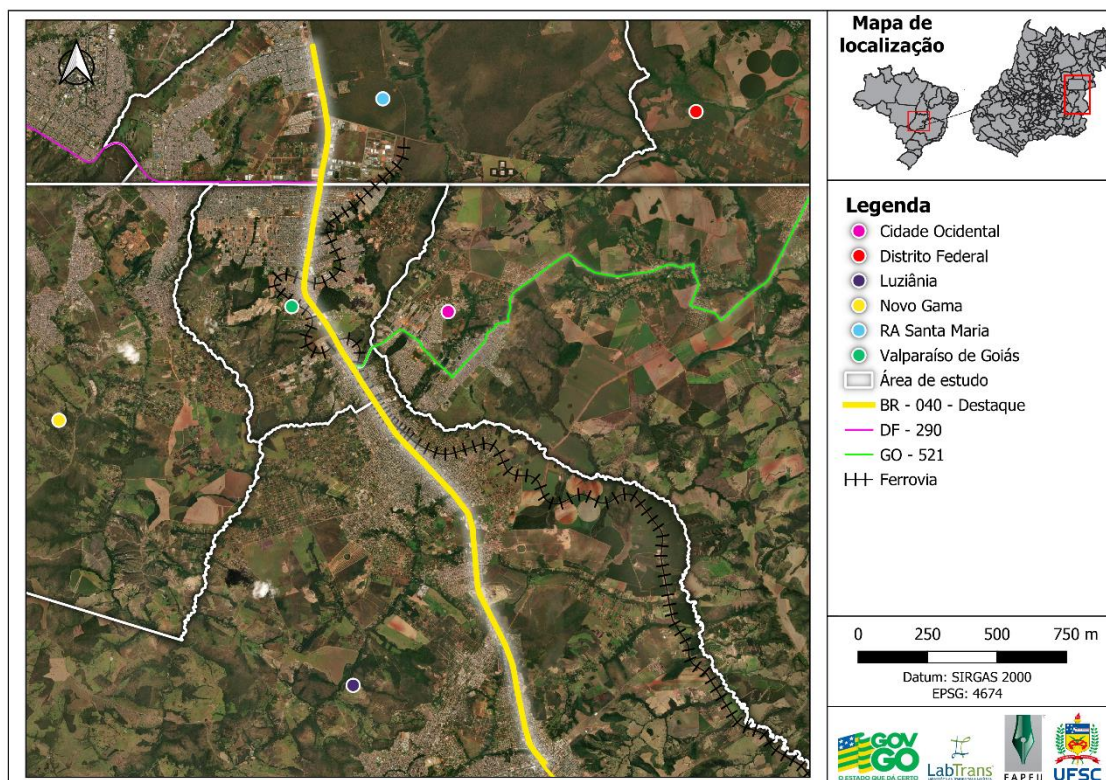
Conforme demonstrado no Capítulo 2, os sistemas sobre trilhos apresentam custos de implantação, em geral, superiores aos modos sobre pneus, como o BRT. Ainda que se considere o aproveitamento da infraestrutura existente, seriam necessárias intervenções de requalificação da superestrutura ferroviária. Análises preliminares indicaram a necessidade de revitalização de trechos da via permanente, além da reabilitação das estações existentes, conforme detalhado no Item 2.2.3 do Produto I.C.

No caso específico do VLT, seriam ainda requeridas intervenções adicionais, incluindo modernização de trilhos, implantação do sistema de alimentação elétrica e construção de subestações de energia, elevando o investimento total necessário.

### 3.1.2 PROPOSIÇÃO DE NOVO TRAÇADO

Como alternativa ao uso da ferrovia existente, avaliou-se a possibilidade de implantação de um novo traçado. As análises indicam que a faixa de domínio da BR-040, no trecho entre Luziânia (GO) e Santa Maria (GO), indicado na Figura 30, apresenta condições favoráveis para a implantação de sistema de média ou alta capacidade.

Figura 30 – BR-040 entre Luziânia (GO) e a RA de Santa Maria (DF)



Fonte: DNIT (2022) e IBGE (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Os principais aspectos positivos associados a essa alternativa são:

- **Disponibilidade física:** a faixa de domínio central<sup>6</sup> da BR-040 apresenta largura compatível com a implantação de infraestrutura dedicada ao transporte coletivo de média e alta capacidade.
- **Redução de desapropriações:** a adoção desse corredor mitiga a necessidade de desapropriações, reduzindo custos financeiros e riscos socioinstitucionais, além de diminuir a ocorrência de aspectos socioambientais e, consequentemente, a geração de impactos sociais de elevada magnitude e importância.
- **Aderência à demanda:** o traçado encontra-se mais próximo das áreas de maior adensamento populacional de Luziânia (GO), Valparaíso de Goiás (GO)

<sup>6</sup> Além da faixa de domínio central, as faixas de domínio laterais podem representar alternativas para implementação de parte do traçado.

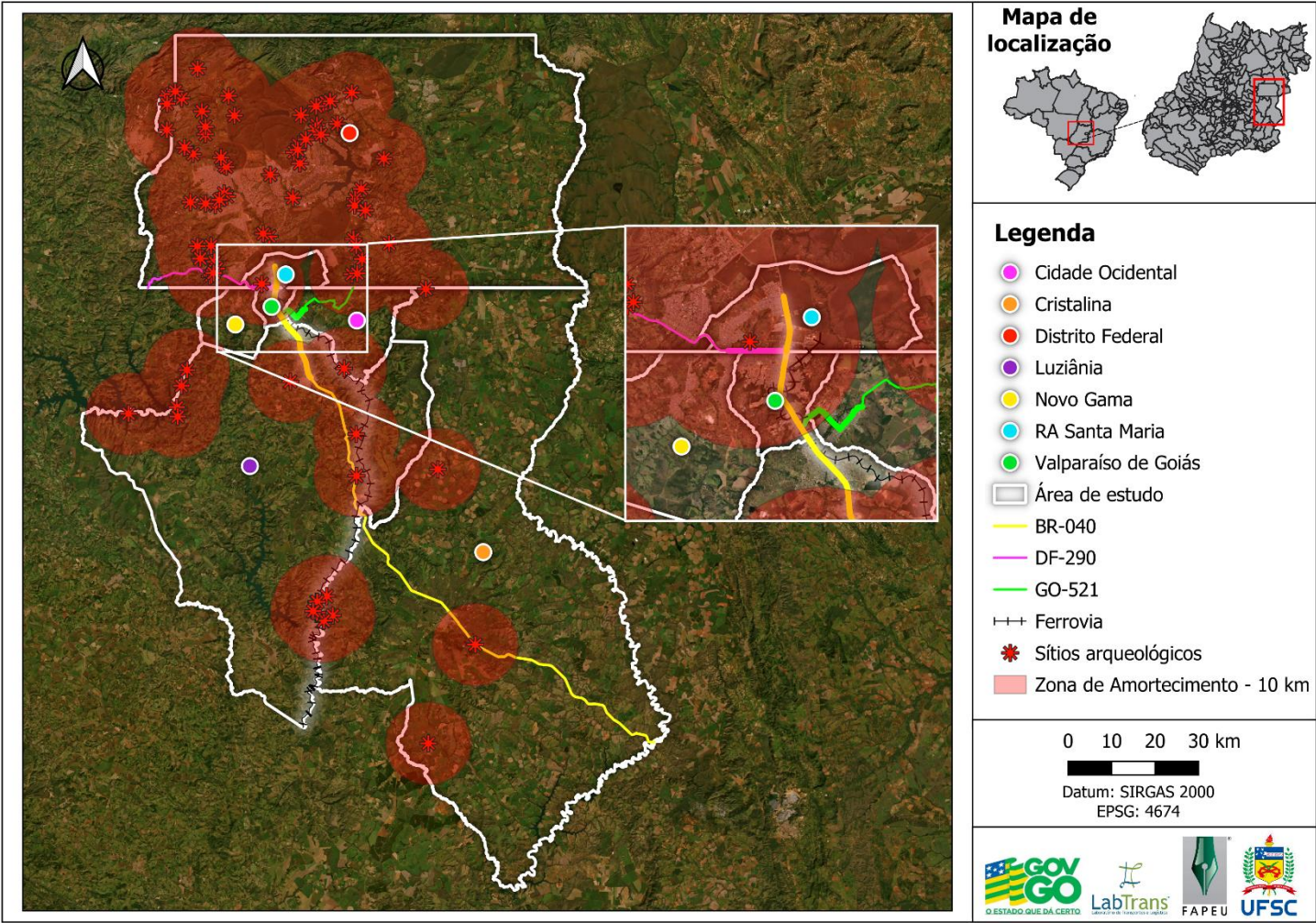
e da RA de Santa Maria (DF), favorecendo a captação de demanda e a acessibilidade ao sistema.

- **Integração regional:** o corredor apresenta conexões com rodovias que estruturam o eixo sul, conectando municípios como Cidade Ocidental (GO) e Novo Gama (GO), ampliando o potencial de integração intermodal.
- **Integração com o sistema existente:** a BR-040 localiza-se próximo à estação de BRT de Santa Maria, possibilitando conexão direta com a rede de transporte coletivo do DF.

Além dos aspectos indicados, outro fator de grande relevância em obras voltadas ao transporte de passageiros é o **aspecto ambiental**. Nesse sentido, a utilização de área já consolidada, como a faixa de domínio de uma rodovia federal, pode representar maior viabilidade no processo de licenciamento ambiental, bem como no gerenciamento ambiental da obra, pelos seguintes motivos:

- A. Poderá ser defendida, junto ao Ibama, a não submissão do empreendimento a um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e ao respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), optando-se pela elaboração de um estudo ambiental mais simplificado. Tal possibilidade decorre, principalmente, da não necessidade de elaboração de diagnóstico detalhado da fauna e da flora, que usualmente demanda prazo mínimo de 12 meses para sua execução, além da redução dos elementos a serem analisados nos componentes social e físico-químico. Dessa forma, observa-se uma redução significativa dos custos financeiros e do tempo necessário para a elaboração dos estudos e para a análise pelo órgão ambiental na fase pré-obra. Ademais, considerando a menor quantidade de elementos ambientais passíveis de interferência, reduz-se o número de impactos gerados e, conseqüentemente, a quantidade de programas socioambientais a serem propostos, indicando também redução de custos.
- B. Conforme pode ser observado na Figura 31, a escolha do traçado ao longo da BR-040, em comparação ao traçado ferroviário, resulta em menor incidência sobre áreas com potencial presença de patrimônio arqueológico, o que ocasiona redução de custos e de tempo para a elaboração dos estudos necessários à apresentação junto ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), além da diminuição dos impactos ambientais associados a esse componente.

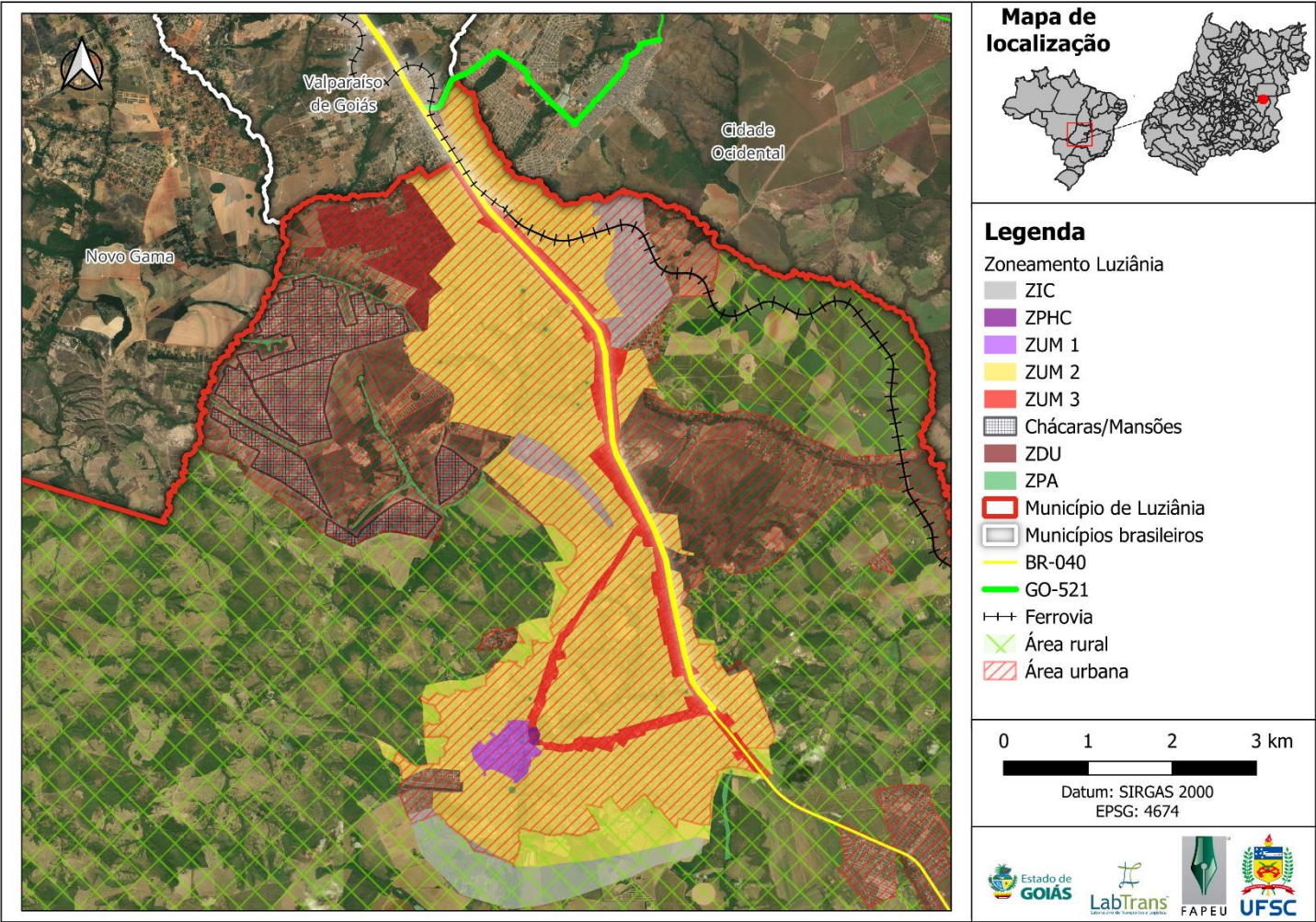
Figura 31 – Localização dos sítios arqueológicos na Área de Estudo



Fonte: IPHAN (20-). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

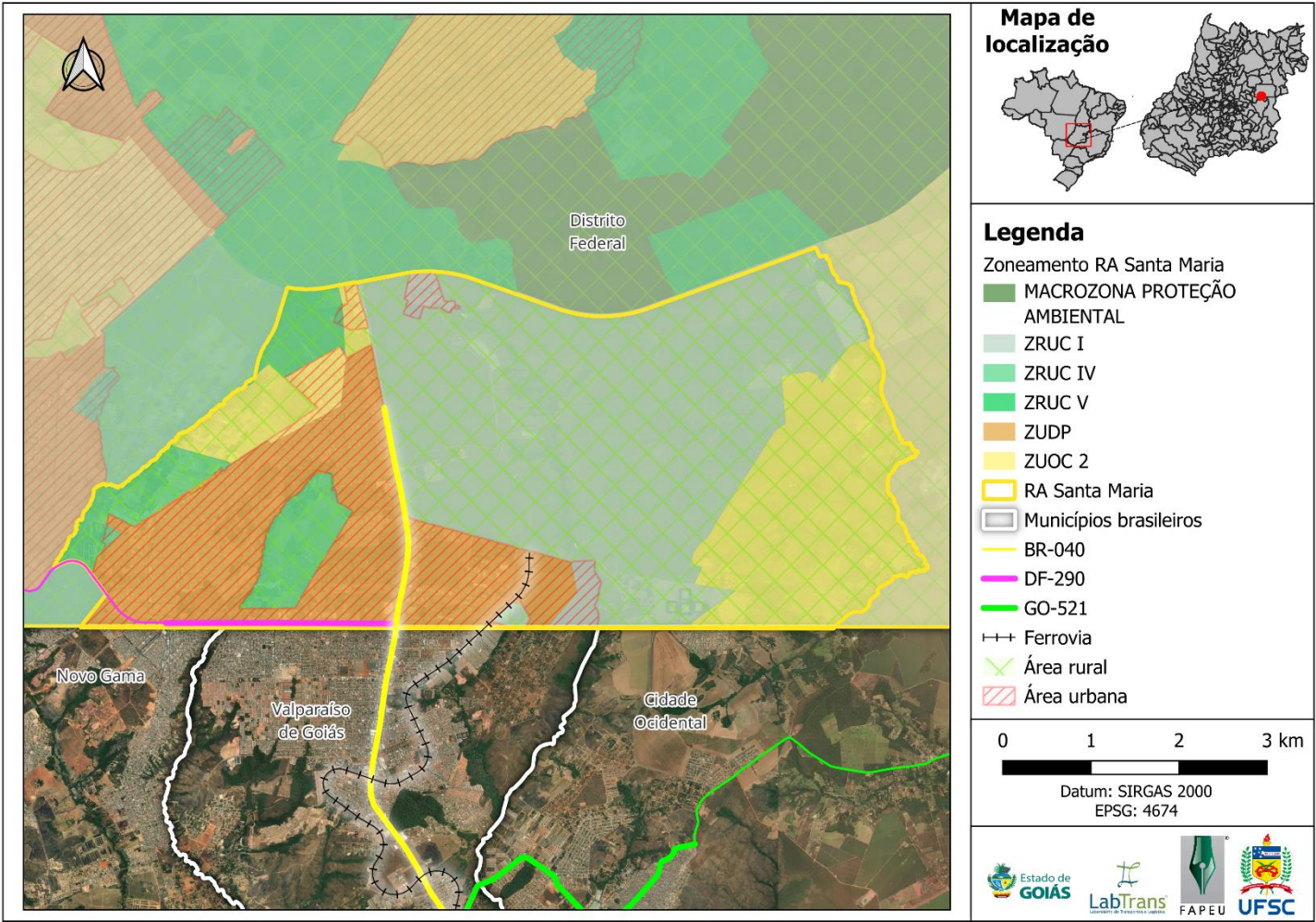
- C.** Há, ainda, a diminuição dos custos relacionados ao gerenciamento ambiental da obra, em virtude da redução da necessidade de estudos de monitoramento, recuperação de áreas degradadas e execução de outros programas ambientais que não precisariam ser propostos. Ressalta-se que, com a diminuição dos elementos do meio ambiente sujeitos a interferências, reduz-se proporcionalmente a quantidade de impactos gerados.
- D.** Ao se observarem a Figura 32 e a Figura 33, que apresentam as delimitações das áreas urbanas e rurais de Luziânia (GO) e da RA de Santa Maria (DF), constata-se que a rodovia BR-040 promove maior integração entre os núcleos populacionais urbanos quando comparada ao traçado ferroviário existente na região. Diante disso, infere-se a ocorrência de menor número de impactos ambientais negativos sobre os componentes físico, químico e biótico do meio ambiente, bem como a redução da magnitude e da importância desses impactos. Adicionalmente, ao se optar pelo traçado ao longo da BR-040, pode-se inferir o aumento da magnitude e da importância dos impactos sociais positivos, em função da maior facilidade de acesso da população ao sistema de transporte.

