



**ANÁLISE DO TERMINAL DE BRT DO GAMA – PROPOSTA PARA  
MELHORAR A FUNCIONALIDADE E A INTEGRAÇÃO DO  
TERMINAL**

**VITOR FERNANDES COELHO DE SÁ**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL I EM ENGENHARIA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE DO TERMINAL DE BRT DO GAMA – PROPOSTA PARA  
MELHORAR A FUNCIONALIDADE E A INTEGRAÇÃO DO  
TERMINAL**

**VITOR FERNANDES COELHO DE SÁ**

**ORIENTADORA: ADELAIDA PALLAVICINI FONSECA**

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL I EM ENGENHARIA CIVIL**

**BRASÍLIA/DF: MAIO/2021**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E  
AMBIENTAL**

**ANÁLISE DO TERMINAL DE BRT DO GAMA – PROPOSTA PARA  
MELHORAR A FUNCIONALIDADE E A INTEGRAÇÃO DO  
TERMINAL**

**VITOR FERNANDES COELHO DE SÁ**

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

**APROVADA POR:**

---

**Prof. ADELAIDA PALLAVICINI FONSECA, DSc. (UnB)  
(ORIENTADOR)**

---

**Prof. REINALDO CRISPINIANO GARCIA, Doutor (UnB)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**Eng. MARCELLO DA COSTA VIEIRA, Doutor (MT)  
(EXAMINADOR EXTERNO)**

**DATA: BRASÍLIA/DF, MAIO de 2021.**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

SÁ, VITOR FERNANDES COELHO DE SÁ

Análise do terminal de BRT do Gama – Proposta para melhorar a funcionalidade e integração do terminal [Distrito Federal] 2019. (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2021)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

SÁ, V.F.C.S. (2021). Análise do terminal de BRT do Gama – Proposta para melhorar a funcionalidade e integração do terminal. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: Vitor Fernandes Coelho de Sá

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Análise do terminal de BRT do Gama – Proposta para melhorar a funcionalidade e integração do terminal. GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2021.

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Vitor Fernandes Coelho de Sá

SQN 407, Bloco I, apt 108.

Asa Norte, Brasília. 70855-090 – Brasília/DF – Brasil.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, que para mim representam o significado de amor incondicional.

## **RESUMO**

SÁ, V.F.C.S (2019). **Análise do terminal de BRT do Gama – Proposta para melhorar a funcionalidade e integração do terminal**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal.

O trabalho em questão visa propor melhorias para a estação de BRT (Bus Rapid Transit) no Distrito Federal. A análise envolve a vistoria da estrutura atual, como está funcionando a circulação de pedestres e usuários, e verificação das condições das vias e dos acessos de pedestres ao redor. Além disso o trabalho visa fornecer uma análise matemática a partir da modelagem da circulação de pessoas na estação, com o objetivo de mostrar o impacto que mudanças específicas na estação teriam na qualidade do serviço e no tempo de espera dos usuários.

**Palavras-chave:** Estação, Terminal, BRT, Ônibus, Infraestrutura, Circulação, Transporte, Acessibilidade, Simulação, Público.

## **ABSTRACT**

SÁ, V.F.C.S. (2019). Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal.

The paper in question aims to propose improvements for the Bus Rapid Transit (BRT) station in the Federal District. The analysis involves surveying the current structure, how pedestrians and users are operating, and verifying the conditions of the surrounding pedestrian roads and accesses. In addition, the work aims to provide a mathematical analysis from the modeling of the circulation of people in the station, in order to show the impact that specific changes in the station would have on the service quality and the waiting time of the users.

**Key words:** Station, Terminal, Brt, Bus, Infrastructure, Circulation, Transportation, Accessibility, Simulation, Public

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	3
1.2	OBJETIVOS .....	6
1.3	JUSTIFICATIVA.....	6
1.4	MÉTODO DE PESQUISA .....	6
1.5	ESTRUTURA DO PROJETO FINAL .....	8
2	reVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	9
2.1	Simulação .....	9
2.1.1	Ferramentas de Simulação.....	10
2.1.2	ANYLOGIC 7 .....	11
2.2	Bus Rapid Transit .....	12
2.3	Expresso df sul em relação aos sistemas brasileiros .....	14
2.4	BRT em Curitiba – Rede integrada de transporte (rit) .....	16
2.5	BRT em Bogotá – Transmilênio.....	20
2.6	Terminais de BRT .....	22
2.6.1	Características e Componentes dos Terminais .....	22
2.6.2	Dimensionamento de Plataformas.....	23
2.6.2.1	Exemplo de Cálculo de Largura de Plataforma .....	23
2.7	Desenvolvimento orientado ao transporte sustentável (DOTS).....	24
2.8	Bolsões de Estacionamento (Park-and-ride) .....	25
3	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....	27
3.1	Caracterização da Estação de BRT do Gama.....	27
3.1.1	Avaliação através do Google.....	28
3.1.2	Relatório de Avaliação ITDP .....	28
3.1.3	Avaliação Própria (Realizada pelo autor) .....	30
3.1.3.1	Estrutura Física .....	33
3.1.3.2	Segurança.....	35
3.1.3.3	Conforto.....	37



3.1.3.4	Acessibilidade.....	37
3.1.3.5	Sinalização.....	39
3.1.3.6	Serviços Oferecidos .....	40
3.1.3.7	Estacionamento e Acesso .....	40
4	PROPOSTA DE MELHORIA NA ESTAÇÃO DE BRT DO GAMA .....	42
4.1	Estrutura Física, Segurança e Conforto .....	42
4.1.1	Realocação da Entrada de Acesso ao Terminal.....	43
4.1.2	Instalação de Cabines Específicas para Embarque.....	44
4.1.3	Estacionamento e Acesso ao Terminal .....	46
4.1.4	Dimensionamento da Plataforma de acordo com a metodologia do Manual de BRT (2018) 47	47
4.2	Acessibilidade, Comunicação e Sinalização .....	53
4.3	Simulação do Tempo de Deslocamento dos passageiros.....	53
4.3.1	Roteiro para Simulação .....	54
4.3.2	Cenário 1: Simulação Usando o Atual Layout do Terminal .....	54
4.3.3	Cenário 2: Simulação Usando a Nova Proposta .....	56
4.3.4	Análise de Custo – Value of Time.....	57
4.3.4.1	Custo dos Passageiros por minuto .....	57
4.3.4.2	Economia Total para a população .....	58
5	CONCLUSÃO .....	60
6	BIBLIOGRAFIA .....	61

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Mapa da Inserção Urbana do Corredor BRT Expresso DF Sul Fonte: BAIÃO, J. L. (2018).....	3
Figura 1.2 – Fluxo do Método de Pesquisa .....	7
Figura 2.1 - Métodos de Simulação, .....	11
Figura 2.2 - CBRT (2004) - Federal Transit Administration .....	14
Figura 2.3 - Corredores de BRT no Brasil .....	14
Figura 2.4 - Avaliação dos Sistemas de BRT no Brasil de Acordo com o ITDP Brasiln (2013).....	15
Figura 2.5 - Terminal de Integração - Modelo Esquemático (URBS, Curitiba) .....	18
Figura 2.6 - Evolução da Rede Integrada de Transporte em Curitiba Fonte: URBS - Curitiba.....	19
Figura 2.7 - Rede Integrada de Transporte em Curitiba. ....	20
Figura 2.8 - Desenvolvimento do Sistema Transmilênio em Fases. Fonte: TransMilenio S.A .....	21
Figura 2.9 – Desenho esquemático de plataforma Manual de BRT, 2018 (Adaptado pelo Autor).....	24
Figura 2.10 - Matriz de Possibilidades para um Bolsão de Estacionamento (Park-and-Ride):.....	26
Figura 3.1 - Terminal de BRT do Gama.....	27
Figura 3.2 - Avaliações do Terminal por Tópicos Fonte: Google Empresas .....	28
Figura 3.3 – Resumo da Avaliação do Corredor de BRT Expresso DF Sul segundo o Padrão de Qualidade BRT Fonte: ITDP .....	29
Figura 3.4 - Avaliação das estações do BRT Expresso DF Sul Fonte: ITDP .....	29
Figura 3.5 - Visão dos Lados do Terminal Fonte: Elaborado pelo Autor .....	31
Figura 3.6 - Vista superior - Terminal de BRT do Gama Fonte: Google Earth.....	31
Figura 3.7 - Visão Lateral - Terminal de BRT do Gama Fonte: Google Street View	32
Figura 3.8 - Trajeto realizado Fonte: Google Maps, adaptado pelo Autor.....	32
Figura 3.9 - Catracas sem Funcionamento Fonte: Elaborado pelo autor .....	34
Figura 3.10 - Catraca Única para Embarque Fonte: Elaborado pelo Autor .....	34
Figura 3.11 - Visão Central do Terminal Fonte: Elaborado pelo Autor .....	35
Figura 3.12 - Local de Travessia Perigosa Fonte: Google Street View.....	36
Figura 3.13 - Travessia Perigosa Fonte: Google Maps, adaptado pelo autor .....	36
Figura 3.14 - Travessia não-perigosa Fonte: Google Maps, adaptado pelo autor.....	37

Figura 3.15 - Bicicletário.....	38
Figura 3.16 - Localização do Bicicletário Único Fonte: Google Maps, adaptado pelo autor .....	38
Figura 3.17 - Exemplo de Sinalização Estática Fonte: Elaborado pelo autor.....	39
Figura 3.18 - Estacionamento Improvisado Fonte: Google Street View .....	40
Figura 3.19 - 2º Estacionamento Improvisado Fonte: Google Street View .....	41
Figura 3.20 - Localização dos estacionamentos improvisados Fonte: Google Maps, adaptado pelo autor.....	41
Figura 4.1 - Nova Passagem .....	43
Figura 4.2 - Novas entradas propostas Fonte: Google Maps, adaptado pelo autor.....	44
Figura 4.3 - Catraca Única Fonte: Elaborado pelo Autor .....	44
Figura 4.4 - Cenário Atual Fonte: Google Street View, adaptado pelo Autor.....	45
Figura 4.5 - Cenário Proposto Fonte: Google Street View, adaptado pelo autor .....	46
Figura 4.6 - Dimensionamento da Sub-plataforma.....	49
Figura 4.7 - Largura da Plataforma .....	50
Figura 4.8 - Visão 3D proposta para sub-parada .....	51
Figura 4.9 - Catracas Múltiplas e Televisor Eletrônico Fonte: Elaborado pelo Autor	52
Figura 4.10 – Sub-plataforma- Local com Informações e Bancos de Descanso.....	52
Figura 4.11 - Simulação com Layout Atual Aproximado .....	55
Figura 4.12 - Distribuição do tempo de Embarque .....	55
Figura 4.13 - Simulação 3D com sub-plataforma .....	56
Figura 4.14 - Distribuição de Tempos de Embarque .....	57

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1.1 - BRT Data - Atualizado 25/10/2019 .....	2
Tabela 2.1 - Avaliação das Linhas de BRT em Curitiba (ITDP Brasil, 2013) .....	16
Tabela 2.2 - Dados Operacionais - RIT (URBS, Curitiba, 2019).....	16

## 1 INTRODUÇÃO

O transporte público coletivo é de extrema importância nas cidades, visto que movimenta várias pessoas em um mesmo veículo. Tem um aspecto social e democrático, sendo o único modo motorizado e seguro acessível as pessoas de média e baixa renda e aquelas que não podem dirigir (crianças, adolescentes, idosos, deficientes, doentes etc.), ou preferem não dirigir. Além disso, o transporte coletivo urbano é uma opção alternativa ao automóvel, proporcionando menos poluição ambiental, congestionamentos, acidentes de trânsito, necessidades de manutenções viárias caras e consumo desordenado de energia (Ferraz e Torres, 2004).

Devido a importância do transporte coletivo urbano o BRT (Bus Rapid Transit) abre as portas para um modal de transporte mais barato, rápido, seguro e eficiente, proporcionando melhor qualidade de vida e acessibilidade para a população que necessita utilização de tais modais de transporte.

O sistema de BRT (*Bus Rapid Transit*) surgiu em Curitiba em 1974 e foi idealizado pelo arquiteto e prefeito da cidade, Jaime Lerner. Após o sucesso do modelo de ônibus de trânsito rápido na capital do Paraná, outros estados brasileiros desenvolveram projetos relacionados a modalidade do BRT. Além disso, em conjunto com esse tipo de transporte várias ideias de iniciativas inovadoras acompanharam o movimento, como projetos de zonas de pedestres e de áreas verdes (BRT Brasil).