Figura 32 – Delimitações das áreas urbana e rural de Luziânia (GO)



Fonte: IBGE (s.d). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Figura 33 – Delimitações das áreas urbana e rural da RA de Santa Maria(DF)



Fonte: IBGE (s.d). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

### 3.1.3 PONTOS DE ATENÇÃO

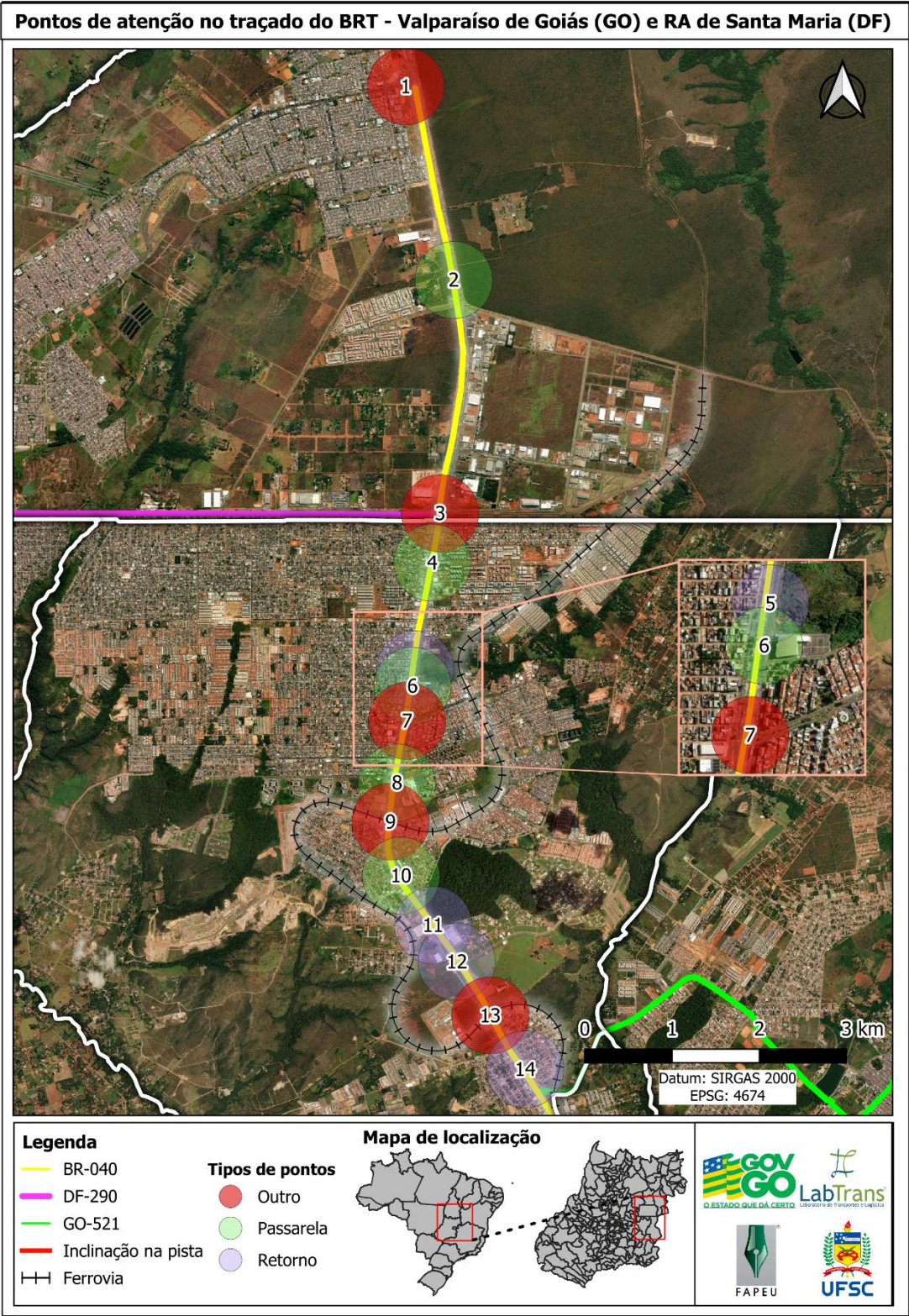
Ao se considerar a faixa de domínio central da BR-040, entre Luziânia (GO) e a RA de Santa Maria (DF), como traçado proposto, foi realizada uma análise de toda a extensão, a fim de identificar pontos que mereçam atenção prévia e que possam demandar análises complementares nas etapas subsequentes ao EVTESAL, como na fase de projeto.

A análise identificou 30 pontos de atenção ao longo do trajeto, divididos em três classificações, a saber:

- Passarela: o levantamento apontou a existência de seis passarelas para pedestres que cruzam a rodovia, majoritariamente localizadas em Valparaíso de Goiás (GO).
- Retorno: foram identificadas 17 áreas destinadas a retornos ou cruzamentos de veículos que atravessam o canteiro central da rodovia, dessas, 12 estão localizadas em Luziânia (GO).
- Outro: essa classificação refere-se a obstáculos ou características pontuais presentes no trajeto que podem demandar análises mais detalhadas e eventuais intervenções de engenharia, como construção de ponte e execução de terraplenagem.

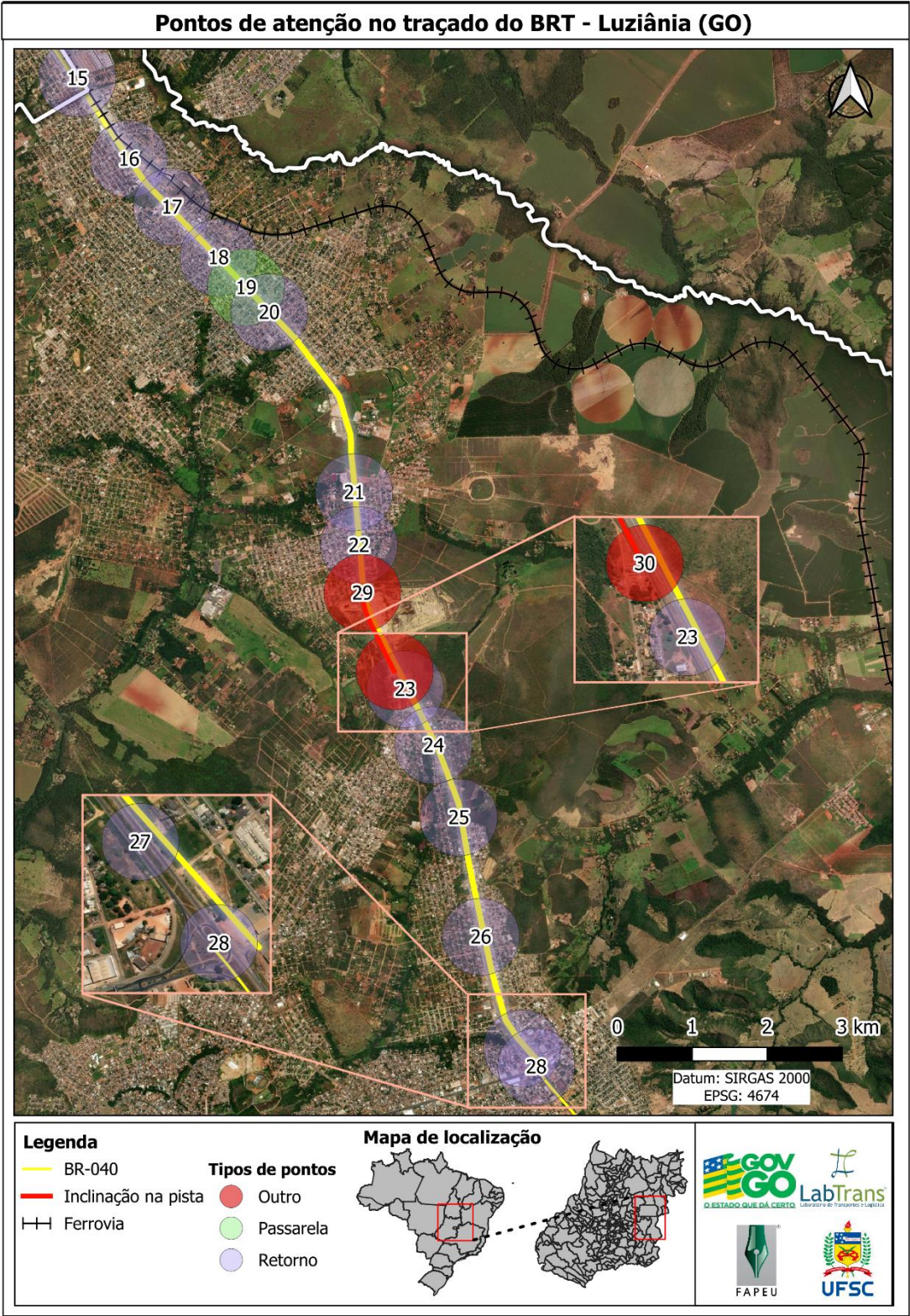
A Figura 34 e a Figura 35 indicam a localização dos 30 pontos observados, sendo os pontos em verde referentes às passarelas, os pontos em lilás indicativos da presença de retornos ou cruzamentos veiculares e os pontos em vermelho correspondentes a outros obstáculos ou características da via que mereçam atenção. Na sequência, os pontos mencionados serão detalhados, conforme a classificação previamente descrita.

Figura 34 – Pontos de atenção na faixa de domínio central da BR-040 entre a RA de Santa Maria (DF) e Valparaíso de Goiás (GO)



Fonte: DNIT (2022), IBGE (2022) e ANTT (2024). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Figura 35 – Pontos de atenção na faixa de domínio central da BR-040 em Luziânia (GO)



Fonte: DNIT (2022), IBGE (2022) e ANTT (2024). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

As passarelas indicadas pelos pontos em verde apresentam pilares localizados na faixa de domínio do canteiro central, conforme exemplificado na Figura 36 e na Figura 37. A

implantação de um sistema de BRT poderia contornar esses pilares, todavia, são necessários estudos para avaliar o possível impacto estrutural nas passarelas e eventuais intervenções porventura necessárias.

Figura 36 – Passarela indicada pelo ponto número 8



Fonte: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Figura 37 – Passarela indicada pelo ponto número 10



Fonte: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Como mencionado, os retornos ou cruzamentos sob o canteiro central constituem os pontos de maior incidência, totalizando 17 ocorrências, exemplificadas na Figura 38 e Figura 39.

Considerando a implantação do sistema de BRT na faixa de domínio central, recomenda-se a análise da necessidade de manutenção de todos os retornos atualmente existentes, tendo em vista que, para preservá-los, seriam necessárias a construção de diversas obras de arte especiais, como viadutos.

Figura 38 – Ponto de retorno indicado pelo ponto número 11



Fonte: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Figura 39 – Ponto de retorno indicado pelo ponto número 17



Fonte: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Os outros pontos de atenção, como já indicado, representam obstáculos ou características pontuais presentes no trajeto.

O ponto identificado pelo número 1 representa a necessidade de se definir e implantar uma solução de conexão entre o traçado planejado e a Estação BRT de Santa Maria. A localização do ponto 1, apresentada na Figura 34, situa-se em um viaduto próximo à referida estação, no DF.

Os pontos identificados pelos números 3 e 7 indicam a presença de viadutos que ocupam parte do espaço das faixas de domínio central e laterais. O viaduto nº 3, indicado na Figura 40, localiza-se na divisa entre Goiás e o DF, enquanto o viaduto indicado pelo nº 7, encontra-se em fase de construção no município de Valparaíso de Goiás (GO).

Figura 40 – Viaduto indicado pelo ponto número 3



Fonte: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Os pontos de atenção indicados pelos números 9 e 13 referem-se à existência de pontes na rodovia. Ambas as indicações correspondem a pontes que cruzam o traçado ferroviário existente nos respectivos locais. A Figura 41 refere-se à ponte indicada pelo número 9.

Figura 41 – Ponte indicada pelo ponto número 9



Fonte: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Por fim, os pontos identificados pelos números 29 e 30 representam as extremidades de um trecho da BR-040 que apresenta considerável desnível na faixa de domínio central e em parte do canteiro lateral, apresentado na Figura 42.

Esse segmento demandaria a execução de obras de movimentação de terra, tais como serviços de terraplenagem ou eventual necessidade de desvio de traçado.

Figura 42 – Ponte indicada pelo ponto número 9



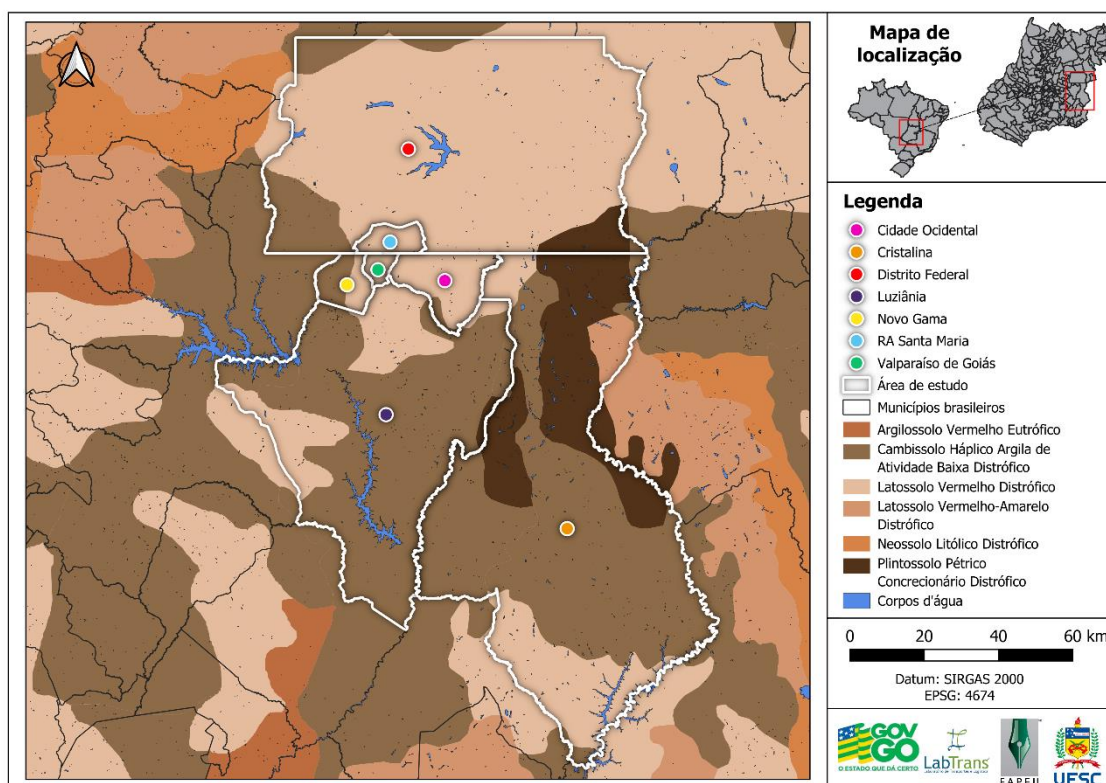
Fonte: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

### 3.1.4 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Visto que o traçado proposto para a implantação do TPC-MAC pode demandar a execução de obras de arte especiais, como viadutos e pontes, bem como a realização de movimentação de terras, incluindo seções de corte e aterro, torna-se pertinente relembrar as características do solo presente na área em questão. A caracterização completa do solo encontra-se apresentada no Produto I.B.

O traçado intercepta dois tipos predominantes de solo: Latossolo Vermelho Distrófico, presente majoritariamente até aproximadamente a metade do trecho na região de Luziânia (GO), e Cambissolo Háplico Argila de Atividade Baixa Distrófico, constante no segmento restante, conforme ilustram a Figura 43.

Figura 43 – Pedologia da Área de Estudo



Fonte: IBGE ([2021]). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2025)

Os Latossolos Vermelhos apresentam características de cor, textura e estrutura uniformes em profundidade, são suscetíveis à compactação, comumente verificada nos de textura argilosa ou muito argilosa (Santos; Zaroni, 2021a). São solos profundos (normalmente superiores a 2 metros), com estrutura granular muito pequena, são macios quando secos e se fragmentam facilmente quando úmidos. Ainda, são caracterizados como solos com alta permeabilidade à água (Sousa; Lobato, 2021).

Do ponto de vista geotécnico, a uniformidade de textura e estrutura em profundidade proporciona comportamento mecânico mais previsível, facilitando o dimensionamento de fundações e aterros. Entretanto, a grande profundidade desses solos exige que as sondagens alcancem estratos suficientemente resistentes, o que pode implicar maior comprimento de estacas em obras de arte especiais. Além disso, a elevada permeabilidade favorece a drenagem natural, mas demanda atenção no dimensionamento de sistemas de drenagem em áreas de corte, pois a infiltração de água pode mobilizar partículas finas e comprometer a estabilidade de taludes ao longo do tempo.

Os Cambissolos Háplicos são identificados normalmente em relevos forte-ondulado ou montanhosos. As principais características são a pequena profundidade e a ocorrência de pedras na massa do solo (Santos; Zaroni, 2021b). São solos pouco desenvolvidos, que ainda apresentam características do material originário (rocha), evidenciadas pela presença de minerais primários, com horizonte B incipiente (com pouco desenvolvimento estrutural), variando de pouco profundos a profundos, sendo normalmente de baixa permeabilidade (Santos; Zaroni, 2021b).

Do ponto de vista geotécnico, a ocorrência desses solos em relevos mais movimentados implica, em obras lineares, como rodovias, maior volume de cortes e taludes mais inclinados, aumentando o risco de instabilização e a necessidade de estruturas de contenção. A pequena profundidade até a rocha e a presença de fragmentos rochosos dificultam escavações mecanizadas e exigem avaliação criteriosa do material para uso em aterros, pois a granulometria heterogênea pode comprometer a compactação.

Ademais, a baixa permeabilidade favorece o acúmulo de água em subsuperfície, elevando a pressão de poros em períodos chuvosos e reduzindo temporariamente a resistência ao cisalhamento, condição que deve ser considerada no projeto de drenagem e no dimensionamento das estruturas.

Por fim, é importante destacar que, independentemente da classificação pedológica<sup>7</sup>, o projeto de fundações deve ser fundamentado em investigação geotécnica específica, com parâmetros como NSPT, resistência ao cisalhamento, capacidade de carga, nível do lençol freático e deformabilidade, conforme estabelecido pelas normas ABNT NBR 6122, ABNT NBR 8036 e ABNT NBR 6484.

---

<sup>7</sup> É importante considerar que a maioria das pesquisas sobre solos foi desenvolvida com fins agronômicos. Este cenário tem mudado, a partir da realização de novos estudos geotécnicos, com a obtenção de dados mais precisos, principalmente no que se refere às características dos solos em maior profundidade, possibilitando um uso mais amplo das informações pedológicas (Shinzato *et. al*, 2010).

## 3.2 PARECER TÉCNICO REFERENTE ÀS ALTERNATIVAS DE MODO A SER IMPLEMENTADO

Considerando a alternativa de utilização da faixa de domínio para a implantação de um sistema de TPC-MAC, foram avaliadas duas opções modais principais: modo ferroviário (trem de passageiros ou VLT) e sistema BRT.

Um sistema de BRT bem planejado pode alcançar resultados semelhantes aos do transporte sobre trilhos em termos de movimentação rápida de grandes volumes de passageiros, porém com custos menores, pois não exige obras caras como túneis e eletrificação (Hudson, 2017).

### 3.2.1 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO

Quando comparado aos sistemas sobre trilhos, tanto em infraestrutura quanto em sistemas complementares, o BRT apresenta menor custo de implantação inicial.

O custo por quilômetro de um BRT de alta qualidade é aproximadamente dois terços do valor de um VLT. Em termos mais amplos, ele pode custar de 4 a 20 vezes menos que o VLT e entre 10 a 100 vezes menos que um sistema de metrô (Reis *et al.*, 2014).

Tratando-se do comparativo de custos, uma publicação do portal Mobilize Brasil aponta essa diferença nos custos:

“O primeiro método de comparação entre os modos é o custo de implantação. Para o superintendente da Associação Nacional dos Transportes Públicos (ANTP), Marcos Bicalho, “BRT é mais barato e sua implantação mais rápida”. É que a expertise para se criar os corredores, explica, já é familiar para o brasileiro e as fabricantes dos veículos estão todas instaladas no país, não havendo necessidade de se importar os ônibus.

De acordo com estudo de Peter Alouche, o custo do BRT é de R\$ 30 milhões por quilômetro, enquanto o do VLT chega a R\$ 60 milhões por quilômetro de trilho.

A diferença se fez notar em Cuiabá, onde o valor estimado para a implantação do BRT, primeiro projeto de mobilidade escolhido para a Copa do Mundo era da ordem de R\$ 435 milhões. Em 2011, as autoridades cuiabanas mudaram de ideia, e conseguiram trocar os corredores de ônibus pelo VLT. Então, o valor subiu para R\$ 1,2 bilhão, quase três vezes mais que as linhas de ônibus.

A implantação de um BRT também é mais simples e menos demorada, conforme explica o presidente da NTU, Otávio Cunha. “Você faz um

corredor de BRT em dois anos e meio, entre projeto básico, executivo e a implantação”, afirma, para depois acrescentar que “um VLT não se faz em menos de 6 anos” (Fonte: Mobilize Brasil, 2013).

A diferença nos custos é também indicada por Wright e Hook, 2008. Apud. Cavalcante, 2024:

“[...] sistemas de BRT custam, em geral, de 500 mil dólares/km a 13 milhões de dólares/km, e a maioria dos sistemas é realizado por menos que 4 milhões de dólares/km. Já sistemas de bondes e VLT sem separação física aparecem no intervalo de 13 milhões de dólares/km a 40 milhões de dólares/km (Fonte: Wright e Hook, 2008. Apud. Cavalcante, 2024).

No que se refere aos investimentos estimados, os projetos analisados no âmbito do ENMU, para as regiões de Goiânia (GO) e do DF, desenvolvido pelo BNDES em parceria com o Ministério das Cidades, considerando os valores de CAPEX associados à infraestrutura e à frota, apresentam os montantes correspondentes conforme indicado na Tabela 3.

Tabela 3 – Investimento estimado por tecnologia nos novos projetos indicados nas RMs do DF e de Goiânia

| RM/RIDE | METRÔ (R\$ MILHÕES) | VLT (R\$ MILHÕES) | BRT (R\$ MILHÕES) | TOTAL (R\$ MILHÕES) |
|---------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| DF      | 1.574               | 11.135            | 8.626             | 21.335              |
| Goiânia | -                   | -                 | 4.720             | 4.720               |

Fonte: BNDES (2025a). Elaboração: LabTrans/UFSC – FAPEU (2026)

Considerando a quilometragem por tipo de modo dos novos projetos contemplados no ENMU, conforme apresentado na Tabela 1, e o total de investimentos por tecnologia desses projetos, indicado na Tabela 3, é possível estimar o custo médio por quilômetro para a implantação de cada modo, conforme apresentado na Tabela 4. Ressalta-se que se trata de uma estimativa aproximada, uma vez que o estudo deixa claro que, entre os projetos analisados, há intervenções que envolvem implantações, extensões e requalificações.

Tabela 4 – Novos projetos indicados nas RMs do DF e de Goiânia

| MODO  | VARIÁVEL                   | RM/RIDE |         |
|-------|----------------------------|---------|---------|
|       |                            | DF      | GOIÂNIA |
| METRÔ | Investimento (R\$ milhões) | 1.574   | -       |
|       | km                         | 3       | -       |
|       | Investimento/km            | 524,67  | -       |
| VLT   | Investimento (R\$ milhões) | 11.135  | -       |
|       | km                         | 123     | -       |
|       | Investimento/km            | 90,53   | -       |
| BRT   | Investimento (R\$ milhões) | 8.626   | 4.720   |
|       | km                         | 153     | 104     |
|       | Investimento/km            | 56,38   | 45,38   |

Fonte: BNDES (2025a). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

As estimativas da relação de custo de investimento por quilômetro, apresentadas na Tabela 4, indicam que, na RM do DF, a implantação de um sistema de VLT apresenta custo por quilômetro 60,57% superior ao de um sistema BRT. Por sua vez, o sistema metroviário demanda um investimento por quilômetro 830,60% maior em comparação ao custo de implantação do BRT.

Para obter um parâmetro de comparação com os custos de investimento para a implantação de sistemas de trens, a RM de São Paulo (SP) apresenta a indicação de sete projetos observados, totalizando 96 km de extensão. O investimento estimado é de R\$ 27.141.000, o que resulta em um custo de R\$ 282,72 milhões por quilômetro. Esse valor é 401,45% superior ao custo por quilômetro dos investimentos em sistemas de BRT na região do DF (BNDES, 2025a).

Outro ponto associado ao custo do empreendimento é o prazo de implantação, a bibliografia aponta que, em razão da menor complexidade construtiva e tecnológica, um sistema de BRT costuma apresentar um menor prazo de implantação que sistemas sob trilhos. A implantação de um eixo de BRT leva geralmente de 24 a 36 meses, um prazo consideravelmente inferior aos 5 anos exigidos pelo VLT e aos cerca de nove anos necessários para a conclusão de obras metroviárias (Silva, 2016).

Prazos mais curtos impulsionam benefícios sociais e econômicos mais rápidos, além de reduzir riscos de custo total final acima do planejado. Além disso, essa flexibilidade permite que o BRT seja expandido ou atualizado para veículos mais tecnologicamente avançados conforme o sistema amadurece.

### 3.2.2 COMPATIBILIDADE OPERACIONAL

A compatibilidade operacional com o sistema de BRT da RA de Santa Maria (DF) favorece a padronização tecnológica, a integração física e a racionalização da operação.

A Estação do BRT de Santa Maria (DF) funciona como um nó de recepção de usuários do transporte coletivo do DF, que chegam pelo eixo sul, e suas posteriores redistribuições para diversas linhas urbanas e alimentadoras. A introdução de um modo com capacidade muito superior (como trem/VLT) poderá gerar sobrecarga nos pontos de integração se a rede não estiver dimensionada para elevados fluxos de desembarque simultâneo.

A escolha do BRT favorece o equilíbrio entre capacidade de transferência e a demanda real do contexto, evitando a necessidade de reestruturações complexas na rede secundária. Além disso, esse fator também favorece os deslocamentos da Área de Estudo, majoritariamente de deslocamento pendular, conectando periferias a centros de emprego por meio de redes integradas de linhas troncais e alimentadoras.

A introdução de um modo ferroviário com elevada capacidade de transporte pode resultar na concentração de grandes volumes de passageiros em pontos de integração, gerando risco de sobrecarga operacional no sistema BRT de Santa Maria (DF). Tal condição é particularmente relevante considerando que, segundo dados da Pesquisa de O/D, utilizados nesse EVTESAL, parcela significativa dos deslocamentos gerados na área de influência do estudo tem como destino final outras regiões do DF, e não apenas as RAs de Santa Maria ou de Gama.

A estação do BRT de Santa Maria (DF), já não consegue atender adequadamente a demanda atual, tornando a ampliação fundamental para garantir melhores condições de atendimento, maior eficiência no sistema e mais conforto aos usuários. Conforme divulgado pela mídia local em fevereiro de 2026, o governo já prevê ampliação estrutural e pretende terminar a obra em dezembro de 2027 (Ferraz et al., 2026).

A proposta prevê dobrar a atual capacidade operacional do terminal, por meio da construção de mais duas plataformas de embarque, cada uma com 12 boxes. Zeno Gonçalves, secretário de Transporte e Mobilidade afirmou “hoje atendemos a cerca de 80 mil passageiros por dia e esse número deve crescer nos próximos anos...”, demonstrando uma procura cada vez maior pelo serviço (Ferraz et al., 2026). A expansão do terminal

permitirá maior integração com modais de alta capacidade, ampliando a eficiência do sistema e evitando a sobrecarga da estação, que desempenha papel fundamental no funcionamento do transporte coletivo.

Dessa forma, sob a ótica sistêmica, considerando não apenas a capacidade do modo principal, mas também a capacidade da rede de integração, o BRT demonstra maior aderência às condições operacionais e estruturais atuais do sistema de transporte coletivo da região estudada.

### **3.2.3 CAPACIDADE OPERACIONAL**

As alternativas ferroviárias (trem ou VLT) apresentam maior capacidade unitária de transporte por veículo. Entretanto, essa característica deve ser avaliada em conjunto com a capacidade dos sistemas de distribuição da demanda nas áreas de destino, conforme indicado no item 2.4.3.3.

Caso seja identificada a necessidade de ampliação da capacidade operacional, seja em cenários atuais ou futuros, ressalta-se que, embora o modo ferroviário esteja tradicionalmente associado a uma maior capacidade de transporte de passageiros, o Brasil conta atualmente com fabricantes de veículos de alta capacidade. Essa disponibilidade permite a escalabilidade dos sistemas de transporte coletivo, adequando-os de forma eficiente ao crescimento da demanda (Balago, 2026; Prefeitura Municipal de Curitiba, 2022; Volvo, 2025).

Nesse contexto, incluem-se os veículos BRT de alta capacidade e de grande porte, como os ônibus biarticulados, ilustrado na Figura 44, com capacidade de até 250 passageiros por veículo, podendo apresentar piso baixo e operação em plataformas elevadas, o que possibilita embarque rápido e acessível, além de modelos elétrico, com zero emissões de CO<sub>2</sub> e baixo nível de ruído (Volvo, 2025).

Figura 44 – Ônibus elétrico biarticulado em operação em Goiânia (GO)



Fonte: Balago (2026)

Esses veículos possibilitam níveis de fluxo de passageiros compatíveis com sistemas ferroviários leves (VLT), quando operados com intervalos reduzidos e em faixas exclusivas com prioridade semafórica. Em corredores operados de forma eficiente, a capacidade teórica pode superar 15.000 passageiros por hora por sentido, patamar compatível com diversas linhas de VLT de médio porte.

Ressalta-se que, embora veículos ferroviários individuais apresentem maior capacidade de transporte em comparação a veículos rodoviários isolados, a capacidade efetiva de um sistema está diretamente relacionada à sua integração com a rede de transporte existente.

### 3.3 ESTAÇÕES E OUTRAS INSTALAÇÕES

No âmbito dos sistemas de transporte, uma estação, usualmente, funciona como estrutura de embarque e desembarque. Caracteriza-se por operar dentro de uma linha ou corredor específico, onde seu papel é permitir o acesso dos passageiros ao serviço de transporte, com infraestrutura voltada a controle de acesso, oferecendo condições adequadas de circulação e informação ao usuário. A Figura 45 apresenta um exemplo de estação de BRT, localizada em Goiânia (GO).

Figura 45 – Estação de BRT localizada em Goiânia (GO)



Fonte: Revista Ônibus (s.d)

Com estrutura física geralmente maior que uma estação, um terminal, caracteriza-se como equipamento concebido para concentrar fluxos, integrar múltiplas linhas e estruturar deslocamentos, exigindo áreas amplas de plataformas, circulação, espera e apoio operacional.

Além da função de transporte, é comum que o terminal incorpore infraestrutura complementar, como comércio, serviços e equipamentos de conveniência, refletindo sua característica de polo de movimento. Como exemplo desse tipo de equipamento, destaca-se o terminal da Praça da Bíblia, localizado em Goiânia (GO), apresentado na Figura 46.

Figura 46 – Terminal da Praça da Bíblia, localizado em Goiânia (GO)



Fonte: Mais Goiás (2025)

Além das estações e terminais, outra infraestrutura essencial ao sistema de transporte são as garagens, responsáveis por assegurar as condições necessárias para a guarda, manutenção e preparação operacional da frota. Esses espaços, embora menos visíveis ao usuário, garantem a disponibilidade dos veículos, a organização das operações e o suporte às equipes envolvidas no funcionamento do sistema.

Como referência, o Manual de Infraestrutura Básica para Garagem da SPTrans detalha as características e requisitos para garagens e pátios, elementos cruciais para a operação e manutenção da frota de ônibus. O documento estabelece que uma garagem é um imóvel multifuncional, abrangendo administração, operação, abastecimento, lavagem, estacionamento e manutenção (São Paulo, 2018).

Sua estrutura interna é complexa, incluindo diversas construções e instalações técnicas indispensáveis para assegurar o pleno funcionamento, a segurança e a longevidade da frota de veículos. Isso envolve desde edificações administrativas e de apoio aos colaboradores até oficinas especializadas para intervenções mecânicas, elétricas e de funilaria, além de sistemas robustos de drenagem, tratamento de efluentes e

armazenamento de combustíveis, todos articulados para garantir que a operação não sofra interrupções.

Por outro lado, um Pátio é geralmente um empreendimento com propósito específico e exclusivo de estacionamento de ônibus. Embora possa conter praticamente todas as construções e cobrir a maioria das funções de uma garagem, a ausência de infraestrutura para abastecimento e/ou manutenção pesada é o que o distingue tecnicamente de uma garagem. O pátio atua como uma extensão logística, focada na guarda e organização dos veículos, enquanto a garagem centraliza o suporte técnico.

O Manual também aborda a área total da garagem, que deve ser dimensionada em função dos tipos de veículos da frota e das necessidades operacionais. Os limites mínimos para o dimensionamento da área total da garagem, contemplando todas as áreas citadas anteriormente, separado por tipo de veículo e sua área mínima (m<sup>2</sup>), são apresentados Tabela 5.

Tabela 5 – Área mínima para dimensionamento da garagem

| TIPO DE VEÍCULO       | ÁREA MÍNIMA (M <sup>2</sup> /VEÍCULO) |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Miniônibus/Midiônibus | 70                                    |
| Padron/Básico         | 90                                    |
| Padron de 15,0m       | 100                                   |
| Articulado            | 130                                   |
| Articulado de 23,0m   | 160                                   |
| Biarticulado          | 180                                   |

Fonte: São Paulo (2018b)

Por fim, vale destacar a importância de se analisarem áreas, especialmente próximas a estações e terminais, que possam funcionar como estacionamento para usuários do sistema que utilizam veículos próprios para se deslocarem até esses pontos e, a partir dali, utilizarem o transporte coletivo, como existe no terminal do BRT de Santa Maria (DF), por exemplo.

### 3.4 CONCLUSÃO

O direcionamento do modo de TPC-MAC para a conexão entre a área urbanizada de Luziânia (GO) e a Estação BRT de Santa Maria (DF) deve considerar, além dos aspectos técnicos e da demanda imediata, critérios associados à relação custo-benefício, à escalabilidade do sistema, à integração modal, à eficiência operacional, à compatibilidade com o contexto urbano e às condições locais de implantação.

A avaliação do traçado ao longo da faixa de domínio da BR-040 fundamenta-se em critérios técnicos, em função das seguintes características:

- Maior proximidade aos principais polos geradores de demanda (Luziânia (GO), Novo Gama (GO), Cidade Ocidental (GO) e Valparaíso de Goiás (GO)), favorecendo a captação de usuários e reduzindo as distâncias médias de acesso às paradas.
- Menor necessidade de desapropriações, contribuindo para a mitigação de riscos associados a entraves sociais, jurídicos e ambientais.
- Potencial de integração intermodal com os eixos rodoviários que estruturam o sistema de transporte atualmente em operação na região.
- Menores impactos ambientais com consequente redução de tempo e de custos inerentes a esses fatores.

Esses aspectos indicam maior potencial de atratividade do sistema analisado, enquanto a alternativa de aproveitamento da ferrovia existente apresenta condicionantes relacionadas à geomorfologia do traçado, que é caracterizado por elevada sinuosidade, com impactos na velocidade média operacional, infraestrutura comprometida, além de localização afastada de áreas com maior densidade de ocupação urbana.

No âmbito da análise de alternativas modais, o sistema BRT para a ligação entre Luziânia (GO) e a Estação de Santa Maria (DF) apresenta, para fins de avaliação no EVTESAL, as seguintes características técnicas:

- I. Estrutura de custos de implantação, operação e gestão compatível com o porte do empreendimento
- II. Capacidade operacional compatível com a demanda projetada, quando adotados veículos de grande porte
- III. Menor complexidade técnica e prazos de implantação reduzidos em comparação a alternativas de maior porte
- IV. Potencial de integração com o sistema de transporte existente na RA de Santa Maria (DF)
- V. Flexibilidade operacional e possibilidade de expansão gradual do sistema.

Desse modo, a partir das análises e dos apontamentos realizados, este EVTESAL indica a faixa de domínio central da rodovia BR-040 como o traçado mais viável, compreendendo o trecho entre o trevo de Luziânia (GO), na interseção com a Avenida Alfredo Nasser, e a Estação do BRT da RA de Santa Maria (DF).

Quanto ao modo de transporte, a análise comparativa, considerando aspectos como custo e tempo de implantação, compatibilidade operacional e capacidade operacional, indica que a opção pelo BRT, com a implantação de estações e/ou terminais ao longo do percurso, apresenta cenário mais vantajoso.

## 4 ESTUDO DE DEMANDA

Os estudos e análises iniciais a respeito da demanda observada e prevista para este EVTESAL são abordados neste capítulo, por meio dos seguintes tópicos:

- Delimitação da área de influência.
- Pesquisa de O/D.
- Matriz O/D.
- Projeção de demanda.

### 4.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA

As etapas iniciais das análises de demanda para estudos desta natureza são usualmente iniciadas pela definição da área de influência. Nesse contexto, abrange as áreas do DF e de Goiás diretamente influenciadas pela ligação em estudo.

#### 4.1.1 ÁREA DE ESTUDO

Com base nas áreas inicialmente indicadas para o trecho entre Luziânia (GO) e a RA de Santa Maria (DF), foram consideradas as localidades diretamente influenciadas pela ligação. Assim, no estágio atual do estudo, além de Luziânia (GO) e do DF, agregam-se à análise os municípios de Valparaíso de Goiás (GO), Novo Gama (GO), Cidade Ocidental (GO), Santo Antônio do Descoberto (GO) e Cristalina (GO), conforme já evidenciado no Produto I.B.

Ao se analisar as localidades consideradas, constata-se que, em sua maioria, tratam-se de cidades de médio porte, com significativo processo de crescimento populacional, com destaque para Cidade Ocidental (GO) e Valparaíso de Goiás (GO) (Fuzeira, 2024).

Em estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa e Estatística do DF (IPEDF), é possível observar a criação de maior independência dos municípios do Entorno em relação ao DF. Entretanto, quando se trata de mercado de trabalho e saúde, os moradores do Entorno ainda apresentam certa dependência: 21% da população, cerca de 267.044 pessoas, ainda buscam atendimento em equipamentos de saúde na capital federal. No mercado de trabalho, o número de empregos ocupados por habitantes, fora de seus municípios é de 457.790, com 27% centralizados no Plano Piloto (Fuzeira, 2024).

#### 4.1.2 ZONAS DE TRÁFEGO

A partir dos limites municipais, realizou-se a desagregação dos principais conglomerados populacionais, agrupando áreas com composição populacional e uso de solo semelhantes. Ao longo do desenvolvimento do estudo, surgiram demandas que exigiram ajustes na delimitação inicialmente proposta, resultando em algumas modificações nas zonas de tráfego.

No município de Luziânia (GO), a divisão foi atualizada em relação ao Produto I.B, e estruturada em três núcleos, considerando ocupação urbana e densidade populacional, a saber:

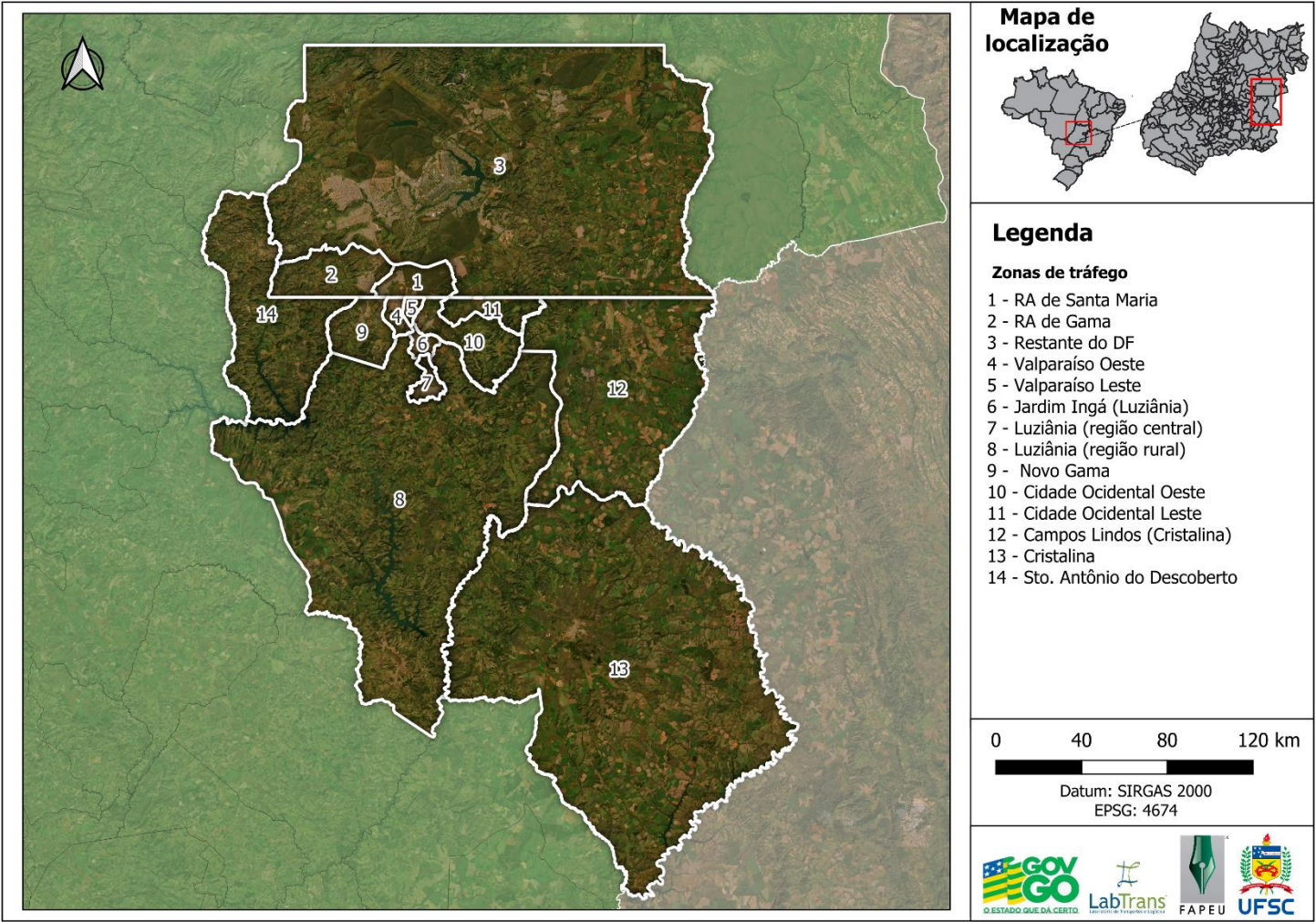
- Jardim Ingá: O distrito apresenta um grande conglomerado urbano separado da região central de Luziânia. Com uma certa proximidade a outros centros, como Cidade Ocidental e Valparaíso de Goiás, podendo apresentar dinâmicas independentes do restante do município.
- Luziânia – Área central: Considerou-se a parte central da cidade além de outros bairros do seu entorno imediato, caracterizados por uma maior concentração de atividades comerciais, de serviços e equipamentos públicos de educação e saúde.
- Luziânia – Rural: a delimitação da zona se deu de forma distinta das restantes, considerando a classificação de áreas rurais e urbanas (IBGE, 2022), caracterizadas predominantemente por baixo conglomerado populacional.