Após o pioneirismo do município de Curitiba, no Brasil, no desenvolvimento dessa modalidade de transporte o modelo foi adotado por vários outros países do mundo, como o sistema TransMilênio, em Bogotá, na Colômbia (Global BRT Data).

A ideia do ônibus de trânsito rápido é oferecer um serviço de maior qualidade e rapidez que os ônibus convencionais, por oferecer linhas exclusivas, pagamento antecipado da passagem para que não haja perda de tempo no pagamento após o embarque em nível com a área de espera dos passageiros, facilitando assim a rapidez na entrada dos passageiros. Além disso, o sistema de BRT conta com maior capacidade para os usuários e estações com maior conforto e segurança (WRI Brasil, 2014).

Na maioria das cidades brasileira, os sistemas de ônibus estão em crise, por geral circulam superlotados, enfrentam congestionamentos que faz reduzir a velocidade média de circulação, aumentando conseqüentemente os tempos de viagens. Além disso, os embarques são demorados por vários fatores, sendo o principal o pagamento da tarifa na entrada ou a apresentação do cartão de passe. Todas essas dificuldades mais outras não elencadas, fazem do BRT uma alternativa para solucionar tais problemas com qualidade e conforto.

A rede de BRT no Brasil já atende 10.681.654 passageiros por dia, em 82 corredores de BRT, compreendendo uma extensão total de 765 km (Global BRT Data, atualizado em 25/10/2019). Na Tabela 1.1 é possível visualizar a tabela de indicadores por cidade.

**Tabela 1.1 - BRT Data - Atualizado 25/10/2019**

<b>Cidades</b>	<b>Passageiros por Dia</b>	<b>Número de Corredores</b>	<b>Extensão (km)</b>
São Paulo	3.300.034 (30.89%)	12 (14.63%)	130 (16.96%)
Rio de Janeiro	3.178.600 (29.75%)	17 (20.73%)	168 (21.96%)
Belo Horizonte	1.047.374 (9.8%)	7 (8.53%)	39 (5.13%)
Curitiba	566.500 (5.3%)	7 (8.53%)	74 (9.68%)
Porto Alegre	540.000 (5.05%)	11 (13.41%)	55 (7.14%)
Recife	409.620 (3.83%)	3 (3.65%)	50 (6.47%)
Goiânia	328.300 (3.07%)	2 (2.43%)	24 (3.13%)
São Paulo - Metr�pole	325.000 (3.04%)	2 (2.43%)	45 (5.88%)
Niterói	250.000 (2.34%)	1 (1.21%)	6 (0.78%)
Campinas	200.000 (1.87%)	3 (3.65%)	13 (1.75%)
Fortaleza	186.777 (1.74%)	1 (1.21%)	6 (0.75%)
Belém	100.000 (0.93%)	1 (1.21%)	6 (0.78%)
Sumaré	75.000 (0.7%)	1 (1.21%)	33 (4.27%)
Brasília	51.000 (0.47%)	2 (2.43%)	49 (6.43%)
Londrina	37.000 (0.34%)	3 (3.65%)	7 (0.88%)
Uberlândia	32.060 (0.3%)	2 (2.43%)	16 (2.02%)
Guarulhos	30.000 (0.28%)	1 (1.21%)	16 (2.09%)
Uberaba	13.919 (0.13%)	3 (3.65%)	15 (1.9%)
Criciúma	10.470 (0.09%)	1 (1.21%)	8 (1.04%)
Juiz de Fora	0 (0%)	1 (1.21%)	3 (0.4%)
Natal	0 (0%)	1 (1.21%)	4 (0.45%)

Sob essa  tica,   importante entender quais são os fatores que tornam os sistemas de BRT bons e se existem formas de mensurar tais fatores. O objeto de estudo deste trabalho, o sistema de BRT Expresso DF Sul, que iniciou as opera es em 2014 de acordo com o governo do Distrito Federal, e prometia atender em torno de 272 mil moradores, principalmente das regiões do Gama, Santa Maria e Park Way. Com um

sistema desta magnitude, é interessante avaliar os fatores do BRT e sua eficiência em sua operação.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Como explicitado no tópico acima o transporte coletivo urbano é de extrema importância para a população que depende do transporte público. Na Figura 1.1 mostra-se a rede do BRT do Distrito Federal (Expresso DF Sul) com suas estações. Em funcionamento desde 2014, o BRT, também chamado Expresso DF Sul, foi projetado para transportar 272 mil pessoas, porém ainda não atende toda a essa capacidade com qualidade e segurança.

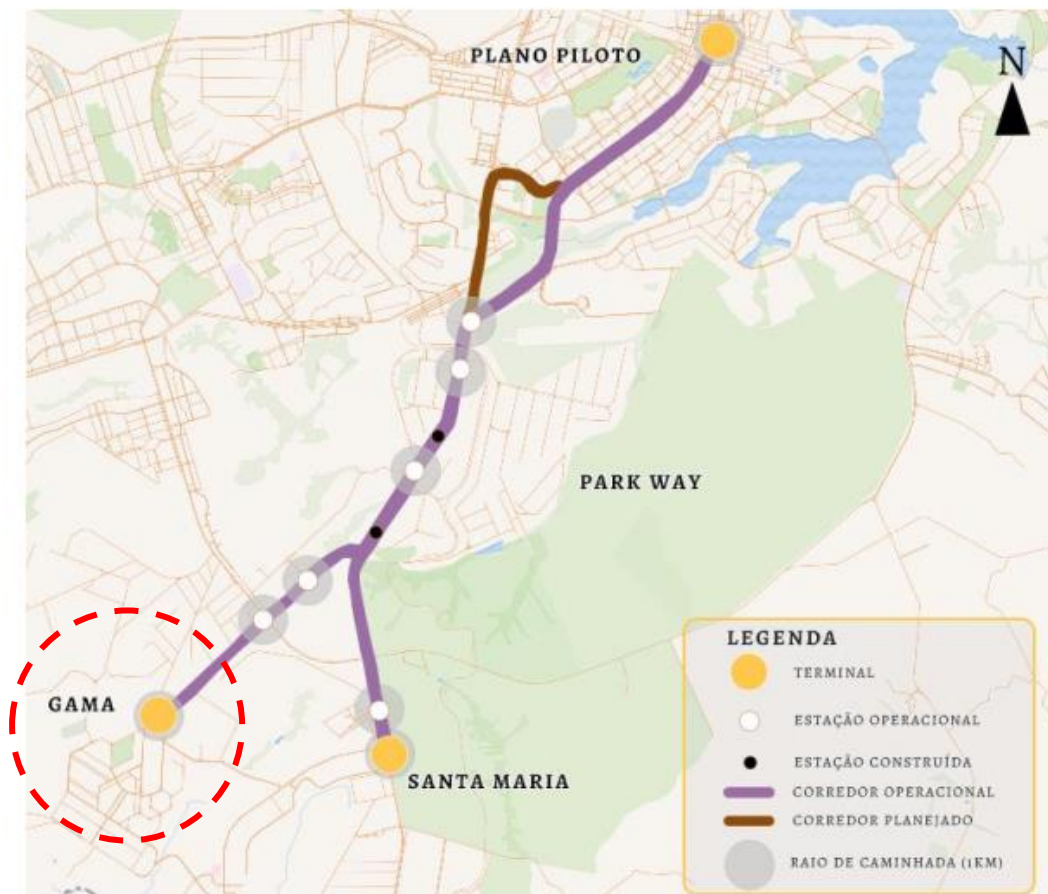


Figura 1.1 - Mapa da Inserção Urbana do Corredor BRT Expresso DF Sul

Fonte: BAIÃO, J. L. (2018)

Como tema de estudo do presente trabalho foi escolhida a estação de BRT do terminal do Gama, pois é uma área de importante acesso para as regiões de Santa Maria, Park Way e Plano Piloto. A estação de BRT do Gama é um importante ponto de conexão da

população dessa cidade com outras regiões mais distantes, incluindo o Plano Piloto. É um terminal que dá vazão a um número significativo de pessoas e se encontra perto do Campus Gama da Universidade de Brasília, sendo uma locomoção necessária também aos universitários.

Apesar de ser necessário realizar pesquisas aprofundadas sobre as condições de funcionamento do sistema da região, já existem indícios de que o terminal possa estar sobrecarregado. Uma pesquisa jornalística realizada pelo Metrôpoles em 2016, constatou que os usuários do BRT experimentavam problemas de demora para embarcar, superlotação e falhas na infraestrutura.

A equipe do jornal fez o trajeto do Gama até o Plano Piloto e relatou que realmente o tempo de viagem era menor do que o trajeto realizado via ônibus comum sem considerar o tempo gasto em fila, já que se esse tempo era considerado, o tempo total de viagem seria maior que se fosse feito por transporte por ônibus convencional, já que as filas no terminal nos horários picos chegaram a ter até 100 pessoas.

Em um primeiro momento, foi feita uma visita técnica ao local para reconhecimento do funcionamento e operação do terminal com o intuito de identificar as principais áreas que deveriam ser estudadas. Assim, foram identificadas duas áreas de estudo: o layout do terminal de forma geral e sua integração física com os diferentes meios de transporte motorizados e não-motorizados que a população usa para acessar o terminal. Nessas áreas de estudo observou-se de maneira geral vários problemas que serão descritos a continuação.

Layout:

- a) Observou-se impedências no tráfego interno de passageiros que impede a fluidez de circulação nas áreas internas do terminal.
- b) A estrutura do terminal é subutilizada, tendo barreiras de vidro e catracas que não são utilizadas, pelo fato de que a integração é feita via bilhete único, não tendo a ver com a conexão do terminal. As únicas catracas funcionais são as que dão acesso a entrada do BRT no sentido plano piloto.



- c) A estrutura atual possivelmente pode ser uma causa do aumento das filas, já que a estação possui barreiras desnecessárias que dificultam a locomoção dentro da estação.
- d) A sinalização da estação do BRT é confusa e de difícil compreensão para quem nunca andou de BRT antes.

*Integração ao terminal por meio de outros meios de transporte motorizados e não motorizados:*

As passarelas de acesso à estação que permitem a travessia de pedestres através das vias marginais que correm paralelas a ambos lados da estação foram construídas de tal forma que elas terminam no meio do terminal, porém sem acesso porque ambas bordas laterais do terminal são fechadas. Essas passarelas se integram ao terminal por meio de uma calçada que bordeia toda as laterais do mesmo até chegar às entradas de acesso que ficam nas extremidades. Então, o usuário tem que percorrer a metade do comprimento do terminal até a entrada de acesso mais outro percurso similar para chegar às plataformas de embarque, isso equivale a uma distância maior de 50 metros, nada atrativa para os usuários, principalmente para pessoas com mobilidade reduzida. Esse problema acarreta outros, tais como:

- a) As pessoas colocam em risco sua vida já que grande parte dos pedestres não atravessam as referidas passarelas, eles sempre procuram caminhos alternativos que coincidam com as entradas de acesso ao terminal para diminuir a distância de deslocamento, atravessando as vias marginais ao terminal em pontos de pouca visibilidade com veículos circulando em altas velocidades.
- b) As condições de acessibilidade no entorno da estação são improvisadas e difíceis, ou seja, que toda essa área fica com acesso não tão facilitado e perto de um campus universitário, como é o da Universidade de Brasília.
- c) As pessoas que chegam de bicicleta percorrem uma distância maior devido a que existe um único bicicletário em uma das extremidades do terminal.
- d) As duas passarelas não têm continuidade homogênea das calçadas de acesso ao terminal para pessoas com mobilidade reduzida, ou seja, não cumprem com a Norma 9050 da ABNT de acessibilidade universal.

- e) A existência de estacionamentos improvisados nas laterais das vias marginais à estação sem integração física adequada não oferece segurança aos usuários, assim como aos veículos que ficam no local.

## **1.2 OBJETIVOS**

O objetivo geral desse projeto é identificar os principais pontos de atenção da estação de BRT do Gama e seus riscos associados, e propor melhorias nas diversas plataformas de embarque, na acessibilidade à estação e nos serviços oferecidos pelo terminal.

Como objetivos específicos ter-se-ia:

- a) Levantar e estudar o layout da estação terminal pontuando todas as impedâncias;
- b) Simular o layout proposto no software Anylogic;
- c) Propor um novo modelo de layout e organização do terminal, destacando pontos de atenção e possíveis melhorias associadas a eles.

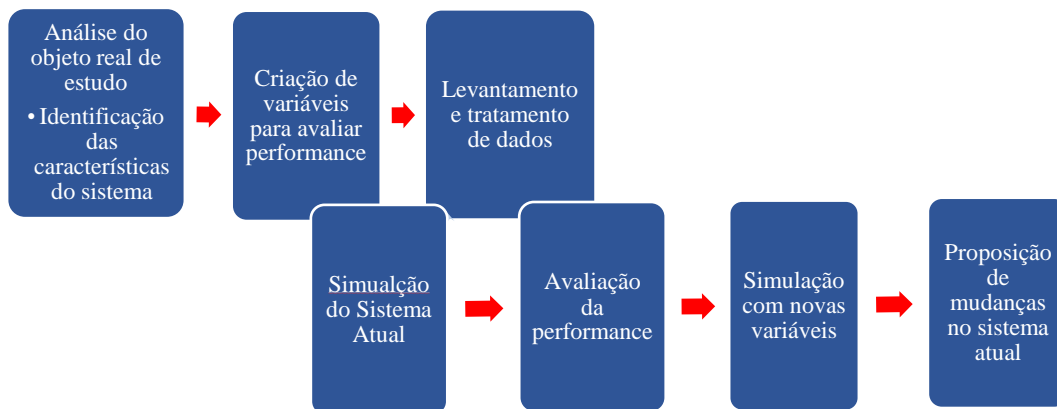
## **1.3 JUSTIFICATIVA**

Como citado nos tópicos acima, o sistema do BRT se tornou um sistema de transporte essencial para deslocamento da população, de forma segura, rápida e eficiente. Além disso, é um importante sistema integrador, visto que está localizado ao lado do Campus do Gama da Universidade de Brasília. A proposição de soluções para os problemas encontrados na estação do Gama é necessária para que o sistema do BRT seja mais bem aproveitado e forneça melhores condições de utilização pelos usuários.

## **1.4 MÉTODO DE PESQUISA**

A metodologia de pesquisa para o trabalho proposto segue o roteiro apresentado na Figura 1.2.

Depois de definir o objeto de estudo e suas características, foram identificadas as características do sistema como um todo, para que em seguida fosse possível decidir as variáveis que determinam a performance do sistema. Após de simular e avaliar a performance da situação atual foi realizada uma simulação com novas variáveis, buscando um cenário onde o modelo criado tivesse uma melhor performance.



**Figura 1.2 – Fluxo do Método de Pesquisa**

1. Análise do objeto real de estudo
  - a. Espera-se que as características do objeto de estudo sejam identificadas, para que seja possível simular o sistema posteriormente.
2. Criação de variáveis para avaliar a performance
  - a. Com a identificação das características do sistema, cria-se variáveis de interesse para monitorar o sistema.
3. Levantamento e tratamento de dados
  - a. Para observação e análise de resultados aplicados a realidade do sistema, há a necessidade de realizar levantamento de dados reais ou estimativas que influenciem no sistema.
4. Simulação do sistema atual
  - a. Com a ajuda do software de interesse, o sistema atual é simulado;
5. Avaliação da performance
  - a. Como resultado da simulação, extrai-se o gráfico de distribuição da variável de interesse;
6. Simulação com novas variáveis
  - a. Com a intenção de melhorar a performance do sistema, são simulados cenários com novas variáveis;
7. Proposição de mudanças no sistema atual
  - a. À partir das novas variáveis de interesse, um novo layout é proposto para o sistema atual, com o intuito de melhora da performance;

## **1.5 ESTRUTURA DO PROJETO FINAL**

Este projeto foi dividido nos tópicos de introdução, revisão bibliográfica, desenvolvimento do trabalho, conclusão e bibliografia.

No capítulo de introdução são levantados os tópicos relativos à introdução do projeto, com um breve resumo introdutório do que se pretende estudar. Em seguida, apresentam-se os objetivos e as justificativas acerca do que será estudo. Por último, é apresentada a metodologia e a estrutura do projeto de forma resumida.

No capítulo de referencial teórico são apresentadas as teorias bibliográficas relacionadas aos temas de estudo que envolvem o trabalho, como o sistema de transporte BRT (Bus Rapid Transit) e o estudo por simulação.

No capítulo de desenvolvimento do trabalho são destacados 2 pontos: 1) a avaliação do terminal; e a 2) simulação pelo software anylogic;

Por último, são apresentadas as conclusões e recomendações para o terminal e em seguida, é apresentado o capítulo de bibliografia, com as referências utilizadas para a pesquisa deste projeto final.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O tema principal desse projeto de pesquisa é o ônibus de trânsito rápido (BRT) e seus terminais de integração. Assim, o referencial teórico aborda tanto esses assuntos como outros temas correlatos que ampliaram o conhecimento sobre como melhorar as atuais condições do atual terminal do Gama e aumentar a acessibilidade da população ao mesmo.

Também se apresenta de forma resumida várias ferramentas de simulação, seus objetivos e vantagens. O uso de uma dessas ferramentas no projeto é ajudar na análise dos percursos internos e externos dos usuários do BRT que chegam por diferentes meios de transporte ao terminal até a plataforma destino onde toma sua respectiva condução.

### **2.1 SIMULAÇÃO**

A modelagem discreta, construída em torno de eventos discretos, foi desenvolvida para acompanhar um modelo ao longo do tempo e determinar suas premissas de interesse. Os principais elementos da modelagem discreta são dois: variáveis e eventos (ROSS, 2013).

Em geral, no sistema de simulação discreta, existem 3 tipos de variáveis: a) variável de tempo; b) variáveis de contagem (número de eventos que ocorreram) e; c) variáveis de Estado de Sistema (descrevem o estado do sistema em um tempo específico  $t$ ). Dessa forma, sempre quando um evento ocorre, os valores das 3 variáveis descritas mudam. A partir deste processo são coletadas variáveis de interesse e é possível monitorar sistemas de interesse (ROSS, 2013).

A simulação é o segundo melhor procedimento depois da observação de um sistema real, esse processo se trata de uma imitação computadorizada do comportamento aleatório de um sistema com a finalidade de estimar suas medidas de desempenho. (TAHA, 2008). Além disso, a simulação é uma forma de solucionar problemas do mundo real. Em muitos casos, não é possível arcar com os custos de fazer experimentos com objetos reais para encontrar soluções.

Em diversas situações construir, destruir e fazer mudanças em situações reais pode ser perigoso, caro, ou simplesmente impossível. Nesses casos, é possível construir um

modelo utilizando linguagem de simulação para representar um sistema real. Esse processo não é exato e é considerado abstrato. Nos modelos são inclusos apenas detalhes importantes para a modelagem, sendo o modelo sempre menos complexo do que a realidade (GRIGORYEV, 2016).

Então, modelagem é um caminho do problema até a solução em um mundo livre de riscos onde é possível cometer erros, desfazer ações, voltar no tempo e recomeçar (GRIGORYEV, 2016).

### **2.1.1 Ferramentas de Simulação**

#### **Arena Simulation Software**

O Arena Simulation Software é uma ferramenta utilizada para realizar simulação discreta. Ele é utilizado pela maioria das empresas “Fortune 100” nos Estados Unidos. Além disso, é o software do mercado mais utilizado para ensinar simulação discreta no mundo (ARENA SIMULATION, 2019).

O Arena possui um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém os recursos necessários para modelagem de processos, desenho e animação, além de fornecer análise estatística e análise dos resultados (ARENA SIMULATION, 2019).

#### **MatLab & Simulink**

O Simulink é um software que permite simular os modelos de um sistema e visualizar os resultados em gráficos interativos. Ele abrange simulações de problemas contínuos, discretos ou sistemas mistos. É possível utilizar e escolher entre soluções com um número fixo ou variável de passos. A integração entre o Simulink e o Matlab permite execução de comandos de forma rápida e eficiente (MATHWORKS, 2019).

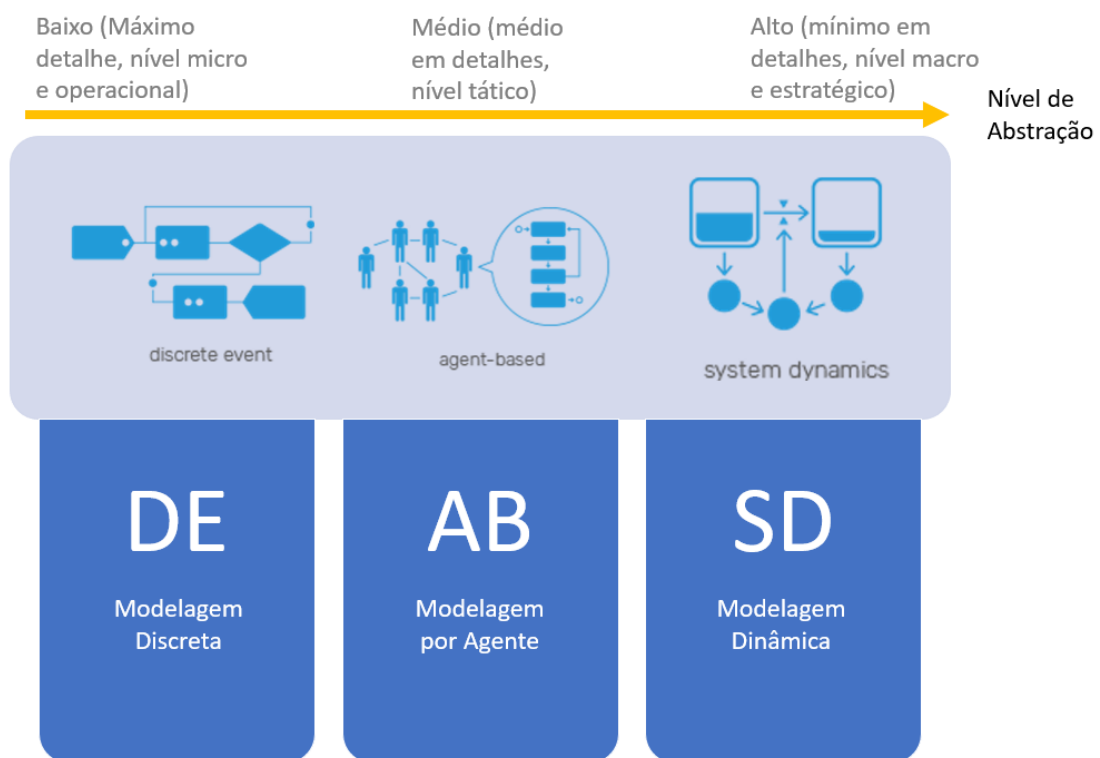
#### **Anylogic 7**

O Anylogic 7 é um software que permite a utilização de 3 métodos: simulação discreta, por agente e dinâmica. Além de fornecer poderosas ferramentas visuais, integra os 3 métodos de simulação de forma intuitiva e prática (ANYLOGIC COMPANY, 2019).

### 2.1.2 ANYLOGIC 7

O ANYLOGIC 7 é um software de simulação que permite simulação multimodal, bibliotecas atuais e várias melhorias de usabilidade para os usuários. Na modelagem por simulação, um método é um *framework* que é utilizado para mapear um sistema real do mundo em seu modelo. No ANYLOGIC 7 é possível modelar por 3 métodos diferentes: modelagem discreta, por agente e dinâmica. O que varia em cada método é a variação de nível de abstração.

A modelagem dinâmica possui um nível de abstração alto, sendo muito útil para modelagem estratégica. A modelagem discreta suporta níveis baixos e médios de abstração. No meio, existe a modelagem por agente, que pode representar desde objetos físicos e seus comportamentos até estruturas organizacionais, como um governo ou uma empresa como um todo (GRIGORYEV, 2016).



**Figura 2.1 - Métodos de Simulação,**

Fonte: Grigoryev (2016) - Adaptado

No ANYLOGIC 7 é possível modelar das 3 formas em conjunto, por isso, o software tem a capacidade de entregar uma experiência multimodal. É importante considerar

cautelosamente o sistema que se irá analisar e seus objetivos, de forma a selecionar o melhor modelo possível (GRIGORYEV, 2016).

A modelagem de eventos discretos exige pensar sobre o sistema que se quer modelar como um processo – uma sequência de operações que os agentes realizam. (GRIGORYEV, 2016).