No caso de Santo Antônio do Descoberto (GO), as duas zonas inicialmente propostas foram unificadas, passando a constituir uma única zona. Em Valparaíso de Goiás (GO), manteve-se o critério previamente adotado, utilizando o eixo da BR-040 como elemento estruturador da divisão territorial, separando o município em Valparaíso Oeste e Valparaíso Leste.

De forma semelhante, em Cidade Ocidental (GO), a divisão também foi mantida, seguindo critérios de localização. Áreas mais próximas a Luziânia (GO) foram classificadas como Cidade Ocidental Oeste, enquanto as porções mais próximas ao DF foram definidas como Cidade Ocidental Leste. Por fim, optou-se por desconsiderar uma zona específica que abrangesse os demais municípios de Goiás, os quais se localizam afastados do eixo sul do DF.

A composição final das 14 ZTs que compreendem o estudo é apresentada na Figura 47.

Figura 47 – ZTs utilizadas para análises inerentes ao estudo



Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

## 4.2 PESQUISA DE ORIGEM E DESTINO (O/D)

A pesquisa de O/D, conforme descrito no Produto I.B, visa compreender a movimentação das pessoas entre as 14 ZTs, formando pares O/D. Nesse contexto, cada deslocamento identificado configura uma viagem. A fonte utilizada para obtenção dessas informações são os dados de telefonia móvel da empresa Claro, expandidos para considerar toda população da área analisada com base, sobretudo, na fatia de mercado da operadora na região.

A pesquisa de viagens com dados de telefonia móvel capta a movimentação dos usuários ao longo do dia, por meio do Registro de Detalhes de Chamadas (CDR). O CDR é o registro mínimo coletado pelas operadoras de telefonia para qualquer evento de comunicação gerado, o que inclui a localização, a identificação do usuário e estação (antena) atrelada ao evento. Esses dados são processados, para fins de anonimização e compilação do comportamento de mobilidade dos usuários.

As vantagens relacionadas a esse tipo de pesquisa são a representatividade da amostra e a passividade na coleta dos dados, ou seja, os dados podem ser coletados com uma abrangência altamente significativa, em relação ao tamanho da população, facilitando o processo de expansão da amostra e em uma frequência elevada sem a necessidade de empenhos contínuos de entrevistadores e pesquisadores.

O processo de obtenção dos dados O/D de telefonia móvel pode ser resumido pelas seguintes etapas:

- I. Criação do zoneamento a ser estudado.
- II. Sobreposição da geolocalização dos usuários em relação ao zoneamento proposto.
- III. Extração dos dados de interesse.

Os dados recebidos referem-se a 14 dias, distribuídos ao longo do ano de 2025, selecionados segundo critérios que contemplam diferentes contextos temporais: sazonalidade, variação semana e feriado, quais sejam:

- 15 de janeiro de 2025
- 12 de março de 2025
- 01 de maio de 2025
- 08 de maio de 2025
- 16 de julho de 2025
- 11 de agosto de 2025

- 12 de agosto de 2025
- 13 de agosto de 2025
- 14 de agosto de 2025
- 15 de agosto de 2025
- 16 de agosto de 2025
- 17 de agosto de 2025
- 22 de outubro de 2025
- 17 de dezembro de 2025.

Como indicado no Produto I.B, a variação intencional das datas analisadas tem como finalidade proporcionar uma visão mais abrangente do comportamento da demanda de viagens entre as localidades estudadas, considerando diferentes períodos do ano, contribuindo para uma caracterização mais robusta e para a representatividade dos padrões de deslocamento na região.

### 4.3 MATRIZ O/D

Por meio dos dados de telefonia móvel, pôde-se elaborar a matriz O/D, que tem como objetivo identificar a movimentação de um dia típico entre todas as ZTs que abrangem o escopo do estudo.

Para a consolidação da matriz O/D de viagens médias diárias, foram considerados somente os dias úteis (de segunda-feira a sexta-feira) da amostra, excluindo-se o feriado de 01 de maio, dia do Trabalhador. Ainda, foram desconsideradas microviagens, que são aquelas realizadas entre curtas distâncias, por modos ativos.

A Tabela 6 apresenta a matriz O/D com o total de viagens médias diárias entre todas as ZTs estipuladas.

Tabela 6 – Matriz O/D entre ZTs

| O/D                             | CAM-<br>POS<br>LINDOS | CIDADE<br>OCIDEN-<br>TAL<br>LESTE | CIDADE<br>OCIDEN-<br>TAL<br>OESTE | CRISTA-<br>LINA | JARDIM<br>INGÁ | LUZIÂNIA<br>(REGIÃO<br>CENTRAL) | LUZIÂNIA<br>(REGIÃO<br>RURAL) | NOVO<br>GAMA | RA DE<br>GAMA | RA DE<br>SANTA<br>MARIA | RESTAN-<br>TE DO<br>DF | STO.<br>ANTÔNIO<br>DO<br>DESCO-<br>BERTO | VALPA-<br>RAÍSO<br>LESTE | VALPA-<br>RAÍSO<br>OESTE |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| CAMPOS<br>LINDOS                | 3.858                 | 32                                | 48                                | 911             | 272            | 1.488                           | 683                           | 9            | 37            | 44                      | 1.956                  | 3                                        | 21                       | 49                       |
| CIDADE<br>OCIDENTAL<br>LESTE    | 32                    | 7.594                             | 2.407                             | 32              | 371            | 522                             | 85                            | 109          | 124           | 479                     | 8.414                  | 13                                       | 196                      | 273                      |
| CIDADE<br>OCIDENTAL<br>OESTE    | 58                    | 2.532                             | 29.040                            | 130             | 8.832          | 1.976                           | 370                           | 1.094        | 1.703         | 3.920                   | 17.703                 | 62                                       | 5.733                    | 6.628                    |
| CRISTALINA                      | 852                   | 27                                | 142                               | 52.695          | 744            | 3.448                           | 2.588                         | 112          | 232           | 251                     | 3.657                  | 34                                       | 162                      | 348                      |
| JARDIM INGÁ                     | 274                   | 349                               | 8.849                             | 793             | 37.406         | 12.316                          | 1.470                         | 2.211        | 2.803         | 4.491                   | 25.552                 | 90                                       | 5.285                    | 11.636                   |
| LUZIÂNIA<br>(REGIÃO<br>CENTRAL) | 1.485                 | 495                               | 2.024                             | 3.928           | 12.370         | 83.690                          | 20.061                        | 1.274        | 1.378         | 2.055                   | 10.183                 | 129                                      | 2.054                    | 4.183                    |
| LUZIÂNIA<br>(REGIÃO<br>RURAL)   | 687                   | 85                                | 382                               | 3.101           | 1.458          | 18.912                          | 13.302                        | 196          | 239           | 369                     | 2.039                  | 19                                       | 302                      | 641                      |

| O/D                        | CAMPOS LINDOS | CIDADE OCIDENTAL LESTE | CIDADE OCIDENTAL OESTE | CRISTALINA | JARDIM INGÁ | LUZIÂNIA (REGIÃO CENTRAL) | LUZIÂNIA (REGIÃO RURAL) | NOVO GAMA | RA DE GAMA | RA DE SANTA MARIA | RESTANTE DO DF | STO. ANTÔNIO DO DESCOBERTO | VALPARAÍSO LESTE | VALPARAÍSO OESTE |
|----------------------------|---------------|------------------------|------------------------|------------|-------------|---------------------------|-------------------------|-----------|------------|-------------------|----------------|----------------------------|------------------|------------------|
| NOVO GAMA                  | 19            | 99                     | 1.106                  | 120        | 2.308       | 1.267                     | 207                     | 59.020    | 21.345     | 19.733            | 31.160         | 1.443                      | 3.359            | 10.765           |
| RA DE GAMA                 | 26            | 108                    | 1.667                  | 248        | 2.749       | 1.315                     | 233                     | 22.641    | 106.925    | 29.637            | 92.906         | 5.911                      | 3.753            | 7.839            |
| RA DE SANTA MARIA          | 47            | 523                    | 4.115                  | 299        | 4.369       | 1.963                     | 352                     | 20.099    | 28.787     | 68.400            | 89.234         | 609                        | 9.458            | 15.592           |
| RESTANTE DO DF             | 2.144         | 8.475                  | 17.721                 | 5.477      | 27.656      | 11.248                    | 2.392                   | 34.663    | 87.659     | 86.644            | 5.717.985      | 28.324                     | 22.316           | 38.388           |
| STO. ANTÔNIO DO DESCOBERTO | 5             | 13                     | 60                     | 28         | 92          | 129                       | 20                      | 1.349     | 5.457      | 628               | 27.107         | 37.843                     | 119              | 219              |
| VALPARAÍSO LESTE           | 13            | 186                    | 5.655                  | 200        | 5.327       | 1.901                     | 294                     | 3.356     | 3.822      | 9.225             | 21.435         | 113                        | 15.614           | 10.691           |
| VALPARAÍSO OESTE           | 52            | 243                    | 6.739                  | 451        | 12.651      | 4.325                     | 672                     | 10.687    | 7.784      | 15.290            | 36.083         | 210                        | 10.825           | 32.099           |

Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Desconsiderando os deslocamentos internos (dentro de cada ZT), os pares O/D com maiores médias de deslocamentos diários, considerando o somatório dos dois sentidos, são:

- I.** Restante do DF e RA de Gama – 180.565 viagens
- II.** Restante do DF e RA de Santa Maria – 175.878 viagens
- III.** Restante do DF e Valparaíso Oeste – 74.471 viagens
- IV.** Restante do DF e Novo Gama – 65.823 viagens
- V.** RA de Gama e RA de Santa Maria – 58.424 viagens
- VI.** Restante do DF e Sto. Antônio do Descoberto – 55.431 viagens
- VII.** Restante do DF e Jardim Ingá – 53.208 viagens
- VIII.** RA de Gama e Novo Gama – 43.986 viagens
- IX.** Valparaíso Leste e Restante do DF – 43.751 viagens
- X.** RA de Santa Maria e Novo Gama – 39.832 viagens.

Para melhor visualizar a conformação dos deslocamentos entre as cidades consideradas no estudo, a Tabela 7 agrupa as ZTs localizadas dentro da mesma cidade ou do DF.

Tabela 7 – Matriz O/D entre as cidades da Área de Estudo

| O/D                        | CIDADE OCIDENTAL | CRISTALINA | DF        | LUZIÂNIA | NOVO GAMA | STO. ANTÔNIO DO DESCOBERTO | VALPARAÍSO DE GOIÁS |
|----------------------------|------------------|------------|-----------|----------|-----------|----------------------------|---------------------|
| CIDADE OCIDENTAL           | 41.573           | 252        | 32.343    | 12.156   | 1.202     | 75                         | 12.829              |
| CRISTALINA                 | 249              | 58.316     | 6.177     | 9.224    | 121       | 36                         | 579                 |
| DF                         | 32.609           | 8.240      | 6.308.177 | 52.278   | 77.403    | 34.843                     | 97.346              |
| LUZIÂNIA                   | 12.184           | 10.269     | 49.109    | 200.985  | 3.681     | 239                        | 24.100              |
| NOVO GAMA                  | 1.205            | 139        | 72.238    | 3.782    | 59.020    | 1.443                      | 14.125              |
| STO. ANTÔNIO DO DESCOBERTO | 73               | 32         | 33.192    | 242      | 1.349     | 37.843                     | 339                 |
| VALPARAÍSO DE GOIÁS        | 12.823           | 717        | 93.639    | 25.170   | 14.043    | 323                        | 69.228              |

Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Desconsiderando os deslocamentos internos (dentro de cada cidade ou do DF), os pares O/D com maiores médias de deslocamentos diários são:

- I. DF e Valparaíso de Goiás – 190.985 viagens
- II. DF e Novo Gama – 149.641 viagens
- III. DF e Luziânia – 101.387 viagens
- IV. DF e Sto. Antônio do Descoberto – 68.036 viagens;
- V. DF e Cidade Ocidental – 64.952 viagens.

### 4.3.1 VALIDAÇÃO DA MATRIZ O/D

Para validar os dados obtidos da telefonia móvel, utilizaram-se duas premissas:

- Determinação do Índice de Mobilidade para cada ZT.
- Comparação com valores de Volume Médio Diário Anual (VMDa) determinados para o trecho da BR-040 entre Luziânia (GO) e a divisa com o DF.

#### 4.3.1.1 ÍNDICE DE MOBILIDADE

A determinação do Índice de Mobilidade ocorre da divisão do valor de viagens diárias produzidas por cada ZT (considerando a soma das médias das viagens com origem e com destino na respectiva ZT), pelo total da população residente na ZT conforme o Censo do IBGE de 2022. Logo, o Índice de Mobilidade indica a média de viagens diárias realizadas por habitantes de uma área determinada.

A estimativa da população de cada zona de tráfego consiste na extração da população residente, disponibilizada pelos microdados do Censo 2022 (IBGE), em nível de setor censitário. A partir dessa informação, definiram-se as densidades populacionais de cada setor e do posterior agrupamento para a conformação das ZTs que compreendem o projeto, respeitando as relações de sobreposição entre setores censitários e as ZTs. O procedimento é descrito pela Equação (1):

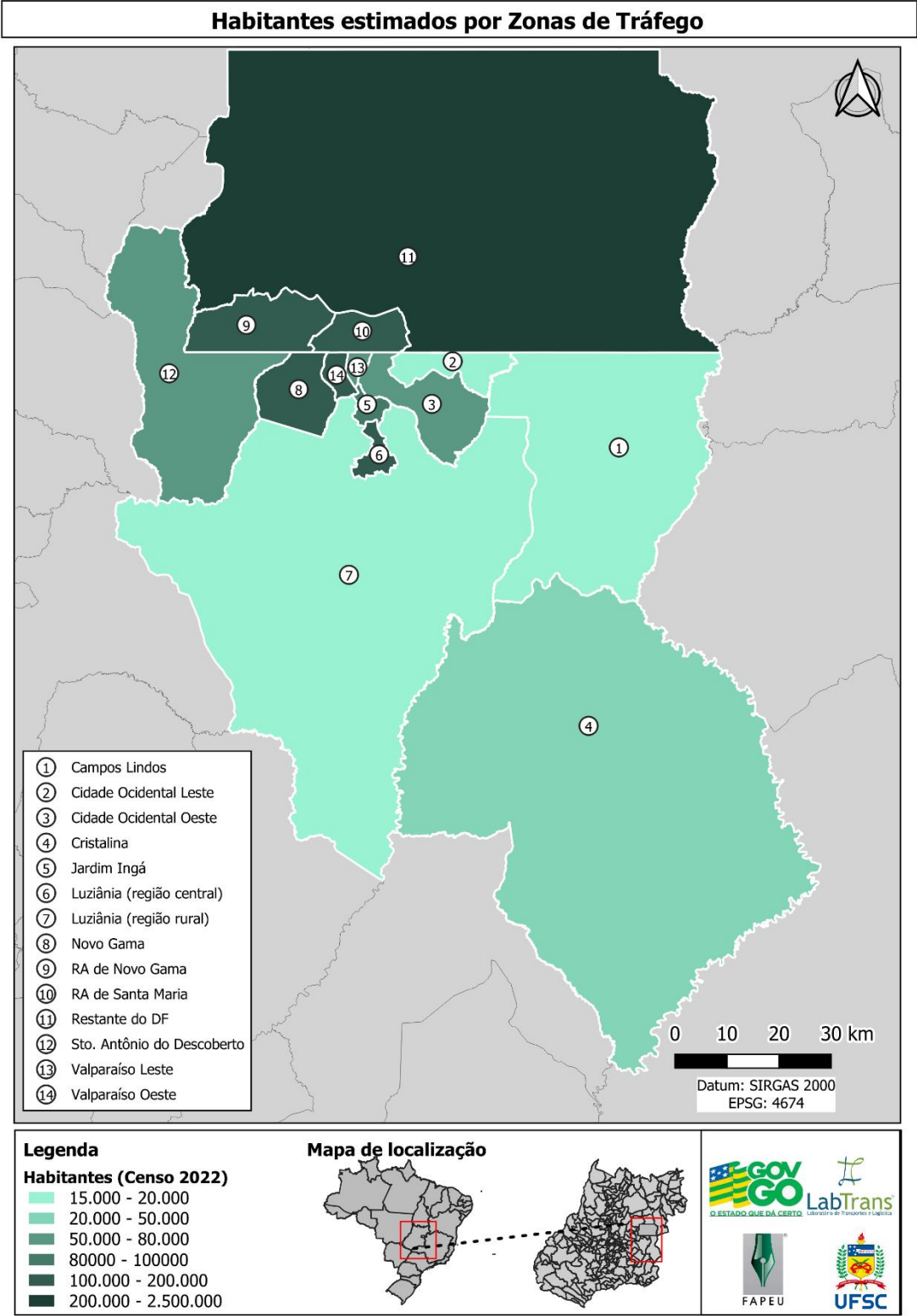
$$Populacao2022_z = \frac{Populacao2022_s}{AreaKm_s^2} * \frac{(AreaKm_s^2 \cap AreaKm_z^2)}{AreaKm_s^2} \quad (1)$$

Em que:

- s é o setor censitário;
- z é a zona de tráfego.

A população total estimada para cada ZT está representada na Figura 48, abrangendo um total de 3.554.796 habitantes.