Para este trabalho, a simulação de eventos discretos foi escolhida, visto que, neste tipo de modelagem pode-se monitorar variáveis de interesse e eventos ao longo do tempo, uma aproximação interessante para um sistema de modo de transporte, que possui as variáveis de tempo de deslocamento, distância percorrida, velocidade do ônibus, velocidade do passageiro etc. E, possui eventos como: embarque de passageiros, desembarque, travessia de faixa de pedestre, dentre outros. Além disso, a simulação discreta no software Anylogic permite a visualização do sistema em 3 dimensões.

## **2.2 BUS RAPID TRANSIT**

O BRT é uma modalidade de transporte de ônibus que suporta alta capacidade de passageiros operando em corredores exclusivos, com pagamento fora da área de embarque, via de ônibus alinhada, prioridade nos cruzamentos e embarque em nível (FERBRACHE, 2019)

A *Federal Transit Administration* (2017) o define como um sistema de transporte de alta qualidade baseado em ônibus que providencia um serviço rápido e eficiente que pode incluir faixas exclusivas, linhas de ônibus, prioridade nos sinais de trânsito, coleta de tarifa fora do veículo, plataformas elevadas e estações melhoradas. A referida instituição argumenta que o BRT possui características similares com os veículos leve sobre trilhos e com o metrô, por isso é considerado um modal de transporte mais confiável, prático e rápido do que o sistema tradicional de ônibus.

Essas características e vantagens desse tipo de sistema de transporte somada aos baixos investimentos em infraestrutura de transporte especialmente no que se refere à superfície de rolamento, já que são usadas vias já existentes dela cidade, fazem dele um sistema atrativo para sua adoção. Assim, observa-se que a implementação e expansão



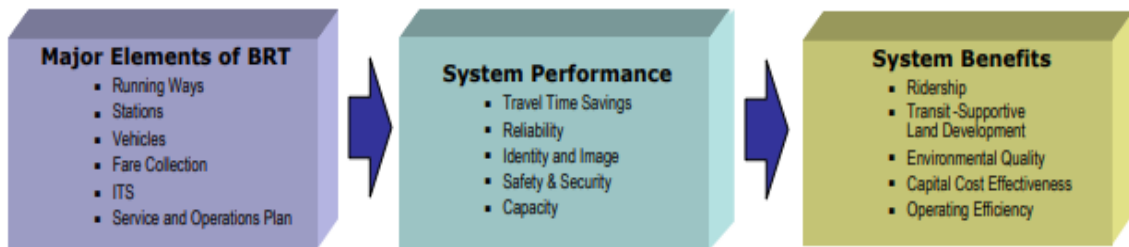
do *Bus Rapid Transit* no mundo, desde meados de 1970 e anos 90 é um testemunho do impacto positivo que essa modalidade de transporte tem trazido para diversas cidades contemporâneas ao redor do globo (FERBRACHE, 2019).

Segundo a *Federal Transit Administration* (CBRT, 2004) no planejamento de um BRT deve-se prestar especial atenção aos elementos principais do BRT e compreender sua importância dentro do sistema, assim essa instituição elenca os seguintes:

- Faixas de Trânsito Exclusivas
  - As faixas exclusivas do sistema de *Bus Rapid Transit* podem variar de faixas comuns de tráfego até faixas completamente exclusivas.
- Estações e Terminais
  - As estações e terminais são as mais importantes interfaces de contato com o consumidor, visto que afetam a acessibilidade, confiança, conforto, design, segurança, infraestrutura e logística interna. As estações podem variar de simples paradas até estações complexas com sistemas de integração.
- Veículos
  - Os sistemas de BRT podem utilizar uma variada gama de veículos, de ônibus comuns até veículos especializados. As opções variam em termos de tamanho, design, configuração interna e controle horizontal e longitudinal. Todos esses aspectos influenciam na performance, capacidade e qualidade de serviço do sistema.
- Tarifas
  - A coleta da tarifa influencia no tempo de permanência na estação, segurança e eficiência do serviço. As opções podem variar de pré-pagamentos com sistemas eletrônicos até pagamentos pós-embarque.
- Sistemas de Transporte Inteligente (ITS)
  - No sistema de BRT uma variedade de tecnologias ITS podem ser integradas para melhorar a performance do sistema em termos de tempo de deslocamento, eficiência operacional, segurança e proteção.
- Serviços e Planos de Operação

- Definir os serviços que atenda às necessidades dos consumidores na área e atenda as demandas por este serviço é um procedimento chave no planejamento de um sistema de BRT. Esse plano pode influenciar na capacidade do sistema, confiança no serviço e tempo de deslocamento.

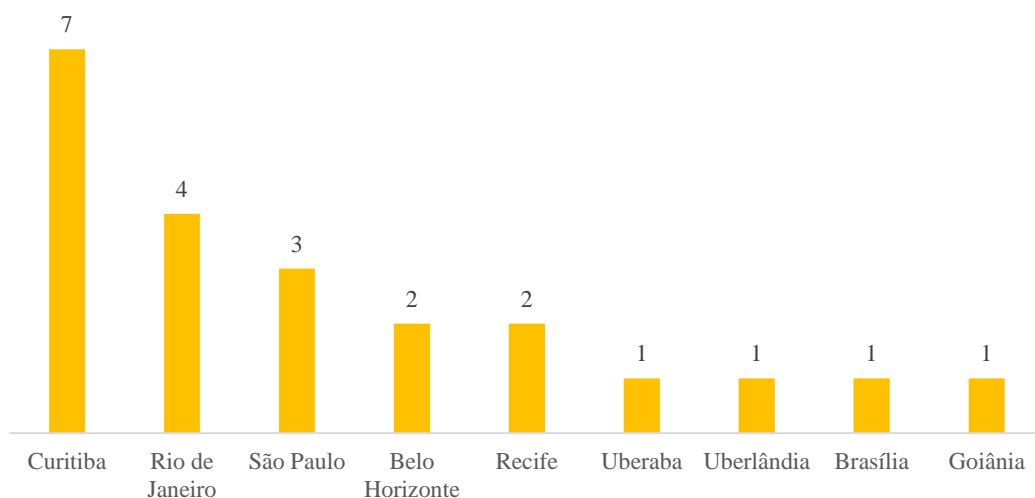
As características gerais do sistema de BRT para tomada de decisões pode ser exemplificada a partir de três perspectivas: a) os elementos principais do BRT, se relacionando com as principais características e diferenciais do sistema; b) a performance, relacionada aos resultados e seus atributos; c) e os benefícios do sistema.



**Figura 2.2 - CBRT (2004) - Federal Transit Administration**

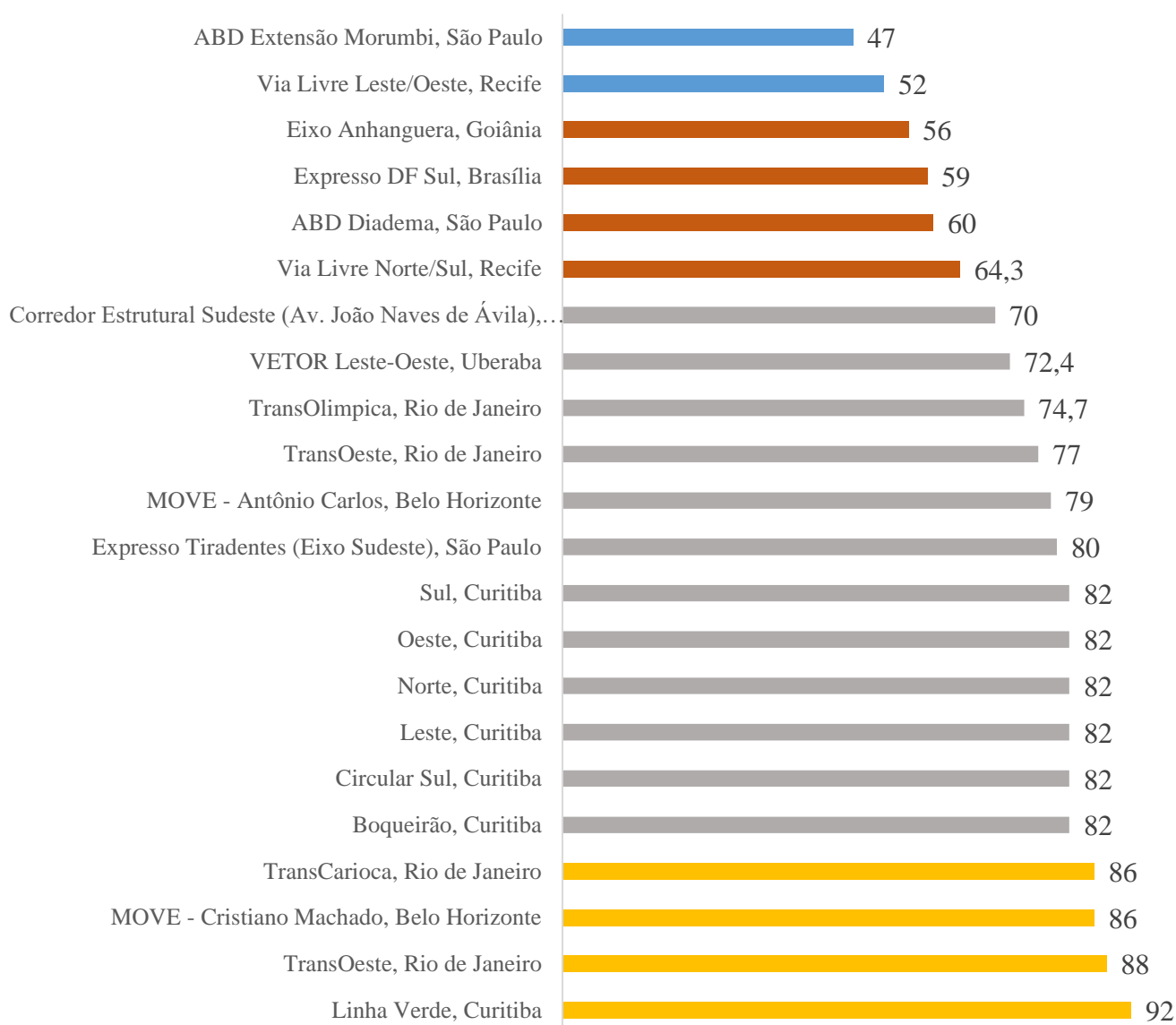
### 2.3 EXPRESSO DF SUL EM RELAÇÃO AOS SISTEMAS BRASILEIROS

O Brasil possui inúmeras linhas de *Bus Rapid Transit* em atividade, sendo Curitiba o estado com mais linhas em atividade, seguido da cidade do Rio de Janeiro.



**Figura 2.3 - Corredores de BRT no Brasil**

Para entender a funcionalidade e a eficiência dos sistemas de BRT, existem órgãos de referência que realizam estudos sobre o funcionamento do sistema, como o ITDP Brasil. De acordo com o ranking do órgão, o Sistema de BRT mais bem avaliado de acordo com critérios próprios é a Linha Verde, de Curitiba, enquanto que o Expresso DF Sul, de Brasília, se encontra na décima oitava posição, recebendo a categoria bronze.



**Figura 2.4 - Avaliação dos Sistemas de BRT no Brasil de acordo com o ITDP Brasiln (2013)**

O Expresso DF Sul de Brasília se encontra na 18ª (décima oitava) posição, com nota 59

A Linha Verde de Curitiba tem o melhor sistema brasileiro, com nota 92

#### 2.4 BRT EM CURITIBA – REDE INTEGRADA DE TRANSPORTE (RIT)

O BRT em Curitiba é caracterizado pela rede integrada de transporte (RIT). A RIT permite que o passageiro possa utilizar mais de uma linha de ônibus com o pagamento de apenas uma tarifa. Esse processo acontece por meio das plataformas de embarque e desembarque, que são fechadas, permitindo utilização de múltiplas linhas.

Atualmente o sistema conta com a linha de BRT mais bem avaliado do Brasil, de acordo com ranking do ITDP Brasil. Como é possível observar na Tabela 2.1, a nota mínima das linhas de Curitiba foi de 82 pontos, um padrão elevado para este sistema. Na Tabela 2.2 apresenta-se os dados operacionais de tudo o sistema.

**Tabela 2.1 - Avaliação das Linhas de BRT em Curitiba (ITDP Brasil, 2013)**

Corredor	Extensão (km)	Nota ITDP	Padrão
Linha Verde	7	92	Ouro
Boqueirão	10,3	82	Prata
Circular Sul	14,5	82	Prata
Leste	12,4	82	Prata
Norte	8,9	82	Prata
Oeste	10,4	82	Prata
Sul	10,6	82	Prata

**Tabela 2.2 - Dados Operacionais - RIT (URBS, Curitiba, 2019)**

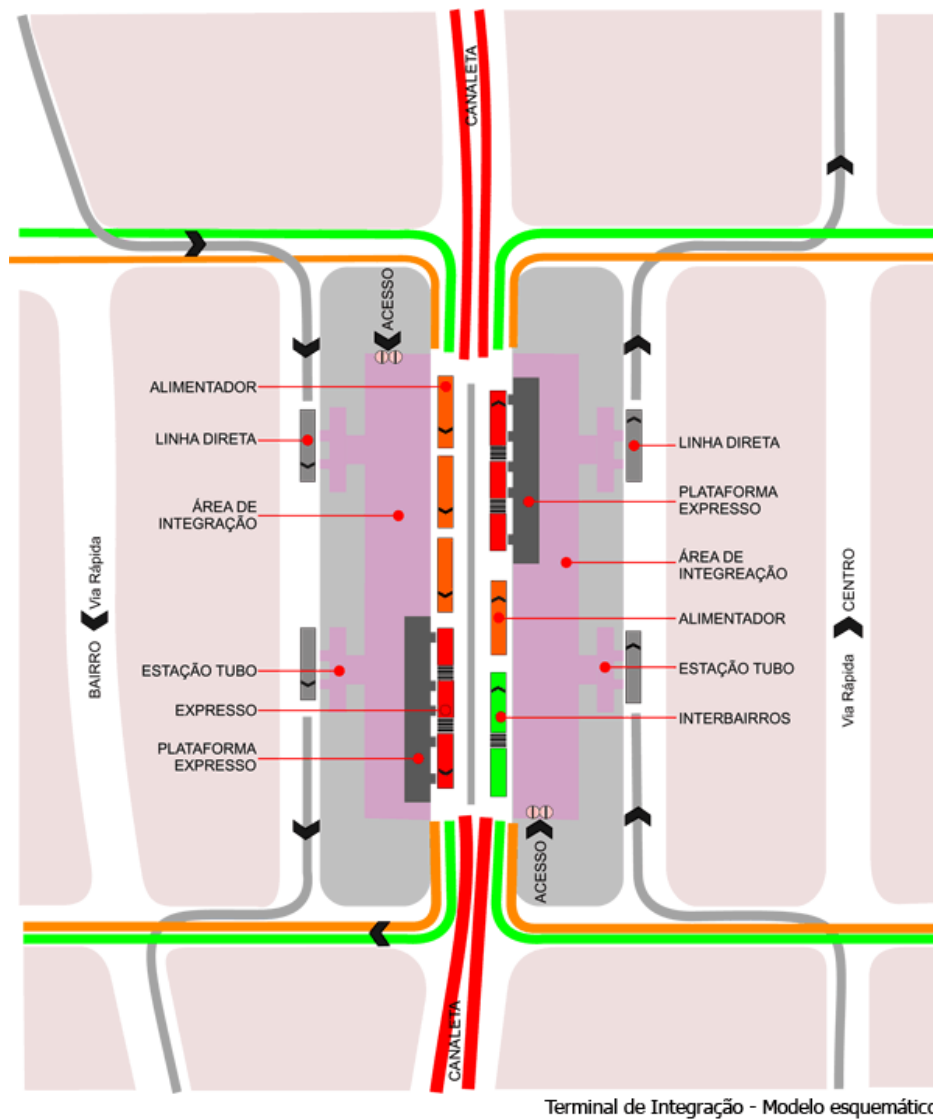
Dados Operacionais - RIT	
Extensão (km)	
Passageiros Transportados (em dias úteis)	1.389.731
Passageiros Pagantes (em dias úteis)	628.769
Frota Operante	1.226
Linhas	251
Quilometragem Percorrida (em dias úteis)	302.186

Terminais	21
Estações-Tubo	328
Pontos de Parada	6.500

Curitiba sempre tem sido referência nacional e mundial quanto se refere a sistemas de transporte, sempre está na vanguarda quanto à qualidade, conforto, segurança, etc. Características que se reflexam também no BRT, assim as principais características da RIT – URBS, Curitiba, 2019 são:

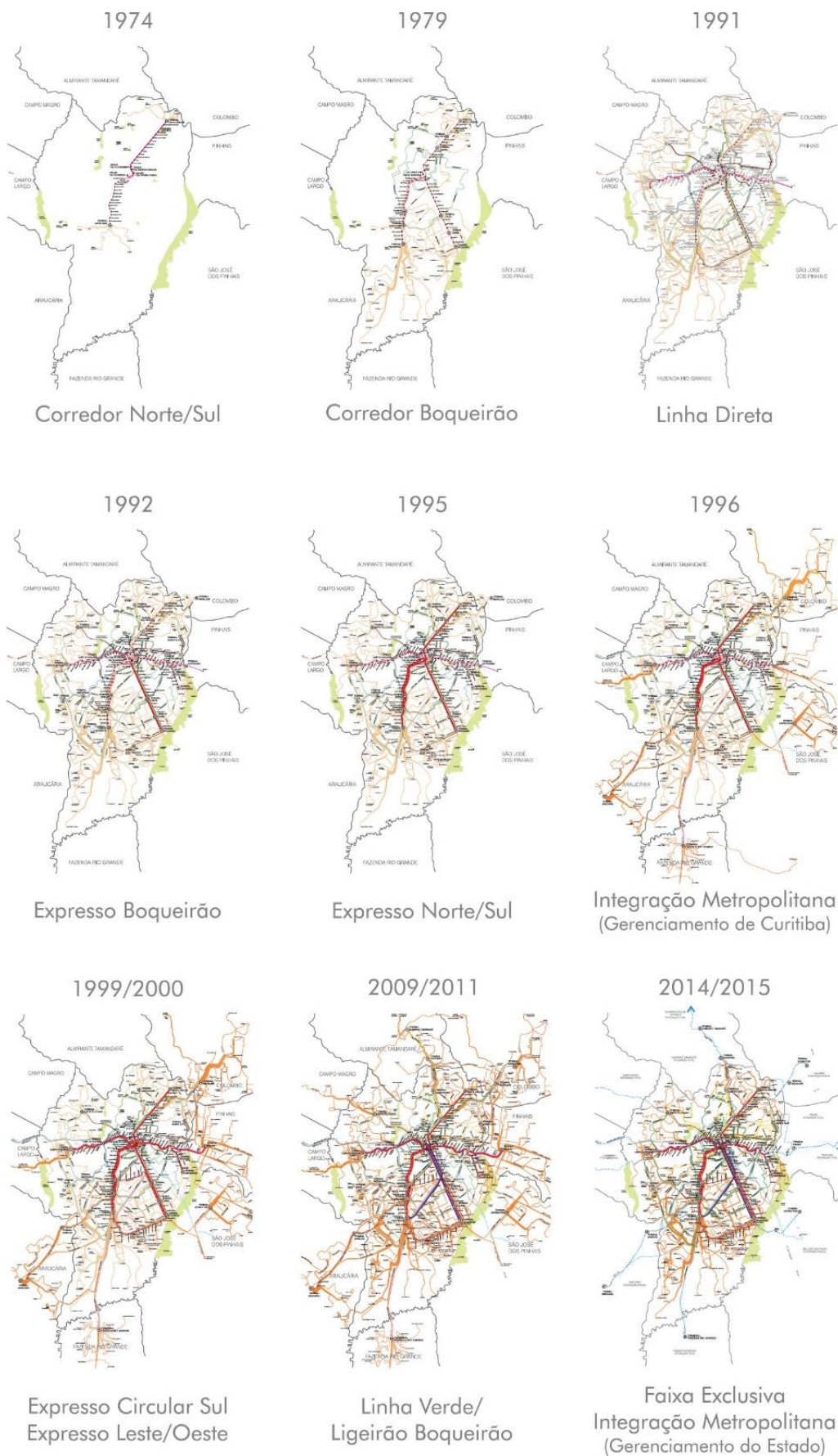
- a) Integração do Transporte com o uso do solo e sistema viário, possibilitando crescimento linear da cidade;
- b) Prioridade do transporte público sobre o individual;
- c) Extensão total de 85,6 km;
- d) Embarque em nível e cobrança antecipada.

De acordo com a URBS (URBANIZAÇÃO DE CURITIBA S/A) os terminais são estruturas que permitem integração entre diversas linhas que compõe a rede integrada de transporte de Curitiba (expressas, alimentadoras, diretas e interbairros). Os terminais permitem implantação de linhas mais curtas, permitindo maior capilaridade nos bairros, promovendo assim, sua estruturação.



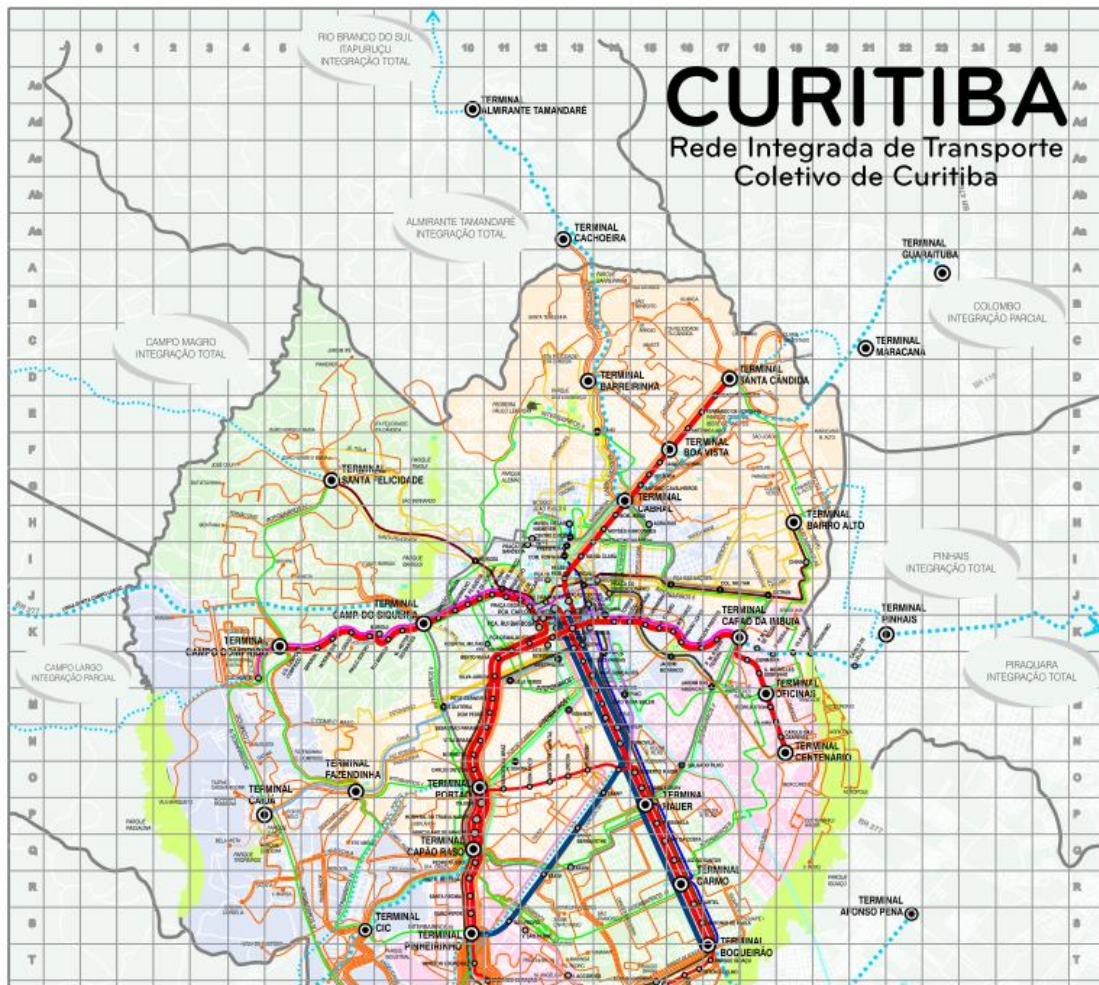
Terminal de Integração - Modelo esquemático