Figura 48 – Habitantes estimados por ZT



Fonte: IBGE (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Os resultados do Índice de Mobilidade para cada ZT, considerando a população e o número de viagens com origem e destino em cada ZT são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Coeficiente de Mobilidade por ZT

| ZT                         | ORIGEM           | DESTINO          | POPULAÇÃO<br>(CENSO<br>2022) | ÍNDICE DE<br>MOBILIDADE |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------------------|-------------------------|
| Campos Lindos              | 9.411            | 9.551            | 15.241                       | 1,2                     |
| Cidade Ocidental Leste     | 20.650           | 20.761           | 15.407                       | 2,7                     |
| Cidade Ocidental Oeste     | 79.779           | 79.955           | 76.360                       | 2,1                     |
| Cristalina                 | 65.291           | 68.413           | 47.024                       | 2,8                     |
| Jardim Ingá                | 113.524          | 116.606          | 88.748                       | 2,6                     |
| Luziânia (região central)  | 145.310          | 144.502          | 102.989                      | 2,8                     |
| Luziânia (região rural)    | 41.733           | 42.730           | 17.392                       | 4,9                     |
| Novo Gama                  | 151.953          | 156.819          | 103.804                      | 3,0                     |
| RA de Gama                 | 275.958          | 268.296          | 139.467                      | 3,9                     |
| RA de Santa Maria          | 243.846          | 241.166          | 116.622                      | 4,2                     |
| Restante do DF             | 6.091.093        | 6.085.414        | 2.560.754                    | 4,8                     |
| Sto. Antônio do Descoberto | 73.069           | 74.802           | 72.127                       | 2,1                     |
| Valparaíso Leste           | 77.831           | 79.196           | 64.093                       | 2,4                     |
| Valparaíso Oeste           | 138.112          | 139.349          | 134.768                      | 2,1                     |
| <b>TOTAL</b>               | <b>7.527.560</b> | <b>7.527.560</b> | <b>3.554.796</b>             | <b>4,2</b>              |

Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Ao se agrupar os valores obtidos em cada ZT para representar cada município considerado, tem-se o Índice de Mobilidade por cidade e no DF, indicados na Tabela 9.

Tabela 9 – Coeficiente de Mobilidade por município e no DF

| MUNICÍPIO                  | ORIGEM           | DESTINO          | POPULAÇÃO (CENSO 2022) | ÍNDICE DE MOBILIDADE |
|----------------------------|------------------|------------------|------------------------|----------------------|
| Cidade Ocidental           | 100.429          | 100.429          | 91.767                 | 2,2                  |
| Cristalina                 | 74.702           | 74.702           | 62.265                 | 2,4                  |
| DF                         | 6.610.896        | 6.610.896        | 2.816.843              | 4,7                  |
| Luziânia                   | 300.567          | 300.567          | 209.129                | 2,9                  |
| Novo Gama                  | 151.953          | 151.953          | 103.804                | 2,9                  |
| Sto. Antônio do Descoberto | 73.069           | 73.069           | 72.127                 | 2,0                  |
| Valparaíso                 | 215.944          | 215.944          | 198.861                | 2,2                  |
| <b>TOTAL</b>               | <b>7.527.560</b> | <b>7.527.560</b> | <b>3.554.796</b>       | <b>4,2</b>           |

Fonte: IBGE (2022). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Conforme aborda o Sistema de Informação da Mobilidade Urbana (Simob), municípios mais populosos acabam por ter Índices de Mobilidade maiores, cerca de 1,92 viagens por habitante para municípios com mais de 1 milhão de habitantes, 1,60 para municípios com população entre 500 mil e 1 milhão e 1,56 para municípios entre 250 mil e 500 mil habitantes (Simob, 2016).

Conforme apresentado na Tabela 9, todos os municípios goianos possuem um Índice de Mobilidade variando entre 2 e 3, enquanto o DF apresenta um valor consideravelmente superior. Tais valores podem ser reflexo da dinâmica existente entre os municípios goianos analisados e o DF, em que existem muitos deslocamentos diários relacionados a estudo e trabalho.

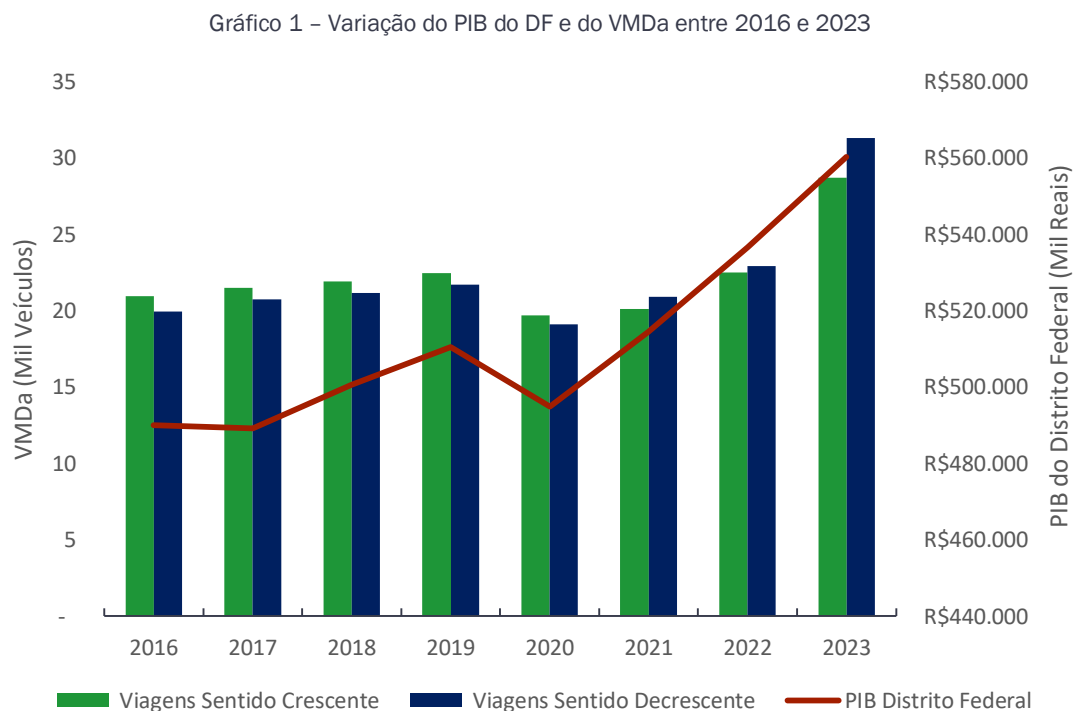
#### 4.3.1.2 VOLUME MÉDIO DIÁRIO ANUAL (VMDA)

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), em parceria com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), desenvolveu uma metodologia para obtenção do VMDa em todos os segmentos de rodovias federais pavimentadas para o ano de 2023. Os dados são informados de modo segregado por sentido e por categoria de veículo (DNIT, [s.d.]).

O trecho considerado foi o da BR-040 entre o entroncamento com a BR-050 (Luziânia (GO) e o ponto de divisa entre Goiás e o DF.

Como os valores do VMDa referem-se ao ano de 2023 e os dados da pesquisa O/D ao ano de 2025, foi necessário estimar os valores de VMDa por categoria para os anos de 2024 e 2025. Para se realizar essa estimativa, utilizou-se como fonte a taxa de crescimento do PIB do DF, por apresentar variação aproximada da taxa de crescimento das viagens para todas as categorias.

O Gráfico 1 ilustra o padrão de variação do PIB do DF e VMDa nos dois sentidos para o trecho analisado, entre 2016 e 2023.



Fonte: DNIT (2006). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

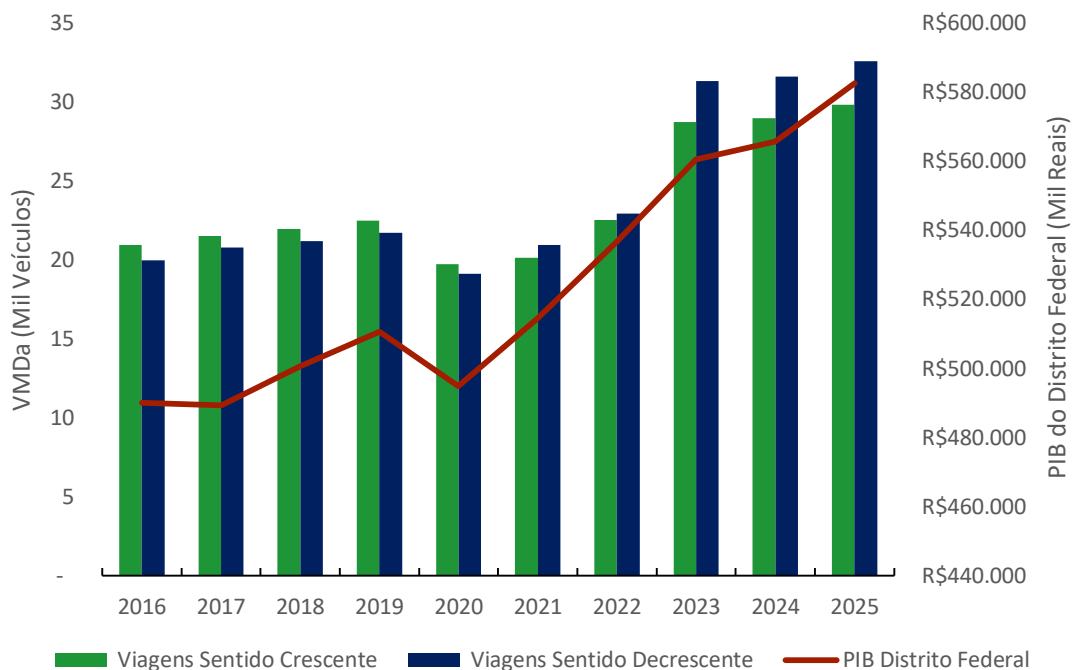
As projeções futuras do PIB do DF, variável dependente obtida do sistema de Contas Regionais do IBGE (IBGE, 2023b), foram estimadas por meio do método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), conforme Wooldridge (2009), utilizando como variável explicativa o crescimento real do PIB Nacional, medido pelo índice de volume do PIB, coletado do Sistema de Contas Nacionais – IBGE (IBGE, 2023c), acrescido de um termo constante.

Os valores projetados do PIB Nacional foram extraídos do relatório elaborado pela Instituição Fiscal Independente (Senado Federal, 202-). O modelo econométrico resultante é apresentado na Equação (2).

$$PIB_{DF} = -146.443 + 3758,5 * \text{Índice\_Volume\_Brasil} \quad (2)$$

Os resultados da estimação do VMDa para os anos de 2024 e 2025 estão ilustrados no Gráfico 2. A mesma taxa de crescimento esperada foi aplicada a todas as categorias de veículos indicadas.

Gráfico 2 – Estimativa dos valores de VMDa para 2024 e 2025



Fonte: DNIT (2006). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Para que seja possível a validação dos dados obtidos da Pesquisa de O/D, foi necessário converter os valores de VMDa para o total de pessoas que se deslocaram pelo trecho analisado. Para isso, foram utilizados os Coeficientes de Ocupação (CO) para cada categoria de veículo, com base no Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (DNIT, 2006).

A Tabela 10 apresenta as categorias de veículos, o CO atribuído a cada categoria, os valores estimados de VMDa para 2025 e o valor convertido para o total de pessoas que se deslocaram.

Tabela 10 – Conversão dos valores de VMDa para pessoas que se deslocaram (2025)

| CATEGORIAS DE VEÍCULOS            | CO<br>(PESSOAS/VEÍCULOS) | VALORES<br>ESTIMADOS DE<br>VMDA (2025) | VALORES<br>CONVERTIDOS<br>DE VEÍCULOS<br>PARA PESSOAS<br>(2025) |
|-----------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Ônibus de 2 a 3 eixos             | 45,7                     | 3.961                                  | 181.002                                                         |
|                                   |                          | 2.449                                  | 111.924                                                         |
| Ônibus e Caminhões de 4 a 9 eixos | 1                        | 1.298                                  | 1.298                                                           |
|                                   |                          | 625                                    | 625                                                             |
|                                   |                          | 1.107                                  | 1.107                                                           |
|                                   |                          | 442                                    | 442                                                             |
|                                   |                          | 13                                     | 13                                                              |
|                                   |                          | 502                                    | 502                                                             |
| Veículos de Passeio               | 1,67                     | 49.951                                 | 83.419                                                          |
| Motocicletas                      | 1                        | 1.274                                  | 1.274                                                           |
| <b>TOTAL</b>                      |                          | <b>61.623</b>                          | <b>381.606</b>                                                  |

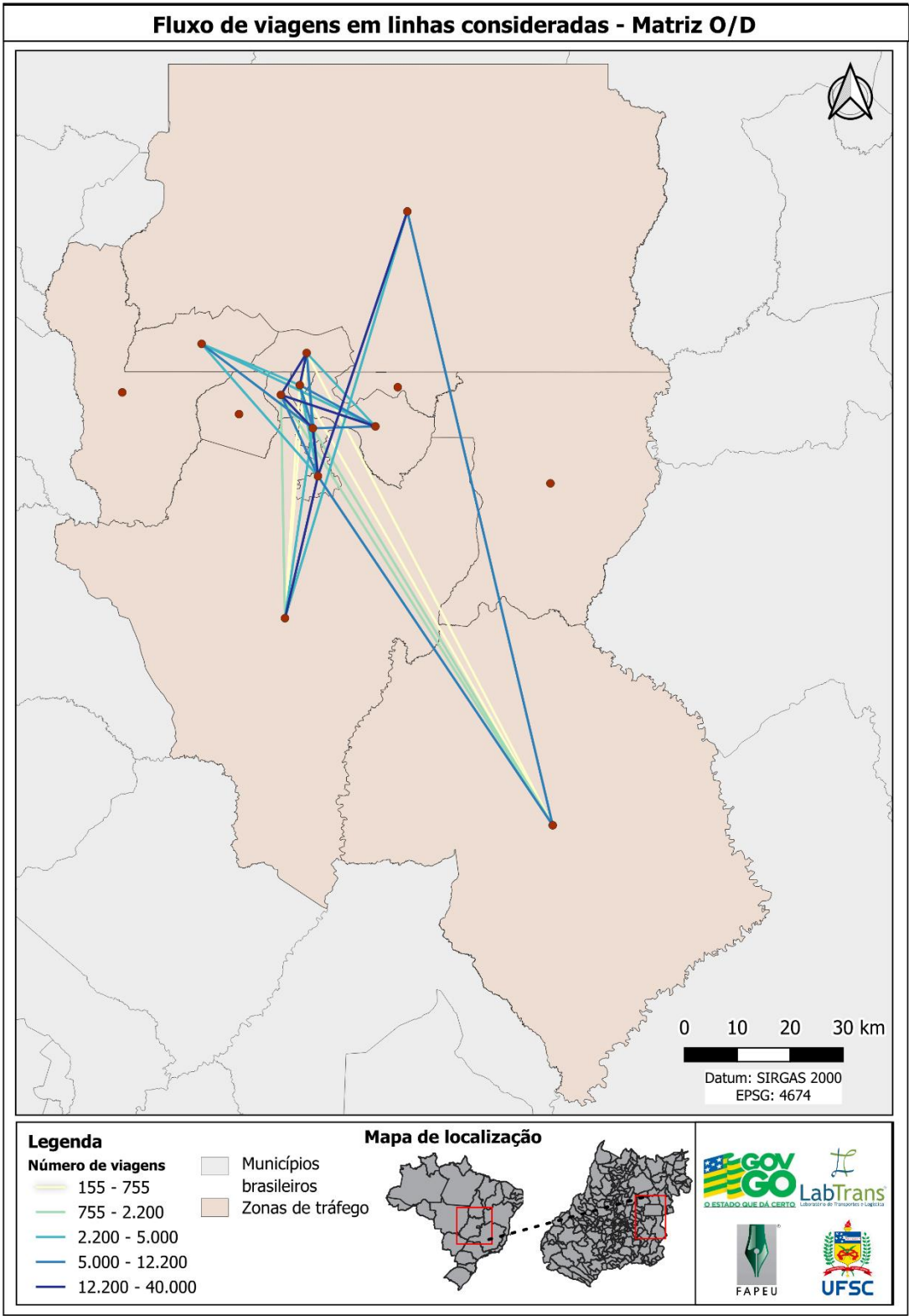
Fonte: DNIT (2006). Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Depois de identificar a estimativa da média de volume diário de pessoas que se deslocaram pelo trecho considerado da BR-040, utilizando os dados do VMDa, faz-se necessário estimar qual a quantidade do total de viagens identificadas da Pesquisa O/D correspondem a deslocamentos realizados pelo mesmo trecho da BR-040.

Para isso, foram identificadas linhas de desejos entre pares O/D que, por conta de suas localizações tendem a realizar as viagens por meio da BR-040, e a quantidade de viagens

contabilizadas na média diária para cada um desses pares O/D. As linhas de desejo entre os pares O/D considerados e o fluxo médio diário de viagens são indicadas na Figura 49.

Figura 49 – Fluxo de viagens nos pares O/D considerados



Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Considerando todas as viagens médias diárias obtidas da Pesquisa de O/D, dos pares O/D indicados, totalizam-se cerca de 444 mil viajantes por dia, enquanto os dados convertidos do VMDa de 2025, representam cerca de 382 mil viagens por dia, uma diferença de 16,2% entre os valores observados.

Visto que parte das viagens obtidas na Pesquisa de O/D considerada pode ter sido realizada por caminhos distintos da BR-040 e que os dados convertidos do VMDa são estimativas, entende-se que os dados oriundos da Pesquisa de O/D estão satisfatoriamente validados.

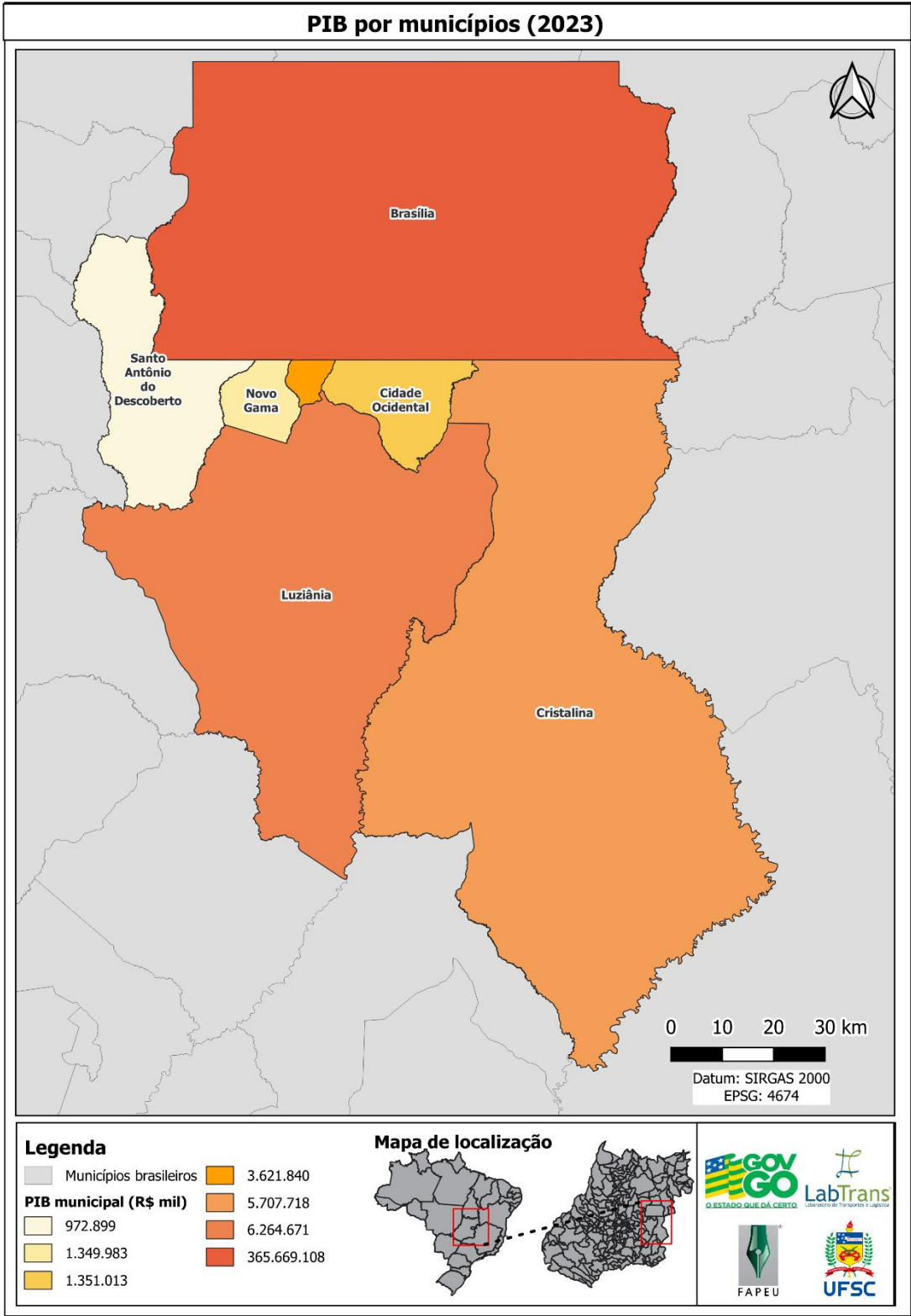
## 4.4 PROJEÇÃO DE DEMANDA

A projeção de demanda futura foi realizada para 20 anos, período usualmente adotado para a análise de empreendimentos de transporte de grande porte. Para a projeção, adotou-se a taxa de crescimento do PIB de cada uma das municipalidades que estão abrangidas no projeto como uma proxy do crescimento das viagens atraídas e produzidas por cada uma das 14 ZTs.