Figura 2.5 - Terminal de Integração - Modelo Esquemático (URBS, Curitiba)



**Figura 2.6 - Evolução da Rede Integrada de Transporte em Curitiba**

Fonte: URBS - Curitiba



**Figura 2.7 - Rede Integrada de Transporte em Curitiba.**

Fonte: URBS - Curitiba

## 2.5 BRT EM BOGOTÁ – TRANSMILÊNIO

Na cidade de Bogotá, em 1967, havia 2.697 ônibus que transportavam, em média, 1.629.254 passageiros por dia. Nesta época a cidade tinha um pouco mais de 1 milhão de habitantes e área urbana de 8.000 hectares (80 milhões de metros quadrados), com um serviço de transporte público razoavelmente cômodo. Porém, quando a cidade cresceu e chegou a marca de 5 milhões de habitantes com área urbana de 30.000 hectares (300 milhões de metros quadrados), a frota de veículos para transporte público aumentou para 20.000 unidades, com isso, também aumentou a desorganização, ineficiência e desconforto do sistema urbano. (TRANSMILÊNIO S/A)

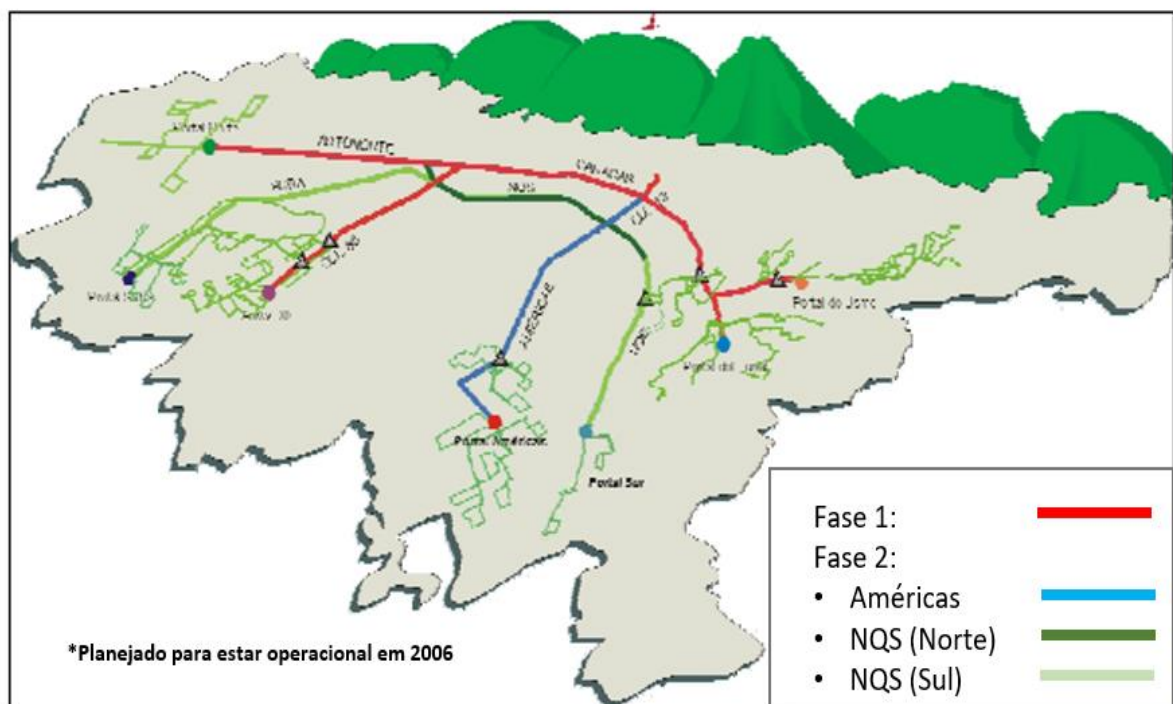
No final dos anos 90 a situação tornou-se crítica, não existia um sistema de transporte público urbano efetivo que servisse como alternativa ao veículo particular, isso



incentivava mais a utilização da modalidade individual de transporte. Diante dessa situação, dentre os anos 1998 e 2000, foi elaborado um plano de desenvolvimento para a cidade de Bogotá, que consistiu na construção de uma infraestrutura especial de transporte em massa (TRANSMILÊNIO S/A).

O resultado desse plano no quesito de transporte foi a criação do Sistema Trans Milênio, que foi sustentado em 4 pilares:

- Respeito a vida, representando um serviço cômodo, seguro e moderno;
- Respeito ao tempo das pessoas, com um sistema de transporte que cumpra os requisitos mínimos de qualidade e quanto aos itinerários e tempo de deslocamento;
- Respeito a diversidade dos cidadãos, sendo um sistema de transporte que englobe as diferentes classes sociais sem preferência de nenhuma classe, ou seja, tratamento igualitário;
- Qualidade Internacional, cumprindo os requisitos mínimos determinados pela engenharia de transporte para apresentação de um serviço cômodo, seguro e efetivo.



**Figura 2.8 - Desenvolvimento do Sistema Transmilênio em Fases.**

Fonte: TransMilenio S.A

A grande vantagem desse novo sistema proposto consistiu na construção de uma infraestrutura destinada de maneira específica e exclusiva a sua operação, a partir de corredores individuais, faixas de uso único, estações e plataformas especiais, ciclovias e pontes, tudo isso para facilitar o uso do sistema pelos usuários. Dessa forma, em dezembro de 2000, foi inaugurada a primeira rota do sistema de BRT Transmilênio. O gerenciamento e operação do sistema de BRT Trans Milênio ficou sob responsabilidade do órgão “TransMilenio S.A”, estabelecido em outubro de 1999 (TRANSMILÊNIO S/A).

## **2.6 TERMINAIS DE BRT**

### **2.6.1 Características e Componentes dos Terminais**

Os terminais de BRT são as interfaces com os passageiros para oferecer acessibilidade, confiança, conforto, design agradável, infraestrutura, segurança e logística interna adequada. No caso de terminais, são estações mais complexas, que podem conter sistemas de integração com outros modais (FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION, 2009).

As estações geralmente são formadas por três elementos básicos: subparadas ou plataformas, áreas de transição e infraestrutura de integração (passagem de pedestres, espaços para vendedores, estacionamento de bicicletas e outras atividades) (MANUAL DE BRT, 2018).

De acordo com o caderno técnico de sistemas de prioridade ao ônibus, os terminais devem possuir:

- 1) **Área para estocagem de ônibus** para otimizar a operação do sistema. Além disso, recomenda-se a construção de garagens, almoxarifado e áreas de oficina para manutenção (SEMOB, 2016).
- 2) **A largura da plataforma** deve ser dimensionada a fim de comportar o número de pessoas estimada nas horas-pico. A movimentação na plataforma envolve embarque e desembarque, chegada de passageiros de outros modais de transporte e integrações com outras linhas de ônibus. A recomendação é que a distância das plataformas nos terminais seja superior à das estações, especificamente 2,65m para as unidirecionais e 3,45m para as bidirecionais (SEMOB, 2016).

- 3) **Travessia:** Em termos de travessia é necessário notar a circulação entre plataformas, visto que é uma área com passagem de ônibus e volumes elevados de passageiros. Quando não houver possibilidade de plataforma única, evitando travessias, é recomendável utilizar travessia em nível e, contar com semáforos ou sinalizadores para pedestres (SEMOB, 2016).
- 4) **Pagamento:** Recomenda-se pagamento antecipado, controlado na entrada dos terminais ou em áreas com catraca, para aumentar a velocidade operacional do sistema. Também é desejável a presença de totens para recarga, evitando filas de bilheteria (SEMOB, 2016).
- 5) **Infraestrutura:** Para a infraestrutura básica, recomenda-se sistema de água e esgoto interligado, viabilizando abastecimento para o terminal (consumo e limpeza). Além disso, deverá ser previsto instalações específicas para o funcionamento do terminal, como: redes de bilheteria, catracas, equipe de segurança e manutenção, banheiros e infraestrutura para a equipe de trabalho do terminal (vestiário, banheiros exclusivos, bebedouros, armários etc.). Também é necessária ligação instalação elétrica e geradores reserva em caso de falta de energia para o pleno funcionamento do terminal. (SEMOB, 2016).

## 2.6.2 Dimensionamento de Plataformas

O tamanho de uma plataforma tem impacto na eficiência com que a estação e as suas subparadas operam. Além disso, está diretamente relacionada com o conforto dos passageiros. O dimensionamento depende do nível de embarque e desembarque dos passageiros. (MANUAL DE BRT, 2018)

### 2.6.2.1 Exemplo de Cálculo de Largura de Plataforma

$$L_{plat} = 1 + L_{esp} + L_{circ} + L_{espop}$$

Em que:

$L_{plat}$  = Largura total da plataforma;

1 metro = Largura necessária para infraestrutura;

$L_{esp}$  = Largura necessária para passageiros esperando em uma direção;

$L_{circ}$  = Largura necessária para a circulação de passageiros;

Lespop = Largura necessária para passageiros esperando por veículos indo no sentido oposto.

(MANUAL DE BRT, 2018)

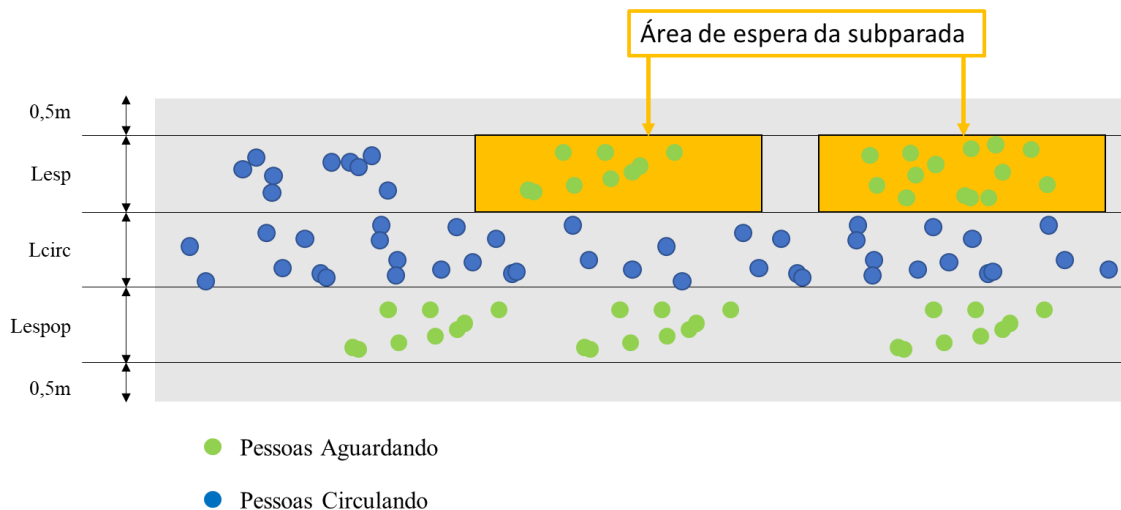
O cálculo da “Lcirc” pode ser obtido pela seguinte equação:

$$L_{circ} = P_{ph}/2000$$

Em que:

P<sub>ph</sub> = Número de passageiros esperados circulando por hora.

(MANUAL DE BRT, 2018)



**Figura 2.9 – Desenho esquemático de plataforma Manual de BRT, 2018**

(Adaptado pelo Autor)

## **2.7 DESENVOLVIMENTO ORIENTADO AO TRANSPORTE SUSTENTÁVEL (DOTS)**

O desenvolvimento orientado ao transporte sustentável (DOTS) é um conceito de planejamento urbano que visa o aprimoramento compacto nos centros urbanos, incentivando a utilização eficiente do transporte público, com equilíbrio, distribuição igualitária de oportunidades, inclusão social e redução de emissões de gases poluentes, tudo isso por meio do desestímulo a utilização de veículos individuais (motocicletas e automóveis). (ITDP, 2017)

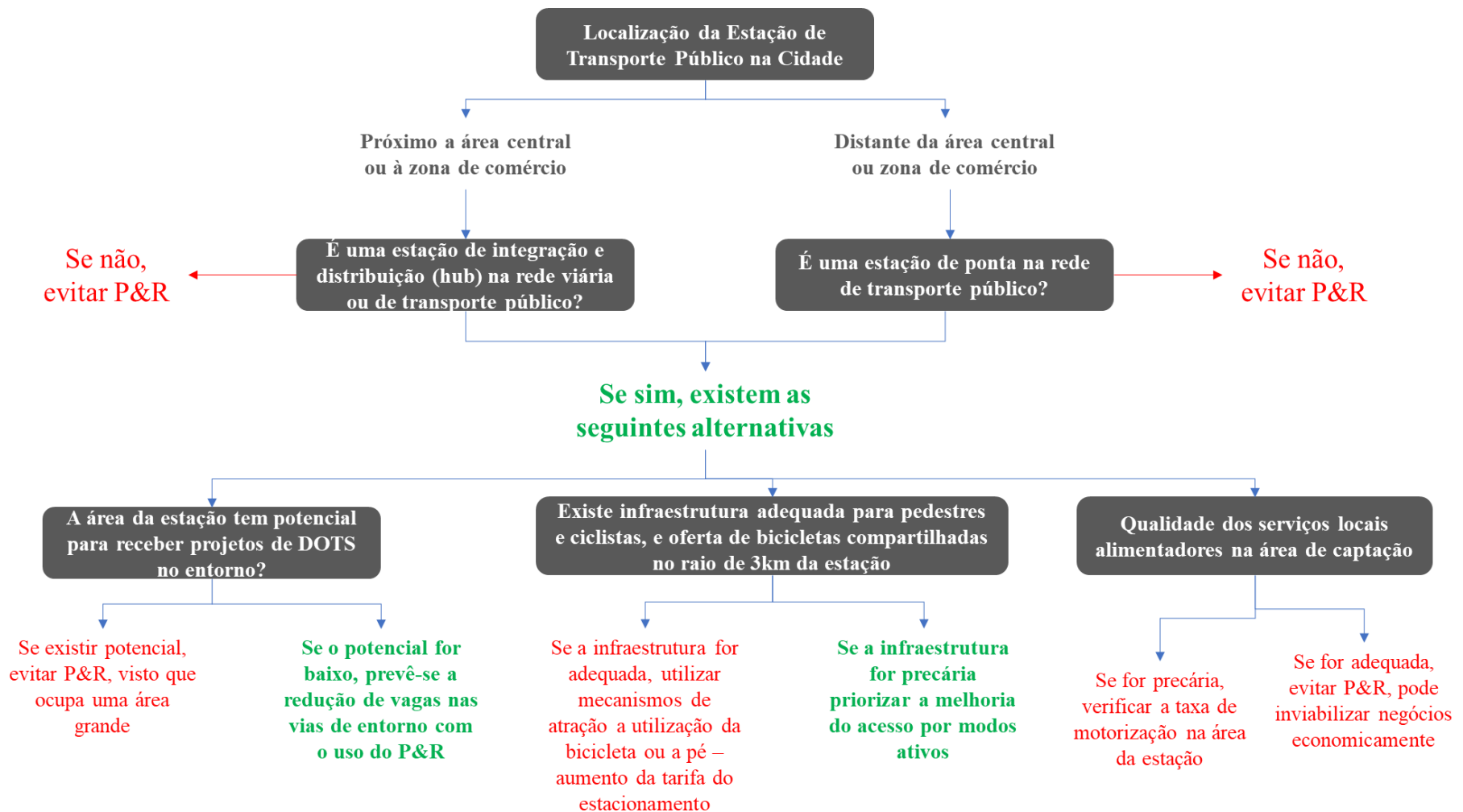
## 2.8 BOLSÕES DE ESTACIONAMENTO (PARK-AND-RIDE)

Os bolsões de estacionamento são áreas em que motoristas deixam seu veículo próprio e utilizam o transporte público para se locomover aos centros urbanos. Geralmente o bilhete do transporte público é cedido para aqueles que pagam pelo estacionamento *park-and-ride*, diminuindo o congestionamento de veículos nos centros urbanos e facilitando a viagem daqueles que utilizariam veículo próprio no trajeto inteiro e pagariam a mais por estacionamentos com preços elevados nos centros urbanos (DART, 2016).

A instalação dos bolsões de estacionamento faz parte de uma política de desestímulo do uso do automóvel em detrimento dos modos coletivos de transporte integrados. A proposta surgiu em 1932, a partir do trabalho de Bernard Mess (*Traffic Issues for the Big City*). Para entender melhor a proposta do sistema, foi feita uma tabela comparativa entre diversas teses, com o intuito de contextualizar problemas, propostas de solução e resultados do P&R.

<b>Autor</b>	<b>Contexto</b>	<b>Proposta</b>	<b>Resultados</b>
Karamychev, 2011	Estudo sobre o sistema P&R na Holanda.	Avaliar o impacto do sistema P&R no tráfego e no bem-estar geral na população.	Atribuíram uma densidade de probabilidade para os usuários de veículos utilizarem o sistema P&R e chegaram em uma conclusão de quando aplicar o sistema.
Mascioszek, 2020	Estudo sobre o sistema P&R na Polônia, em 3 cidades diferentes, avaliando os benefícios do sistema.	Modelagem das vantagens do sistema P&R em relação a custo e tempo de deslocamento	Foram observados diminuição no tráfego da região e estímulo da utilização do sistema público.

O instituto de políticas de transporte & desenvolvimento desenvolveu, em 2017, um fluxograma para auxiliar a tomada de decisão de gestores públicos quanto a instalação de bolsões de estacionamento integrado (Figura 2.11)



**Figura 2.10 - Matriz de Possibilidades para um Bolsão de Estacionamento (Park-and-Ride):**

Fonte: ITDP Brasil (Adaptado pelo Autor)

### **3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO DE BRT DO GAMA**

O sistema de Bus Rapid Transit (BRT) Expresso DF Sul foi inaugurado em junho de 2014, como parte dos projetos de mobilidade para a Copa do Mundo de 2014. Possui extensão de aproximadamente 36 km e faz a interligação das regiões administrativas de Gama e Santa Maria com o Plano Piloto.

Um de seus terminais (Terminal de BRT do Gama), responsável por interligar a região administrativa do Gama, se localiza na rua DF-480, Brasília-DF, próximo à Universidade de Brasília – Campus Gama (ITDP, 2016).



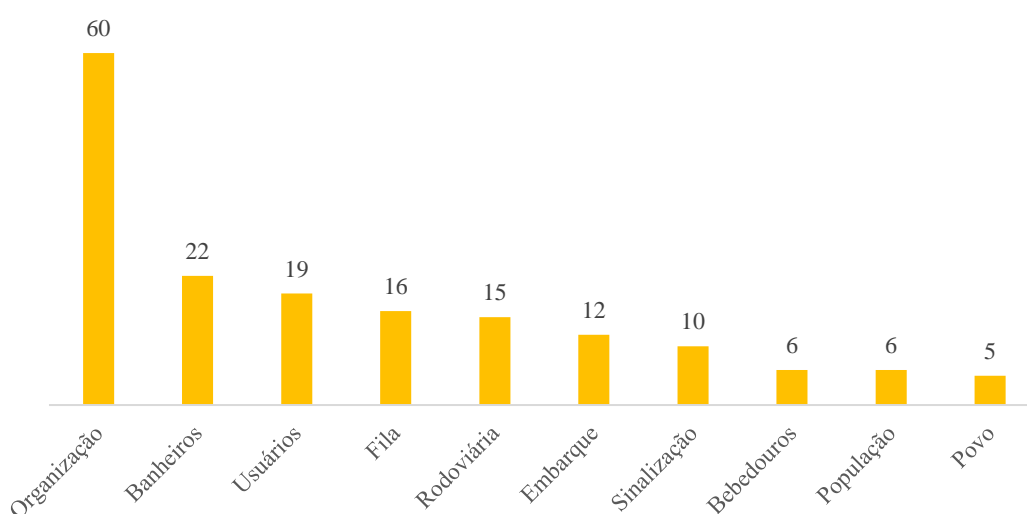
**Figura 3.1 - Terminal de BRT do Gama**

**Fonte: Wikimapia**

Uma fase dessa pesquisa é obter dados e informações que permitam caracterizar e avaliar as atuais condições do terminal BRT do Gama. Para atingir esse alvo, utilizaram-se vários instrumentos de pesquisa: pesquisa no Google, pesquisa bibliográfica e levantamento de campo. A metodologia e os resultados obtidos são expostos nos seguintes itens desse capítulo.

### 3.1.1 Avaliação através do Google.

Ao buscar a palavra-chave “Terminal BRT Gama” no *engine* de pesquisas do Google, pode-se observar que a avaliação do terminal é de 3,5 estrelas em 5, com insumo de 1.218 avaliações, na data de 13 de abril de 2021, sendo o principal foco das avaliações a organização do terminal (GOOGLE EMPRESAS, 2021). Os resultados dessa avaliação mostram-se na Figura 3.2, as barras representam as menções totais nas avaliações por tema.



**Figura 3.2 - Avaliações do Terminal por Tópicos**

Fonte: Google Empresas

Por exemplo, uma avaliação diz que a organização do lugar é precária, com formação de filas secundárias, com funcionários sem capacitação adequada para organizar a fila. Além disso, reclamou da alta lotação do ônibus. Outra avaliação comenta sobre a burocracia necessária para se obter o cartão, que dificulta o acesso temporário ao serviço ou a quem é de fora do estado. Inclusive, faz um comparativo ao BRT do Rio, em que o cartão pode ser comprado e recarregado (GOOGLE EMPRESAS, 2021).

### 3.1.2 Relatório de Avaliação ITDP

Em junho de 2015 foi publicado um relatório de recomendações segundo o padrão de qualidade de BRT pelo ITDP (Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento), ocasião na qual o Expresso DF Sul recebeu a qualificação Bronze como se mostra na



Figura 3.3. É importante ressaltar que existem 4 categorias nessa avaliação: Ouro, Prata, Bronze e Básico.

Padrão de Qualidade BRT		Expresso Sul	
Categorias Avaliadas	Max. Pontos	2015 Scorecard	Comentários
BRT Básico (mínimo necessário 20 pts.)	38	30	Perdeu 8 de 38 pontos na categoria.
Planejamento dos Serviços	19	14	Perdeu 5 de 19 pontos na categoria.
Infraestrutura	14	13	Perdeu 1 de 14 pontos na categoria.
Estações	10	5	Perdeu 5 de 10 pontos na categoria.
Comunicações	5	2	Perdeu 3 de 5 pontos na categoria!
Acesso e Integração	14	7	Perdeu 7 de 14 pontos na categoria.
Avaliação Preliminar	100	71	Classificação Potencial Prata
Pontos Negativos	-45	-12	Perdeu 12 de 45 pontos na categoria
<b>Avaliação Final</b>	<b>100</b>	<b>59</b>	<b>Classificação Final Bronze</b>

**Figura 3.3 – Resumo da Avaliação do Corredor de BRT Expresso DF Sul segundo o Padrão de Qualidade BRT**

Fonte: ITDP

Na Figura 3.4 tem-se a avaliação do BRT pela categoria “Estações” onde mostra-se a pontuação recebida por quesito de avaliação, assim como os respectivos comentários. A pontuação total obtida foi de 5, em um total de 10 pontos.

Categorias e Itens Avaliados	Max. Pontos	2015 Scorecard	Comentários
<b>Estações</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	Perdeu 5 de 10 pontos na categoria.
Distância entre as Estações	2	0	Perdeu 2 de 2 pontos!
Estações Seguras e Confortáveis	3	2	Perdeu 1 de 3 pontos.
Número de Portas nos Ônibus	3	2	Perdeu 1 de 3 pontos.
Baias de Acostamento e sub-pontos de Parada	1	1	Pontuação máxima.
Portas Deslizantes nas estações de BRT	1	0	Perdeu 1 de 1 pontos!

**Figura 3.4 - Avaliação das estações do BRT Expresso DF Sul**

Fonte: ITDP

Da análise da avaliação realizada pelo ITDP na que apresenta quais são os principais fatores que afetam a qualidade de uma estação pode-se identificar alguns fatores que se relacionam com a estação de BRT do Gama, dentre eles tem-se:

- a) As estações terminais apresentam menor área útil para acúmulo de passageiros, com pouca área pós-catraca e grandes pilares para banheiros e depósitos, reduzindo o espaço útil para o passageiro se organizar antes do embarque. Nesse

sentido, o ITDP recomenda a expansão das plataformas de forma a maximizar o espaço disponível para espera;

- b) Organização das filas, o ITDP comentou sobre a utilização de agentes do DFTRANS para organizar a formação de filas e evitar formações naturais de fila, questão que pode vir a gerar ambiente caótico e desorganizado caso não seja controlado ou com um ambiente adequado para tal propósito. Assim, o instituto recomenda a instalação de mobiliário permanente, para facilitar a organização das filas, reduzindo a necessidade de um agente de transporte e fomentando a organização natural;
- c) Amenidades para os passageiros – O relatório do ITDP identificou a falta de amenidades para os passageiros do terminal, como lanchonetes, serviços públicos, redes de atendimento aos passageiros, etc. que frequentam este terminal.