A escolha do PIB como aproximação do crescimento se deu pela análise no espaço-tempo das viagens produzidas e atraídas por cada uma das ZTs. Para a análise espacial, foram avaliadas a distribuição das viagens conforme a economia de cada município.

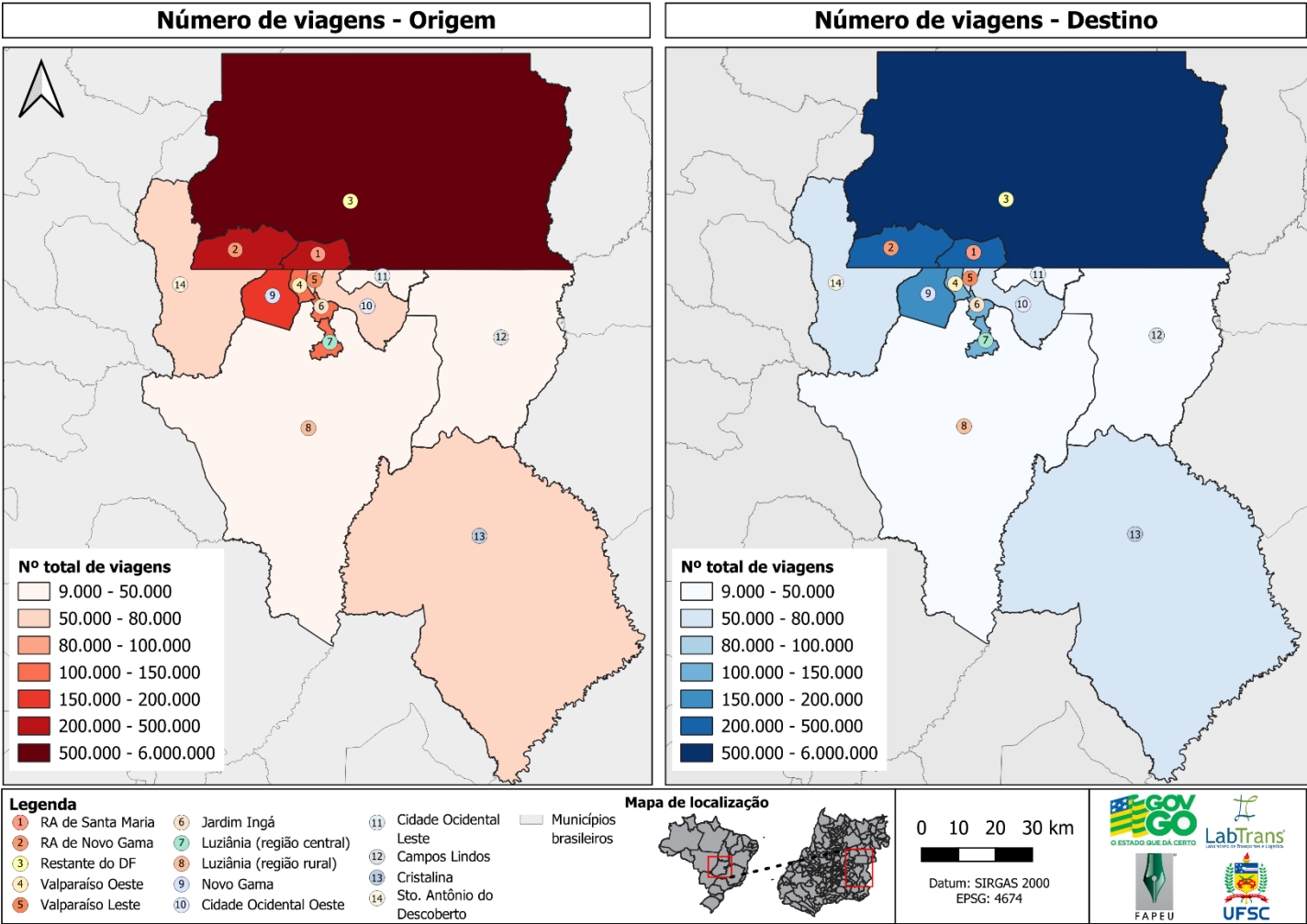
A Figura 50 ilustra o PIB de cada localidade da Área de Estudo e a Figura 51 o total de viagens em dias úteis, de origem e de destino, em cada localidade.

Figura 50 – PIB dos municípios considerados e do DF (2023)



Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Figura 51 – Viagens médias diárias nos municípios considerados e no DF (2025)



Elaboração: LabTrans/UFSC - Fapeu (2026)

A análise temporal foi realizada sob o pressuposto de que o crescimento das viagens de cada município segue o comportamento observado no VMDa da rodovia BR-040, descritos na seção 4.3.1.2. Desse modo, o crescimento passado do PIB e das viagens que percorrem a BR-040 estão correlacionados, portanto, a suposição adotada é que a relação entre ambas as variáveis permaneça em vigor para o período futuro.

A estimativa do PIB para cada município foi realizada utilizando o modelo econométrico ARIMA(1), o que representa um modelo regressivo com defasagem 1 para a variável endógena (Wooldridge, 2006). Além disso, foi inserida a variável independente “PIB do DF”, devido ao fato de os municípios do entorno do DF serem significativamente dependentes do crescimento econômico da capital federal. Logo, para captar o impacto dessa dependência, optou-se pela adição de uma variável exógena.

Os modelos resultantes para cada município, estão descritos conforme as equações (3) a (8):

- Estimativa para Cidade Ocidental (GO) – Equação (3)

$$CidadeOcidental = -6.652e^{+05} + 0,005.PIBDF + 0,9402.AR.L1 \quad (3)$$

- Estimativa para Cristalina (GO) – Equação (4)

$$Cristalina = -3,023e^{+06} + 0,0204.PIBDF + 0,8514.AR.L1 \quad (4)$$

- Estimativa para Luziânia (GO) – Equação (5)

$$Luziânia = 4,332e^{+05} + 0,0151.PIBDF + 0,5817.AR.L1 \quad (5)$$

- Estimativa para Novo Gama (GO) – Equação (6)

$$NovoGama = -4,805e^{+05} + 0,0051.PIBDF + 0,2794.AR.L1 \quad (6)$$

- Estimativa para Santo Antônio do Descoberto (GO) – Equação (7)

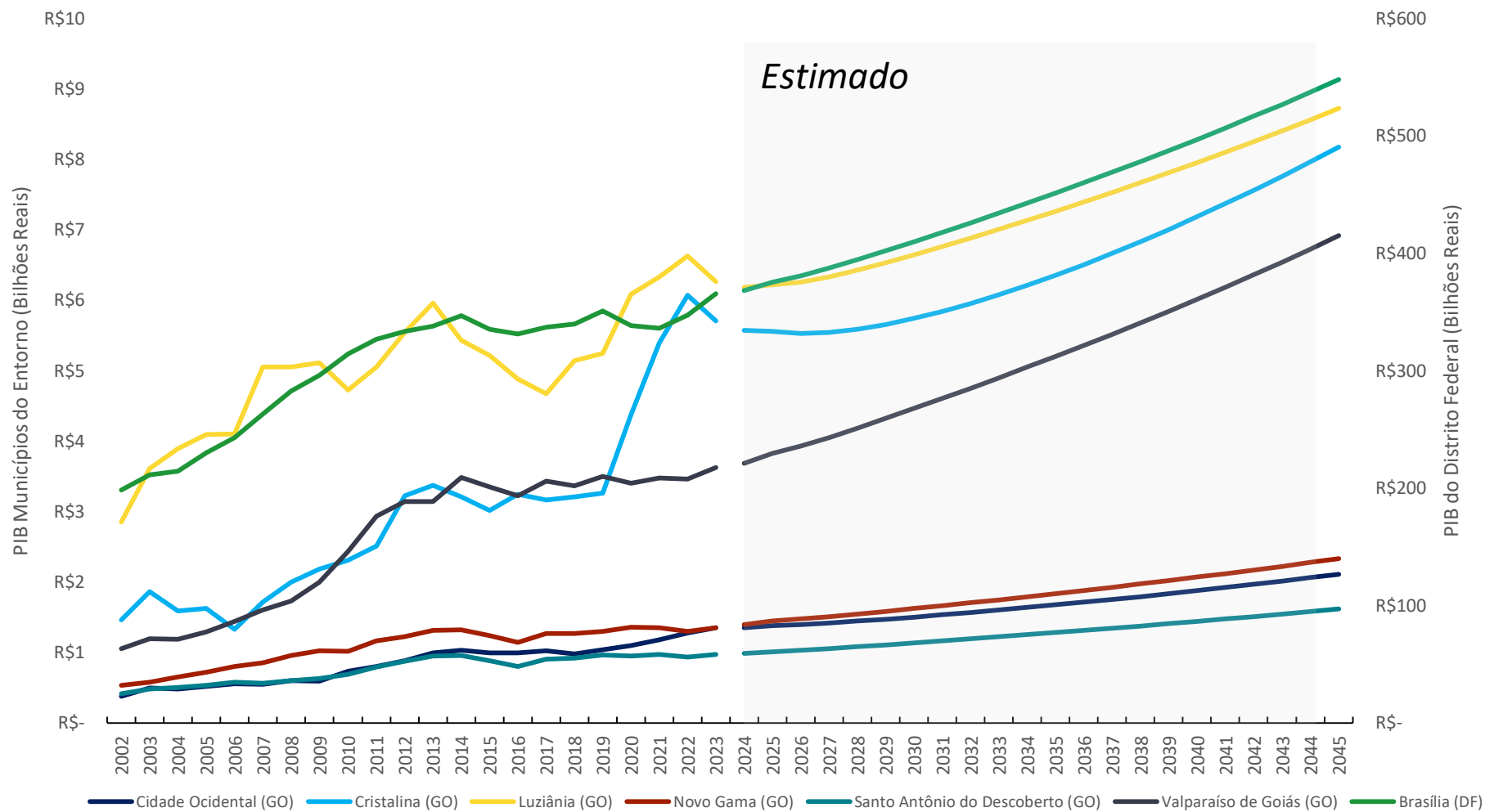
$$SantoAntônioDoDescoberto = -3,022e^{+05} + 0,0035.PIBDF + 0,7109.AR.L1 \quad (7)$$

- Estimativa para Valparaíso de Goiás (GO) – Equação (8)

$$VaparaísoDeGoiás = -2,774e^{+06} + 0,0177.PIBDF + 0,7873.AR.L1 \quad (8)$$

Os resultados podem ser observados no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Crescimento projetado do PIB para os municípios da Área de Estudo



Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Para projetar o crescimento das viagens entre 2025 e 2045 utilizando o PIB de cada município como *proxy*, foi necessário estimar a elasticidade Viagens/PIB. O cálculo foi elaborado com base na série temporal, entre 2016 e 2023, dos dados observados de VMDa da BR-040 e com a soma dos PIBs dos municípios Valparaíso de Goiás (GO) e Luziânia (GO), principais municípios de influência do projeto.

A elasticidade foi calculada pelo método de Mínimos Quadrados Ordinários, com ambas as variáveis transformadas pela função de logaritmo natural e sem adição de constante.

A estimativa é descrita pela Equação (9), sendo 0,676 o coeficiente de elasticidade entre a soma do crescimento do PIB de Luziânia (GO) e do PIB de Valparaíso de Goiás (GO) e o valor do VMDa da BR-040.

$$\ln(\text{Contagem}) = \ln(\text{PIB.Luziânia} + \text{PIB.ValparaísoDeGoiás}).0,676 \quad (9)$$

A Tabela 11 apresenta os resultados da geração de viagens nas ZTs para os anos de 2025 e 2045. O resultado também pode ser visualizado por meio da Figura 52.

Estima-se que as ZTs que apresentarão maior crescimento ao longo dos próximos 20 anos sejam Valparaíso Leste e Valparaíso Oeste, que, somadas, deverão representar um acréscimo de aproximadamente 118.086 viagens diárias produzidas em relação ao ano de 2025, correspondendo a cerca de 55% de incremento.

Outras regiões que também se destacam são a RA de Santa Maria e a RA do Gama, localizadas na porção sul do DF, as quais apresentam elevados volumes de viagens produzidas e atraídas. Destacam-se ainda as regiões de Jardim Ingá e de Luziânia Central, áreas do município de Luziânia (GO) caracterizadas por maior adensamento populacional, que, em conjunto, deverão registrar um incremento de aproximadamente 73.468 viagens diárias em relação aos valores observados em 2025.

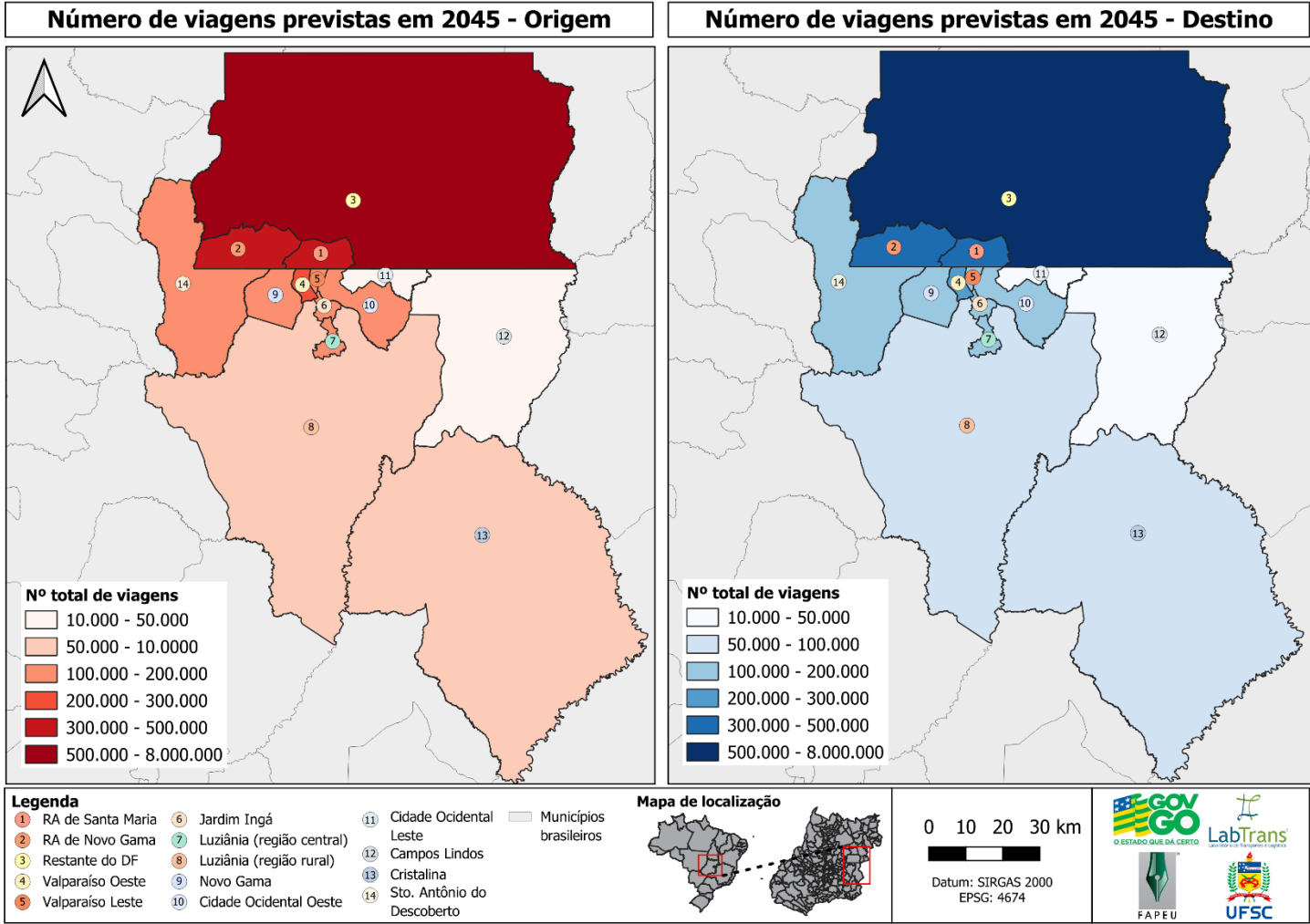
Por fim, ressalta-se o agrupamento denominado Restante do DF, que engloba todas as RAs do DF, com exceção da RA do Gama e da RA de Santa Maria. Trata-se da área que concentra os maiores volumes de produção e de atração de viagens, em função de seu dinamismo socioeconômico e de sua forte influência sobre os demais municípios do entorno.

Tabela 11 – Viagens projetadas por Zona de Tráfego

| ZT                         | 2025      |           | 2045      |           |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                            | PRODUÇÃO  | ATRAÇÃO   | PRODUÇÃO  | ATRAÇÃO   |
| Campos Lindos              | 9.411     | 9.551     | 12.410    | 12.594    |
| Cidade Ocidental Leste     | 20.650    | 20.761    | 28.090    | 28.241    |
| Cidade Ocidental Oeste     | 79.779    | 79.955    | 108.524   | 108.763   |
| Cristalina                 | 65.291    | 68.413    | 86.099    | 90.216    |
| Jardim Ingá                | 113.524   | 116.606   | 144.478   | 148.401   |
| Luziânia (região central)  | 145.310   | 144.502   | 184.932   | 183.902   |
| Luziânia (região rural)    | 41.733    | 42.730    | 53.112    | 54.381    |
| Novo Gama                  | 151.953   | 156.819   | 193.385   | 199.578   |
| RA de Gama                 | 275.958   | 268.296   | 361.580   | 351.542   |
| RA de Santa Maria          | 243.846   | 241.166   | 319.504   | 315.994   |
| Restante do DF             | 6.091.093 | 6.085.414 | 7.980.997 | 7.973.555 |
| Sto. Antônio do Descoberto | 73.069    | 74.802    | 102.767   | 105.204   |
| Valparaíso Leste           | 77.831    | 79.196    | 120.392   | 122.503   |
| Valparaíso Oeste           | 138.112   | 139.349   | 213.637   | 215.550   |

Elaboração: LabTrans/UFSC – Fapeu (2026)

Figura 52 – Viagens projetadas para 2045 nas ZTs



## 5 CONSIDERAÇÕES E ENCAMINHAMENTOS

Diante dos resultados apresentados, o Produto II.A dá início aos estudos correspondentes à segunda etapa do EVTESAL, contemplando a caracterização de alternativas de sistemas de transporte público coletivo de média e alta capacidade (TPC-MAC). Nesse contexto, são apresentadas as propostas preliminares de traçado e de modo mais adequadas ao trecho em análise, bem como os resultados iniciais dos estudos de demanda realizados para a Área de Estudo.

A análise referente ao TPC-MAC apresenta um panorama das principais vantagens associadas a esse tipo de sistema de transporte, além de um levantamento de projetos atualmente em desenvolvimento nas 21 RMs brasileiras voltados à implantação ou ampliação desse tipo de infraestrutura. Nesse levantamento, as RMs de Goiânia (GO) e do DF concentram 20 dos 187 projetos identificados.

No mesmo contexto, foram selecionados os modelos de TPC-MAC a serem considerados nas análises do EVTESAL, sendo eles: BRT, VLT e trem de passageiros. A seleção desses modos considerou as características territoriais e funcionais da Área de Estudo, bem como as especificidades operacionais e de capacidade de cada sistema. Além da caracterização técnica de cada modo, o estudo também apresentou exemplos de aplicação desses sistemas em contextos nacionais e internacionais.

Na sequência, são apresentadas as discussões referentes às alternativas de traçado e à avaliação do modo de transporte que melhor se adequa aos levantamentos, estudos e análises desenvolvidos no âmbito do EVTESAL até o presente momento.

A definição das alternativas de traçado partiu de dois princípios iniciais: o aproveitamento da infraestrutura ferroviária existente, a qual poderia comportar a implantação de um sistema de VLT ou de trem de passageiros, desde que submetida a intervenções de reestruturação e adequação, e a proposição de um novo traçado, possibilitando a implantação de um sistema de BRT, além das alternativas ferroviárias.

A análise técnica da ligação entre a área urbanizada de Luziânia (GO) e a Estação BRT de Santa Maria (DF) considerou critérios relacionados à relação custo-benefício, à integração modal, à eficiência operacional e às condições de implantação. Os resultados indicam a faixa de domínio da BR-040 como a alternativa de traçado mais adequada, em razão da maior proximidade com os principais polos geradores de demanda da região, da menor necessidade de desapropriações e do potencial de integração com a rede de transporte existente, além de evidenciar pontos de atenção que deverão ser considerados em eventuais etapas posteriores de projeto.

No que se refere à avaliação do modo, o sistema BRT apresentou maior aderência às condições do empreendimento. Dessa forma, o EVTESAL indica como alternativa mais viável a implantação de um sistema BRT ao longo da BR-040, no trecho compreendido entre o trevo de Luziânia (GO) e a Estação BRT da RA de Santa Maria (DF), com a implantação de estações e/ou terminais ao longo do percurso.

Os estudos e análises iniciais referentes à demanda observada e projetada no âmbito deste EVTESAL contemplaram a delimitação da área de influência, a análise da pesquisa de O/D, a elaboração da matriz O/D e a projeção de demanda.

A Área de Estudo considerada para as análises de demanda abrangeu o DF e os municípios de Luziânia (GO), Valparaíso de Goiás (GO), Novo Gama (GO), Cidade Ocidental (GO), Cristalina (GO) e Santo Antônio do Descoberto (GO). Para fins analíticos, essa área foi subdividida em 14 ZTs, utilizadas como base para a realização da pesquisa de O/D, bem como para a estruturação da matriz O/D e das projeções de demanda.

A pesquisa de O/D foi realizada a partir da análise de dados de telefonia móvel coletados em diferentes períodos ao longo do ano de 2025, de modo a contemplar distintos contextos temporais de deslocamento. A partir desses dados, foi elaborada a matriz O/D, que permitiu identificar a quantidade de viagens realizadas em um dia típico entre as ZTs analisadas. Posteriormente, os resultados foram agregados por município e pelo DF. Entre as relações analisadas, destacam-se aquelas entre o DF e os municípios de Valparaíso de Goiás (GO), Novo Gama (GO) e Luziânia (GO), que apresentaram os maiores volumes de deslocamentos, superando 100 mil viagens diárias no somatório dos dois sentidos.

Por fim, foi realizada a projeção da demanda levantada entre os pares O/D para o período de 20 anos, adotando-se como taxa de crescimento o PIB dos municípios diretamente envolvidos.

As projeções indicam que as ZTs de Valparaíso Leste e Valparaíso Oeste deverão concentrar os maiores crescimentos ao longo dos próximos 20 anos, com incremento estimado de aproximadamente 118 mil viagens diárias produzidas em relação a 2025. Também se destacam as RAs de Santa Maria (DF) e do Gama (DF), além das áreas de Jardim Ingá e Luziânia Central, que apresentam elevados volumes de viagens produzidas e atraídas. De forma geral, o conjunto das demais RAs do DF mantém a maior concentração de produção e atração de viagens, em razão de seu dinamismo socioeconômico e de sua influência sobre os municípios do entorno.

A sequência do estudo tem como pontos focais a realização das pesquisas de PD, as quais fornecerão subsídios para a estimativa da quantidade de viagens atualmente

realizadas no trecho que poderão migrar para o novo sistema a ser implementado. Essas informações também contribuirão para o adequado dimensionamento do sistema proposto.

Além disso, a segunda etapa do EVTESAL contempla as análises de integração com os sistemas de mobilidade existentes, bem como os estudos de viabilidade ambiental, econômica e operacional.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Malha Ferroviária Federal**. Brasília: ANTT, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/declaracao-de-rede/declaracao-de-rede-2024/malha-ferroviaria-federal-shp.zip/view>. Acesso em: 12 set. 2025.

ALEXANDRE, Richard William Campos. **BUS RAPID TRANSIT (BRT) e Mobilidade Urbana no Rio de Janeiro**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE/Programa de Engenharia de Transportes. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/1196>. Acesso em: 13 jan. 2026.

ALVES, Gabriela. **Trem sustentável muda rotina de moradores no sertão do Ceará**. G1 Ceará, Fortaleza, 6 jun. 2012. Disponível em: <https://g1.globo.com/ceara/noticia/2012/06/trem-sustentavel-muda-rotina-de-moradores-no-sertao-do-ceara.html>. Acesso em: 11 mar. 2026.

ALVES, P. Estação Expedicionários é local privilegiado para observação de aviões. **METROFOR**, [s.l], 2024. Disponível em: <https://www.metrofor.ce.gov.br/2024/02/23/estacao-expedicionarios-e-local-privilegiado-para-observacao-de-avioes/>. Acesso em: 11 fev. 2026.

ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE METRÔ (AEAMESP). **Monotrilho e VLT contribuindo para a mobilidade urbana**. In: **20ª Semana de Tecnologia Metroferroviária**, Painel 8. São Paulo: AEAMESP, 2014. Disponível em: <https://www.aeamesp.org.br/biblioteca/stm/20smtf1411Pn08ap03.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2026.

ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS E ARQUITETOS DE MOGI DAS CRUZES E REGIÃO (ALEAMESP). A questão urbana. Mogi das Cruzes, SP: AEAMESP, s.d. Disponível em: <https://www.aeamesp.org.br/biblioteca/stm/14SMTF080903T02.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2026.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES DE PASSAGEIROS SOBRE TRILHOS (ANPTRILHOS). VLT é símbolo de inovação na mobilidade carioca. São Paulo: ANPTRILHOS, 19 out. 2021. Disponível em: <https://anptrilhos.org.br/vlt-e-simbolo-de-ao-na-mobilidade-carioca/>. Acesso em: 12 fev. 2026.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES DE PASSAGEIROS SOBRE TRILHOS (ANPTRilhos). VLT completa sete anos de operação na Baixada Santista. Brasília, 3 fev. 2023. Disponível em: <https://anptrilhos.org.br/vlt-completa-sete-anos-de-operacao-na-baixada-santista/>. Acesso em: 11 mar. 2026.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES DE PASSAGEIROS SOBRE TRILHOS (ANPTRilhos). **Estrada de Ferro Carajás completa 40 anos com recorde de transporte de passageiros**. Brasília, 2025. Disponível em: <https://anptrilhos.org.br/estrada-de-ferro-carajas-completa-40-anos-com-recorde-de-transporte-de-passageiros/>. Acesso em: 6 fev. 2026.

BACELLAR, Clarissa. Conheça o trem de passageiros da Estrada de Ferro Carajás, que une Maranhão e Pará na Amazônia Legal. Portal Amazônia, 16 mar. 2022. Disponível em: <https://portalamazonia.com/amazonia/conheca-o-trem-de-passageiros-da-estrada-de-ferro-carajas-que-une-maranhao-e-para-na-amazonia-legal/>. Acesso em: 6 fev. 2026.

BALAGO, R. Maior ônibus elétrico do mundo, com 28 metros, começa a rodar em Goiânia. Revista Exame, [s.l], 2026. Disponível em: <https://exame.com/brasil/maior-onibus-eletrico-do-mundo-com-28-metros-comeca-a-rodar-em-goiania/>. Acesso em: 12 fev. 2026.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). Boletim informativo nº 5 — Estudo Nacional de Mobilidade Urbana (ENMU). [S.l.], out. 2025a. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/wcm/connect/site/44703ff5-7588-4087-a7b7-d1cbd907ef01/ENMU+Boletim+Informativo+5+vf.pdf?MOD=AJPERES&CVID=pEln1ov>. Acesso em: 12 fev. 2026.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). Estudo Nacional de Mobilidade Urbana (ENMU): resultados parciais. [S.l.], 2025b. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/pesquisaedados/estudos/bndes-fep/estudo-nacional-de-mobilidade-urbana-resultados-parciais/>. Acesso em: 12 fev. 2026.

BONILLA, Jorge A. Transition to sustainable public transport in Latin America: Evidence from Bogotá. Transportation Research Part D: Transport and Environment, [S. l.], v. 149, 105015, out. 2025. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920925004250?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=9be6ee950ccea4d8](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920925004250?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=9be6ee950ccea4d8). Acesso em: 15 jan. 2026.

BRAGA, Gabriella. Transporte coletivo da Grande Goiânia tem potencial de expansão de mais de 300%, 21 jul. 2025. O Popular, Goiânia, 22 jul. 2025 Disponível em: <https://opopular.com.br/cidades/transporte-coletivo-tem-potencial-de-expans-o-de-mais-de-300-na-grande-goiania-1.3290483>. Acesso em: 12 fev. 2026.

BRANCO, Soraia P. V. M. Estudo e aplicação de sistemas BRT – Bus Rapid Transit. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Vias de Comunicação) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/65465>. Acesso em: 14 jan. 2026.

CAVALCANTE, Fernando Miguel Rodrigues. Análise comparativa da implantação de um sistema VLT x BRT em trecho da cidade de Maceió. 2024. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2024. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/123456789/15427/1/An%C3%A1lise%20comparativa%20da%20implanta%C3%A7%C3%A3o%20de%20um%20sistema%20VLT%20x%20BRT%20em%20trecho%20da%20cidade%20de%20Macei%C3%B3>. Acesso em: 15 jan. 2026.

COMPANHIA CARIOCA DE PARCERIAS E INVESTIMENTOS (CCPAR). VLT Centro. Rio de Janeiro: CCPAR, [202-]. Disponível em: <https://www.ccpa.rio/projeto/vlt-centro/>. Acesso em: 11 mar. 2026.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). Transporte metroferroviário de passageiros. Brasília: CNT, 2016. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/transporte-metroferroviario-de-passageiros-cnt.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Malha Rodoviária Federal do Brasil. Brasília, DF: DNIT, 2022. Disponível em: <https://www.geoaplicada.com/dados/rodovias-do-brasil/>. Acesso em: 11 set. 2025

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA de TRANSPORTES (DNIT). Manual de estudos de tráfego. Publicação IPR-723. Rio de Janeiro: DNIT, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006. Disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/723\\_manual\\_estudos\\_trafego.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/723_manual_estudos_trafego.pdf) . Acesso em: 12 mar. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT): dados. Brasília, DF: DNIT, [s.d.]. Disponível em: <https://servicos.dnit.gov.br/dadospnct>. Acesso em: 22 set. 2026.

DEUTSCHE BAHN AG. *Facts & Figures 2024*. Berlim: Deutsche Bahn, 2024. Disponível em: [https://ir.deutschebahn.com/fileadmin/Deutsch/2025/DB\\_DuF\\_e\\_2024.pdf](https://ir.deutschebahn.com/fileadmin/Deutsch/2025/DB_DuF_e_2024.pdf). Acesso em: 11 fev. 2026.

EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS (EMTU). VLT da Baixada Santista – Veículo Leve sobre Trilhos. São Paulo: EMTU, s.d. Disponível em: <https://www.emtu.sp.gov.br/emtu/empreendimentos/empreendimentos/vlt-da-baixada-santista-veiculo-leve-sobre-trilhos.fss>. Acesso em: 12 fev. 2026.

EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS (EMTU). EMTU realiza novos testes do VLT no Centro de Santos. G1 Notícias, [São Paulo], 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2024/09/24/emtu-realiza-novos-testes-do-vlt-no-centro-de-santos.ghtml>. Acesso em: 11 fev. 2026.

EMPRESA METROPOLITANA DE TRANSPORTES URBANOS (EMTU). VLT - Veículo Leve sobre Trilhos. Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU), [São Paulo], [201-]. Disponível em: <https://www.emtu.sp.gov.br/emtu/empreendimentos/empreendimentos/vlt-da-baixada-santista-veiculo-leve-sobre-trilhos.fss>. Acesso em: 11 fev. 2026.

ENGENHARIA COMPARTILHADA. VLT Carioca – mobilidade, história e operação urbana. Engenharia Compartilhada, s.d. Disponível em: <https://www.engenhariacompartilhada.com.br/noticia/exibir/1075821>. Acesso em: 12 fev. 2026.

FERNANDES, Raphael. **VLT do Rio registra aumento de quase 20% no número de passageiros no 1º semestre de 2025 em comparação a 2024**. Diário do Rio, Rio de Janeiro, 10 set. 2025. Disponível em: <https://diariodorio.com/vlt-do-rio-registra-aumento-de-quase-20-no-numero-de-passageiros-no-1o-semester-de-2025-em-comparacao-a-2024/>. Acesso em: 11 mar. 2026.

FERRAZ, Ian; RIBEIRO, Karol; GRAVIA, Geovanna. Ibaneis Rocha assina ordem de serviço para expansão do BRT Sul em Santa Maria. **Agência Brasília**, Brasília, DF, 11 fev. 2026. Edição: Ígor Silveira. Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/w/ibaneis-rocha-assina-ordem-de-servico-para-expansao-do-brt-sul-em-santa-maria>. Acesso em: 11 mar. 2026.

FUZEIRA, Victor. Estudo aponta crescimento e desenvolvimento de municípios do Entorno do DF. Agência Brasília, Brasília, DF, 3 jun. 2024. Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/w/estudo-aponta-crescimento-e-desenvolvimento-de-municipios-do-entorno-do-df>. Acesso em: 12 mar. 2026.

GRANDAS MEDINA, Sergio. Alcaldía Mayor de Bogotá. Nueva tarifa de TransMilenio en Bogotá 2025, TransMiPass y subsidios. Bogotá[DS1], Bogotá, 26 dez. 2024. Disponível em: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/nueva-tarifa-de-transmilenio-en-bogota-2025-transmipass-y-subsidios>. Acesso em: 12 fev. 2026.

HUDSON, Stephen. Bogota has a world-renowned BRT system. What would it take to replicate it? Greater Greater Washington, [s.l], 3 abr. 2017. Disponível em: <https://ggwash.org/view/62869/bogota-has-a-world-renowned-brt-what-would-it-take-to-replicate-it>. Acesso em: 12 fev. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html?=&t=downloads>. Acesso em: 11 mar. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Malha Municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 12 set.2025

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Malhas de setores censitários: divisões intramunicipais. Rio de Janeiro: IBGE, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Contas regionais do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2023b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9054-contas-regionais-do-brasil.html?=&t=sobre>. Acesso em: 12 mar. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sistema de Contas Nacionais: Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2023c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html>. Acesso em: 12 mar. 2026.

INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO (ITDP). BRT TransBrasil é inaugurado: qual o seu papel para reduzir desigualdades? Rio de Janeiro, 26 fev. 2024. Disponível em: <https://itdpbrasil.org/brt-transbrasil-e-inaugurado-qual-o-seu-papel-para-reduzir-desigualdades/>. Acesso em: 12 fev. 2026.

INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO (ITDP). MobilIDADOS em foco – Boletim #4: O transporte de média e alta capacidade nas cidades brasileiras. Rio de Janeiro: ITDP Brasil, out. 2019. 23 p. Disponível em: [https://itdpbrasil.org/wpcontent/uploads/2019/10/Boletim4\\_MobiliDADOS.pdf](https://itdpbrasil.org/wpcontent/uploads/2019/10/Boletim4_MobiliDADOS.pdf). Acesso em: 12 fev. 2026.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN). Banco de Dados – Patrimônio Arqueológico. Brasília, DF: [20-].

INTERNATIONAL RAILWAY JOURNAL. Light rail line T13 opens in Paris. 8 jul. 2022. Disponível em: <https://www.railjournal.com/passenger/light-rail/light-rail-line-t13-opens-in-paris/>. Acesso em: 11 mar. 2026.

LOBO, Renato. Paris ganha linha de VLT que chega a 100 km/h. Via Trolebus, 10 jul. 2022. Disponível em: <https://viatrolebus.com.br/2022/07/paris-ganha-linha-de-vlt-que-chega-a-100-km-h/>. Acesso em: 11 mar. 2026.

METROFOR. Secretaria de Infraestrutura do Governo do Estado do Ceará. Acesso ao site. [202-a]. Disponível em: <https://www.metrofor.ce.gov.br/mapas/>. Acesso em: 11 fev. 2026.

METROFOR. Secretaria de Infraestrutura do Governo do Estado do Ceará. Linhas em operação. [202-b]. Disponível em: <https://www.metrofor.ce.gov.br/sistema-metroviario/>. Acesso em: 11 fev. 2026.

METROFOR. Secretaria de Infraestrutura do Governo do Estado do Ceará. Linha Oeste. [202-c]. Disponível em: <https://www.metrofor.ce.gov.br/sistema-metroviario/>. Acesso em: 11 fev. 2026.

METROFOR. Secretaria de Infraestrutura do Governo do Estado do Ceará. Linha Leste. [202-d]. Disponível em: <https://www.seinfra.ce.gov.br/linhaleste/>. Acesso em: 11 fev. 2026.

METROFOR. Secretaria de Infraestrutura do Governo do Estado do Ceará. Linha Nordeste. [202-e]. Disponível em: <https://www.metrofor.ce.gov.br/linhanordeste/>. Acesso em: 11 fev. 2026.

METROFOR. **VLT do Cariri completa 10 anos de serviços à população.** Fortaleza, 27 dez. 2019. Disponível em: <https://www.metrofor.ce.gov.br/2019/12/27/vlt-do-cariri-completa-10-anos-de-servicos-a-populacao/>.

MOBI-RIO Mobilidade Carioca. Portal de informações sobre transporte e BRT no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: MOBI-RIO, s.d. Disponível em: <https://mobi-rio.rio.br/>. Acesso em: 12 fev. 2026.

MOBILIDADE. VLT do Rio de Janeiro poderá ter aumento de velocidade. Mobilidade, 23 ago. 2022. Disponível em: <https://mobilidade.estadao.com.br/meios-de-transporte/vlt-do-rio-de-janeiro-podera-ter-aumento-de-velocidade/>. Acesso em: 12 fev. 2026.

MOREIRA, Daddo. **Trem, metrô e cia.: saiba mais as diferenças e características de cada sistema rigidamente guiado.** *Trilhos do Rio*, 18 out. 2025. Disponível em: <https://trilhosdorio.org/trem-metro-e-cia-saiba-mais-as-diferencas-e-caracteristicas-de-cada-sistema-rigidamente-guiado/>. Acesso em: 12 fev. 2026.

MOREIRA, Willian. Novo trecho do VLT da Baixada Santista tem operação comercial autorizada. MetrôCPTM, 5 jan. 2026. Disponível em: <https://www.metrocptm.com.br/novo-trecho-do-vlt-da-baixada-santista-tem-operacao-comercial-autorizada/>. Acesso em: 12 mar. 2026.

MOTIVA. VLT Carioca: sobre o sistema. Rio de Janeiro: Motiva – Plataforma de Trilhos, 2024. Disponível em: <https://trilhos.motiva.com.br/vltrio/sobre/>. Acesso em: 11 mar. 2026.

NOTÍCIA TODA HORA. Presidente Lula inaugura BRT Norte-Sul nesta sexta-feira em Goiânia, 05 set. 2024. Disponível em: <https://noticiatodahora.com.br/presidente-lula-inaugura-brt-norte-sul-nesta-sexta-feira-em-goiania/>. Acesso em: 12 fev. 2026.

PARIS: Start of test runs on new Tram-Train T13. Urban Transport Magazine, [s.l.], 2021. Disponível em: <https://www.urban-transport-magazine.com/en/paris-start-of-test-runs-on-the-new-tram-train-t13/>. Acesso em: 11 fev. 2026.

PEDROSA, Rafael Alves; OLIVEIRA, Elizângela de Jesus. A implantação do veículo leve sobre trilhos na Região Metropolitana da Baixada Santista sob o prisma dos usuários. *Humanidades & Tecnologia (FINOM)*, v. 24, n. 1, p. 355–371, jul./set. 2020.

PELEGI, Alexandre. Tarifa técnica do transporte coletivo sobe para R\$ 12,51 na Grande Goiânia, mas valor pago pelo passageiro segue R\$ 4,30, 17 mai. 2025. *Diário do Transporte*, [S.l.], 17 de mai. 2025. Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2025/05/17/tarifa-tecnica-do-transporte-coletivo-sobe-para-r-1251-na-grande-goiania-mas-valor-pago-pelo-passageiro-segue-r-430/>. Acesso em: 12 fev. 2026.

PELEGI, Alexandre. CPTM assume convênio da 3ª fase do VLT da Baixada Santista e gestão da Ponte do Barreiro. *Diário do Transporte*, 21 out. 2025. Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2025/10/21/cptm-assume-convenio-da-3a-fase-do-vlt-da-baixada-santista-e-gestao-da-ponte-do-barreiro/>. Acesso em: 12 mar. 2026.

PORTAL RIO 1746. Informações sobre o BRT (Corredor expresso de ônibus). Rio de Janeiro: 1746, s.d. Disponível em: <https://www.1746.rio/hc/pt-br/articles/10869268601243-Infoma%C3%A7%C3%B5es-sobre-o-BRT>. Acesso em: 12 fev. 2026.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. Estação-tubo Comendador Fontana é reaberta. Curitiba, 04 jul. 2019. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/estacao-tubo-comendador-fontana-e-reaberta/51310>. Acesso em: 12 fev. 2026.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. *Inovação curitibana que ganhou o mundo, ônibus biarticulado completa 30 anos.* Curitiba, 15 ago. 2022. Disponível em:

<https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/inovacao-curitibana-que-ganhou-o-mundo-onibus-biarticulado-completa-30-anos/65030>. Acesso em: 12 mar. 2026.

PRESTON, Robert. Light rail line T13 opens in Paris. *International Railway Journal*, 8 jul. 2022. Disponível em: <https://www.railjournal.com/passenger/light-rail/light-rail-line-t13-opens-in-paris/>. Acesso em: 12 mar. 2026.

REIS, João Gilberto Mendes dos et al. Bus Rapid Transit (BRT) como solução para o transporte público de passageiros na cidade de São Paulo. *Inovae: Journal of Engineering and Technology Innovation*, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 83-98, 2014. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/337>. Acesso em: 23 jan. 2026.

REVISTA ÔNIBUS. Mobilidade urbana da Região Metropolitana de Goiânia é referência para o Brasil. São Paulo: Revista Ônibus, [s.d.]. Disponível em: <https://www.revistaonibus.com.br/edicoes/mobilidade-urbana-da-regiao-metropolitana-de-goiania-e-referencia-para-o-brasil/>. Acesso em: 8 fev. 2026

SÁNCHEZ, Ginna. Alcaldía Mayor de Bogotá. Tarifa SITP TransMilenio, TransMiZonal y TransMiCable — Bogotá 2026. Bogotá, 02 jan. 2026. Disponível em: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/tarifa-sitp-transmilenio-transmizonal-y-transmicable-bogota-2026>. Acesso em: 12 fev. 2026.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos; ZARONI, Maria José; ALMEIDA, Eliane de Paula Clemente. Cambissolos Háplicos. In: **Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)**. Agência de Informação Tecnológica: Solos Tropicais – SiBCS. Brasília, DF: Embrapa, 2021b. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/cambissolos/cambissolos-haplicos>. Acesso em: 5 mar. 2026.

SANTOS, J.; JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, S. G. VLT como elemento inovador do transporte público brasileiro. *Revista de Gestão e Secretariado (GeSec)*, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 662–680, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i1.1541>. Acesso em: 11 mar. 2026.

SANTOS, Yasmim. Mobilidade urbana em Comendador Soares: Reflexões a partir das experiências de Curitiba e Bogotá. In: Encontro Latino-americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (euroELECS), 6., 2025. Anais [...]. [S. l.], 2025. p. 1–10. DOI: 10.46421/euroelecs.v6.7992. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/euroelecs/article/view/7992>. Acesso em: 15 jan. 2026.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes. Manual de infraestrutura básica de garagem. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2018a. Disponível em: [https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/transportes/edital2018/001\\_ESTRUTURAL/ANEXO-V\\_MANUAIS/5-2-1\\_MANUAL-DE-INFRAESTRUTURA-BASICA-DE-GARAGEM.pdf](https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/transportes/edital2018/001_ESTRUTURAL/ANEXO-V_MANUAIS/5-2-1_MANUAL-DE-INFRAESTRUTURA-BASICA-DE-GARAGEM.pdf). Acesso em: 5 mar. 2026.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes. Manual de infraestrutura básica de garagem. São Paulo: Prefeitura de São Paulo, 2018b. Disponível em: [https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/transportes/edital2018/001\\_ESTRUTURAL/ANEXO-V\\_MANUAIS/5-2-1\\_MANUAL-DE-INFRAESTRUTURA-BASICA-DE-GARAGEM.pdf](https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/transportes/edital2018/001_ESTRUTURAL/ANEXO-V_MANUAIS/5-2-1_MANUAL-DE-INFRAESTRUTURA-BASICA-DE-GARAGEM.pdf). Acesso em: 6 mar. 2026.

SÃO PAULO (Estado). Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo – EMTU. VLT da Baixada Santista recebe iluminação natalina. 2 dez. 2023. Disponível em:

<https://www.emtu.sp.gov.br/emtu/imprensa/imprensa/vlt-da-baixada-santista-recebe-iluminacao-natalina.fss>. Acesso em: 12 mar. 2026.

SENADO FEDERAL. Instituição Fiscal Independente (IFI). Dados. Brasília, DF: Senado Federal, [202-]. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/ifi/dados/dados>. Acesso em: 12 mar. 2026.

SHINZATO, E.; TEIXEIRA, W. G.; MENDES, A. M. Solos. In: ADAMY, A. (org.). Geodiversidade do estado de Rondônia: Programa Geologia do Brasil – levantamento da geodiversidade. Porto Velho: CPRM, 2010. p. 56-78.

SILVA, Alex Gustavo Amorim Gonçalves da. Análise de alternativas para a otimização do transporte público na avenida Recife. 2016. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/46438/1/ALEX%20GUSTAVO%20AMORIM%20GON%20C%2087%20ALVES%20DA%20SILVA%20-%20AN%20C%2081%20LISE%20DE%20ALTERNATIVAS%20PARA%20O%20O%20TIMIZA%20C%2083%20DO%20TRANSPORTE%20P%20C%209%20ABRIL%20NA%20AVENIDA%20RECIFE.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2026.

SILVA, Iago do Prado da. **Proposta de implantação do sistema de veículo leve sobre trilhos na região central de Caxias do Sul/RS**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/items/78bd6ac2-0638-4370-9497-6072228c1d5a>. Acesso em: 11 mar. 2026.

SIQUEIRA, Diego da Silva. Avaliação da qualidade de um Veículo Leve Sobre Trilhos na Baixada Santista. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2023.

SISTEMA BRT RMTC GOIÂNIA. Conheça o BRT Norte-Sul. RMTC Goiânia, 2025. Disponível em: <https://sistemabrt.rmtcgoiania.com.br/#conheca-o-brtnortesul>. Acesso em: 12 fev. 2026.

SOUSA, Djalma Martinhão Gomes de; LOBATO. Latossolos. In: **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Edson**. Agência de Informação Tecnológica: Bioma Cerrado. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo/tipos-de-solo/latossolos>. Acesso em: 11 mar. 2026.

SOUSA, Priscila. Metrô: o que é, conceito e definição. Conceito.de, 2 fev. 2024. Disponível em: <https://conceito.de/metro>. Acesso em: 12 fev. 2026.

STECH, Pedro Henrique; NAVES, Bruno Meireles; COELHO, Camila Silva; DIAS, Murillo de Oliveira. **Light vehicle rail in São Paulo: case of Baixada Santista**. *Global Scientific Journal*, v. 12, n. 5, 2024. Disponível em: [https://www.globalscientificjournal.com/researchpaper/LIGHT\\_VEHICLE\\_RAIL\\_IN\\_S\\_O\\_PAULO\\_CASE\\_OF\\_BAIXADA\\_SANTISTA.pdf](https://www.globalscientificjournal.com/researchpaper/LIGHT_VEHICLE_RAIL_IN_S_O_PAULO_CASE_OF_BAIXADA_SANTISTA.pdf). Acesso em: 11 mar. 2026.

TENENBAUM DE OLIVEIRA, G.; OLIVEIRA ROSA, B. COMPARATIVO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE MÉDIA CAPACIDADE VIA AHP -ESTUDO BRT x VLT NO RIO DE JANEIRO. 27º Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET. Belém, 2013. Disponível em: [https://www.anpet.org.br/ssat/interface/content/autor/trabalhos/publicacao/2013/375\\_AC.pdf](https://www.anpet.org.br/ssat/interface/content/autor/trabalhos/publicacao/2013/375_AC.pdf). Acesso em: 13 jan. 2026

TORTORIELLO, Livia Fernandes Pereira; PEREIRA, Wallace Fernandes. **Estudo de demanda do VLT do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Sinergia Estudos e Projetos Ltda., 2013. Disponível

em:

<https://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/estudo-de-demanda-do-vlt-do-rio-de-janeiro.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2026.

TRANSMILENIO S.A. Plano de estações e portais TransMilenio. [S.l.]: TransMilenio S.A., s.d. Disponível em: <https://tramites.transmilenio.gov.co/plano-estaciones-portales-transmilenio>. Acesso em: 12 fev. 2026.

TRANSMILENIO S.A. Tarifas — perguntas frequentes. Bogotá: TransMilenio S.A., 14 jan. 2026. Disponível em: <https://www.transmilenio.gov.co/atencion-y-servicio-a-la-ciudadania/preguntas-frecuentes/tarifas>. Acesso em: 12 fev. 2026.

URBANIZAÇÃO DE CURITIBA S.A. (Urbs). Nova concessão do transporte público coletivo de Curitiba: apresentação da audiência pública. Curitiba: URBS – Urbanização de Curitiba S.A., 2025. Disponível em: <https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/PORTAL/licitacaoTransporteColetivo/>. Acesso em: 14 jan. 2026.

Urbanização de Curitiba S/A (URBS). Mapa da Rede Integrada de Transporte (RIT) 2021. Curitiba: URBS, 2021. Disponível em: [https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/pdf/transporte/rit/Mapa\\_RIT\\_2021.pdf](https://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/pdf/transporte/rit/Mapa_RIT_2021.pdf). Acesso em: 12 fev. 2026.

VALE S.A. **Estrada de Ferro Carajás é classificada como ferrovia mais segura do Brasil**. Vale, 2020. Disponível em: <https://vale.com/pt/w/estrada-de-ferro-caraj%C3%A1s-%C3%A9-classificada-como-ferrovia-mais-segura-do-brasil>. Acesso em: 6 fev. 2026.

VALE S.A. **Tabela de preços do trem de passageiros da Estrada de Ferro Carajás – 2026**. Vale, 2026a. Disponível em: <https://vale.com/documents/d/guest/precos-efc-2026>. Acesso em: 6 fev. 2026.

VALE S.A. **Transporte de passageiros pela Estrada de Ferro Carajás alcança recorde em 2024**. Vale – Sala de Imprensa, 9 jan. 2025. Disponível em: <https://vale.com/es/w/transporte-de-passageiros-pela-estrada-de-ferro-carajas-alcanca-recorde-em-2024>. Acesso em: 6 fev. 2026.

VALE S.A. **Trem de passageiros**. Vale, 2026b. Disponível em: <https://vale.com/pt/trem-de-passageiros>. Acesso em: 11 mar. 2026.

VOLVO faz sua primeira venda de articulados e biarticulados elétricos, para a GreenMob Capital. Volvo, Curitiba, 2025. Disponível em: <https://www.volvogroup.com/br/news-and-media/news/2025/aug/volvo-faz-sua-primeira-venda-de-articulados-e-biarticulados-elet.html>. Acesso em: 8 fev. 2026.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. *Introductory econometrics: a modern approach*. [S.l.]: South-Western Pub, 2009.

## LISTA DE SIGLAS

|          |                                                                               |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| APS      | Alimentação pelo Solo                                                         |
| BNDES    | Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social                          |
| BRT      | Bus Rapid Transit                                                             |
| CBTU     | Companhia Brasileira de Trens Urbanos                                         |
| CDR      | Registro de Detalhes de Chamadas                                              |
| DF       | Distrito Federal                                                              |
| EIA      | Estudo de Impacto Ambiental                                                   |
| ENMU     | Estudo Nacional de Mobilidade Urbana                                          |
| EVTESAL  | Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica, Social, Ambiental e Jurídico-Legal |
| FAPEU    | Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária                        |
| IPEDF    | Instituto de Pesquisa e Estatística do Distrito Federal                       |
| IPHAN    | Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional                        |
| LabTrans | Laboratório de Transportes e Logística                                        |
| O/D      | Origem e Destino                                                              |
| PD       | Preferência Declarada                                                         |
| RA       | Região Administrativa                                                         |
| RER      | <i>Réseau Express Régional</i>                                                |
| RIMA     | Relatório de Impacto Ambiental                                                |
| RIT      | Rede Integrada de Transporte                                                  |
| RMG      | Região Metropolitana de Goiânia                                               |
| RMs      | Regiões Metropolitanas                                                        |
| RMTC     | Rede Metropolitana de Transportes Coletivos da Grande Goiânia                 |
| SGG      | Secretaria-Geral de Governo                                                   |
| SITP     | Sistema Integrado de Transporte Público                                       |

|         |                                                        |
|---------|--------------------------------------------------------|
| TPC-MAC | Transporte Público Coletivo de Média e Alta Capacidade |
| UFSC    | Universidade Federal de Santa Catarina                 |
| VLT     | Veículo Leve sobre Trilhos                             |
| VMDa    | Volume Médio Diário Anual                              |
| ZT      | Zona de Tráfego                                        |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Novos projetos indicados nas RMs do DF e de Goiânia .....                                          | 10 |
| Tabela 2 - Corredores BRT do Rio de Janeiro (RJ) .....                                                        | 22 |
| Tabela 3 – Investimento estimado por tecnologia nos novos projetos indicados nas RMs do DF e de Goiânia ..... | 66 |
| Tabela 4 – Novos projetos indicados nas RMs do DF e de Goiânia .....                                          | 67 |
| Tabela 5 – Área mínima para dimensionamento da garagem .....                                                  | 73 |
| Tabela 6 – Matriz O/D entre ZTs .....                                                                         | 81 |
| Tabela 7 – Matriz O/D entre as cidades da Área de Estudo .....                                                | 84 |
| Tabela 8 – Coeficiente de Mobilidade por ZT .....                                                             | 87 |
| Tabela 9 – Coeficiente de Mobilidade por município e no DF .....                                              | 88 |
| Tabela 10 – Conversão dos valores de VMDa para pessoas que se deslocaram (2025) ...                           | 91 |
| Tabela 11 – Viagens projetadas por Zona de Tráfego.....                                                       | 99 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 – Variação do PIB do DF e do VMDa entre 2016 e 2023.....                  | 89 |
| Gráfico 2 – Estimativa dos valores de VMDa para 2024 e 2025 .....                   | 90 |
| Gráfico 3 – Crescimento projetados do PIB para os municípios da Área de Estudo..... | 97 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Total de projetos de TPC-MAC propostos por RM.....                                                               | 9  |
| Figura 2 – Distribuição dos projetos propostas nas 21 RMs por modo de transporte .....                                      | 9  |
| Figura 3 – Infraestruturas de possível suporte consideradas na ligação entre Luziânia (GO) e a RA de Santa Maria (DF) ..... | 11 |

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4 – Sistema de BRT em operação em Goiânia (GO).....                                                   | 12 |
| Figura 5 – BRT em operação na RMG .....                                                                      | 15 |
| Figura 6- Eixos estruturantes BRT da RMG .....                                                               | 16 |
| Figura 7 - Estação tubo de Curitiba .....                                                                    | 18 |
| Figura 8 - Estruturação viária da Rede Integrada de Transporte, Curitiba. ....                               | 19 |
| Figura 9 - modelo de veículo BRT Rio de Janeiro.....                                                         | 20 |
| Figura 10- Mapa do sistema de BRT no Rio de Janeiro.....                                                     | 21 |
| Figura 11 – modelo de veículo BRT em Bogotá (Colômbia) .....                                                 | 23 |
| Figura 12 - Mapa Troncal do sistema de rotas da Transmilenio .....                                           | 25 |
| Figura 13 - VLT com operação na Baixada Santista (SP) .....                                                  | 26 |
| Figura 14 - Veículo utilizado no VLT Carioca.....                                                            | 29 |
| Figura 15 – Linhas do VLT do Rio de Janeiro .....                                                            | 29 |
| Figura 16 – VLT em operação no centro de Santos (SP).....                                                    | 31 |
| Figura 17 – Traçado do sistema de VLT da Baixada Santista (SP) .....                                         | 32 |
| Figura 18 – Linha Crato-Juazeiro do Norte.....                                                               | 33 |
| Figura 19 – VLT do Cariri .....                                                                              | 34 |
| Figura 20 – Sistema de VLT de Fortaleza em operação.....                                                     | 35 |
| Figura 21 – Sistema Metroferroviário da Região Metropolitana de Fortaleza .....                              | 36 |
| Figura 22 – Ligação do VLT de Paris entre Saint-Cyr e Saint-Germain-en-Laye .....                            | 38 |
| Figura 23 – Veículo utilizado no VLT de Paris.....                                                           | 39 |
| Figura 24 – Locomotiva operando no trem da ferrovia Carajás.....                                             | 41 |
| Figura 25 - Trem de Passageiros da EFC em operação.....                                                      | 43 |
| Figura 26 – Traçado da EFC .....                                                                             | 44 |
| Figura 27 – Trem da DB em operação .....                                                                     | 45 |
| Figura 28 – Mapa da rede da DB que opera serviços de alta velocidade, intercity e regionais na Alemanha..... | 46 |

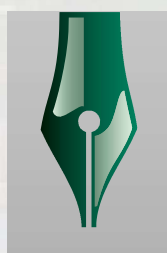
|                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 29 – Indicação do traçado ferroviário existente e da densidade populacional por setor censitário na Área de Estudo.....      | 49  |
| Figura 30 – BR-040 entre Luziânia (GO) e a RA de Santa Maria (DF).....                                                              | 50  |
| Figura 31 – Localização dos sítios arqueológicos na Área de Estudo.....                                                             | 52  |
| Figura 32 – Delimitações das áreas urbana e rural de Luziânia (GO) .....                                                            | 54  |
| Figura 33 – Delimitações das áreas urbana e rural da RA de Santa Maria(DF) .....                                                    | 55  |
| Figura 34 – Pontos de atenção na faixa de domínio central da BR-040 entre a RA de Santa Maria (DF) e Valparaíso de Goiás (GO) ..... | 57  |
| Figura 35 – Pontos de atenção na faixa de domínio central da BR-040 em Luziânia (GO). ..                                            | 58  |
| Figura 36 – Passarela indicada pelo ponto número 8 .....                                                                            | 59  |
| Figura 37 – Passarela indicada pelo ponto número 10 .....                                                                           | 59  |
| Figura 38 – Ponto de retorno indicado pelo ponto número 11.....                                                                     | 60  |
| Figura 39 – Ponto de retorno indicado pelo ponto número 17 .....                                                                    | 60  |
| Figura 40 – Viaduto indicado pelo ponto número 3.....                                                                               | 61  |
| Figura 41 – Ponte indicada pelo ponto número 9.....                                                                                 | 62  |
| Figura 42 – Ponte indicada pelo ponto número 9.....                                                                                 | 62  |
| Figura 43 – Pedologia da Área de Estudo .....                                                                                       | 63  |
| Figura 44 – Ônibus elétrico biarticulado em operação em Goiânia (GO).....                                                           | 70  |
| Figura 45 – Estação de BRT localizada em Goiânia (GO).....                                                                          | 71  |
| Figura 46 – Terminal da Praça da Bíblia, localizado em Goiânia (GO).....                                                            | 72  |
| Figura 47 – ZTs utilizadas para análises inerentes ao estudo.....                                                                   | 78  |
| Figura 48 – Habitantes estimados por ZT .....                                                                                       | 86  |
| Figura 49 – Fluxo de viagens nos pares O/D considerados.....                                                                        | 92  |
| Figura 50 – PIB dos municípios considerados e do DF (2023).....                                                                     | 94  |
| Figura 51 – Viagens médias diárias nos municípios considerados e no DF (2025) .....                                                 | 95  |
| Figura 52 – Viagens projetadas para 2045 nas ZTs .....                                                                              | 100 |



Estado de  
**GOIÁS**



**LabTrans**<sup>®</sup>  
Laboratório de Transportes e Logística



**FAPEU**



**MARÇO/2026**