Em resumo, ainda são possíveis melhorias na organização física da estação, no oferecimento de serviços, organização das filas e qualidade do embarque no Terminal do BRT do Gama.

### **3.1.3 Avaliação Própria (Realizada pelo autor)**

Após visitas técnicas realizadas nos anos de 2019 e 2020, foi possível identificar diversos fatores do funcionamento atual da estação de BRT do Gama. A avaliação do autor teve como base a realização de 2 viagens:

- 1) Sentido Plano Piloto → Estação de BRT do Gama
- 2) Estação de BRT do Gama → Estação do Plano Piloto

Nessas viagens, foram analisadas as características de desembarque, permanência e embarque no terminal, observando sua estrutura física, sinalização, segurança, conforto, serviços oferecidos, canais de atendimento, agilidade, cobrança, acessibilidade, dentre outros aspectos. Documentando-se a visita de campo por meio de fotografias para registrar aspectos mais recentes do funcionamento do terminal.



**Figura 3.5 - Visão dos Lados do Terminal**

Fonte: Elaborado pelo Autor



**Figura 3.6 - Vista superior - Terminal de BRT do Gama**

Fonte: Google Earth



**Figura 3.7 - Visão Lateral - Terminal de BRT do Gama**

Fonte: Google Street View



**Figura 3.8 - Trajeto realizado**

Fonte: Google Maps, adaptado pelo Autor

A avaliação da estação ocorreu em 3 etapas:

1) Desembarque

Foi realizado um desembarque, vindo do terminal do Plano Piloto, com destino na estação de BRT do Gama.

2) Circulação e Travessia

Nesta etapa foi feita uma análise da circulação na estação, observando os principais pontos de atenção em relação a conforto, segurança, serviços oferecidos, estrutura física, amenidades e outros.

3) Embarque

Nesta etapa foi avaliado o embarque no sistema de BRT. Como é necessário atravessar uma catraca com o cartão de BRT, a entrada do lado do embarque é diferente.

A partir destas 3 etapas de avaliação, a análise foi dividida nos seguintes critérios:

- Estrutura Física
- Segurança
- Conforto
- Acessibilidade
- Sinalização e Comunicação
- Serviços Oferecidos
- Estacionamentos e Acesso

### **3.1.3.1 Estrutura Física**

O terminal conta com grandes pilares que diminuem a área útil disponível, facilitando o acúmulo de filas irregulares e dificultando o acesso natural na área de embarque. Além disso, apresenta painéis de acrílico que não tem uma determinada funcionalidade dentro da operação do sistema.

A primeira impressão que causa a estrutura física da estação é que ela parece subutilizada, com presença de catracas sem funcionamento, que apenas servem como obstáculos para a circulação fluida dos passageiros. Segundo foi informado, por falta de equipamentos adequados, são utilizadas catracas de ônibus para segregar a área de embarque, tal como pode ser observado nas Figuras 3.10 e 3.11.



**Figura 3.9 - Catracas sem Funcionamento**

Fonte: Elaborado pelo autor



**Figura 3.10 - Catraca Única para Embarque**

Fonte: Elaborado pelo Autor

### 3.1.3.2 Segurança

O terminal não possuía equipe de segurança disponível na data da visita. No centro do terminal circulam ônibus integradores em velocidades altas, o que pode acarretar maior risco para os passageiros que desejam atravessar de um lado para o outro do terminal. Existem uma rampa paralela à passagem de pedestre, como se mostra na Figura 3.12.



**Figura 3.11 - Visão Central do Terminal**

Fonte: Elaborado pelo Autor

A travessia da área do estacionamento externo e das calçadas adjacentes são pouco práticas, tal como foi comentado no Capítulo 1, já que seu uso representa uma distância maior ao pedestre caso ele queira utilizar a passagem segura pelo viaduto, ou seja, ele precisa percorrer uma distância de 200 metros para chegar até a plataforma de embarque, Figura 3.15.

Isso estimula aos pedestres a atravessarem pela via onde não existe faixa de pedestres, mesmo com a circulação de veículos em alta velocidade, pelo ganho de tempo. Eles procuram atravessar a via naquele ponto que coincide com a entrada lateral do terminal, dessa forma eles reduzem a caminhada em aproximadamente 100 metros, no entanto essa travessia é perigosa, podendo gerar acidentes de trânsito e riscos à própria segurança do pedestre, Figuras 3.13 e 3.14.



**Figura 3.12 - Local de Travessia Perigosa**

Fonte: Google Street View



**Figura 3.13 - Travessia Perigosa**

Fonte: Google Maps, adaptado pelo autor





**Figura 3.14 - Travessia não-perigosa**

Fonte: Google Maps, adaptado pelo autor

### 3.1.3.3 Conforto

A estação dispõe de poucos bancos para descanso, tanto na área designada para embarque quanto na área livre. Devido a que a área interna do terminal não apresenta uma boa distribuição dos espaços, observa-se ao mesmo tempo muita área não-útil e áreas com aglomerações de pessoas que diminuem o espaço aberto. Ou seja, o atual layout facilitar a formação de filas desordenadas e longas, o que diminui a sensação de conforto pelo acúmulo de pessoas no terminal.

### 3.1.3.4 Acessibilidade

Só existe um bicicletário em uma das extremidades do terminal, como se mostra nas Figuras 3.16 e 3.17, o que é pouco prático para quem chega ao terminal pelos estacionamentos laterais ou vindo da Universidade de Brasília (estudantes que utilizam bicicleta e BRT). O longo caminho para realizar a travessia das calçadas adjacentes também são fatores de dificuldade para passageiros com dificuldade de locomoção, o que pode acabar por inviabilizar o serviço para essas pessoas.



**Figura 3.15 - Bicicletário**

Fonte: Elaborado pelo Autor



**Figura 3.16 - Localização do Bicicletário Único**

Fonte: Google Maps, adaptado pelo autor

Como apresentado na Figura 3.17, pessoas que chegam de outras direções precisam se deslocar ao longo de todo o terminal para encontrar o bicicletário, aumentando seu tempo de permanência no terminal e tornando a viagem mais cansativa, o que pode desestimular a utilização da bicicleta.

### 3.1.3.5 Sinalização

A sinalização do terminal de BRT do Gama apenas oferece comunicação estática, como exemplo da Figura 3.18, onde mostra apenas a rota do BRT e os pontos de integração/parada. Os passageiros se beneficiariam mais se houvesse um sistema que fornecesse informações dinâmicas e mais precisas sobre a chegada e a partida dos ônibus, para que possam planejar suas viagens com mais segurança.

Outro assunto que chama a atenção é que não existe sinalização ou painéis eletrônicos na parte de embarque e desembarque dos ônibus que indique a posição em que cada linha vai se parar. Para os usuários que não são frequentadores do uso do BRT fica difícil saber em qual ponto da área de embarque tem-se que posicionar, isso causa problemas nas filas porque o usuário sai de uma fila para posicionar-se em outra, ou caso alternativo tem que perguntar aos outros usuários qual é a fila correspondente à linha que deseja viajar.



Figura 3.17 - Exemplo de Sinalização Estática

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.1.3.6 Serviços Oferecidos

A estação de BRT não oferece serviços aos passageiros, como lanchonetes, lojas, pontos comerciais e de atendimento à população, como no terminal rodoviário do Plano Piloto. A falta de área útil também é um fator dificultador na instalação e oferecimento destes serviços. O aumento da área útil e dos serviços oferecidos podem aumentar a receita do operador da estação, com aluguel de espaços, podendo abrir margem para melhorias na acessibilidade e infraestrutura do terminal, buscando aumento de passageiros.

### 3.1.3.7 Estacionamento e Acesso

A infraestrutura para estacionamento é precária e não asfaltada, o que resulta em vagas improvisadas por aqueles que desejam estacionar seu veículo e seguir com o BRT para a região central. Somado a isso, tem-se o problema do longo caminho do estacionamento à entrada da estação.

Isso serve como desestímulo ao uso do BRT em detrimento de fazer uma parte do percurso com veículo próprio e uma parte por meio do transporte coletivo. Caso o sistema fosse melhorado, seria possível que mais pessoas deixassem seus carros no terminal, para utilizar o transporte público, descongestionando assim, a região central de Brasília.



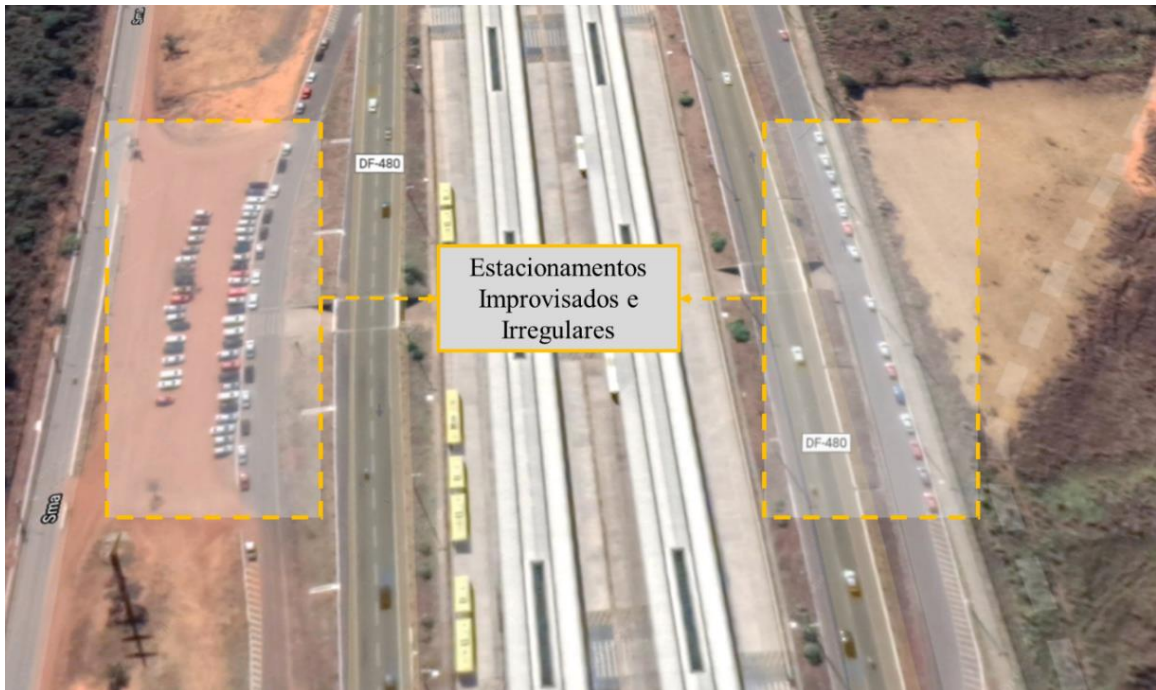
**Figura 3.18 - Estacionamento Improvisado**

Fonte: Google Street View



**Figura 3.19 - 2º Estacionamento Improvisado**

Fonte: Google Street View



**Figura 3.20 - Localização dos estacionamentos improvisados**

Fonte: Google Maps, adaptado pelo autor

## **4 PROPOSTA DE MELHORIA NA ESTAÇÃO DE BRT DO GAMA**

De acordo com a análise realizada no Capítulo anterior, serão propostas soluções ao terminal no sentido de atender vários atributos de qualidade desde a visão da comunidade usuária desse sistema de transporte, dentre eles, segurança, conforto, confiança, etc.

O conjunto de soluções analisadas focaram em dois grandes aspectos:

- 1) Estrutura Física e Integração Física e Acessos;
- 2) Acessibilidade, Sinalização e Comunicação.

### **4.1 ESTRUTURA FÍSICA, SEGURANÇA E CONFORTO**

Para aprimorar a estrutura física, segurança e conforto do terminal apresenta-se a seguinte proposta de melhoria do terminal.

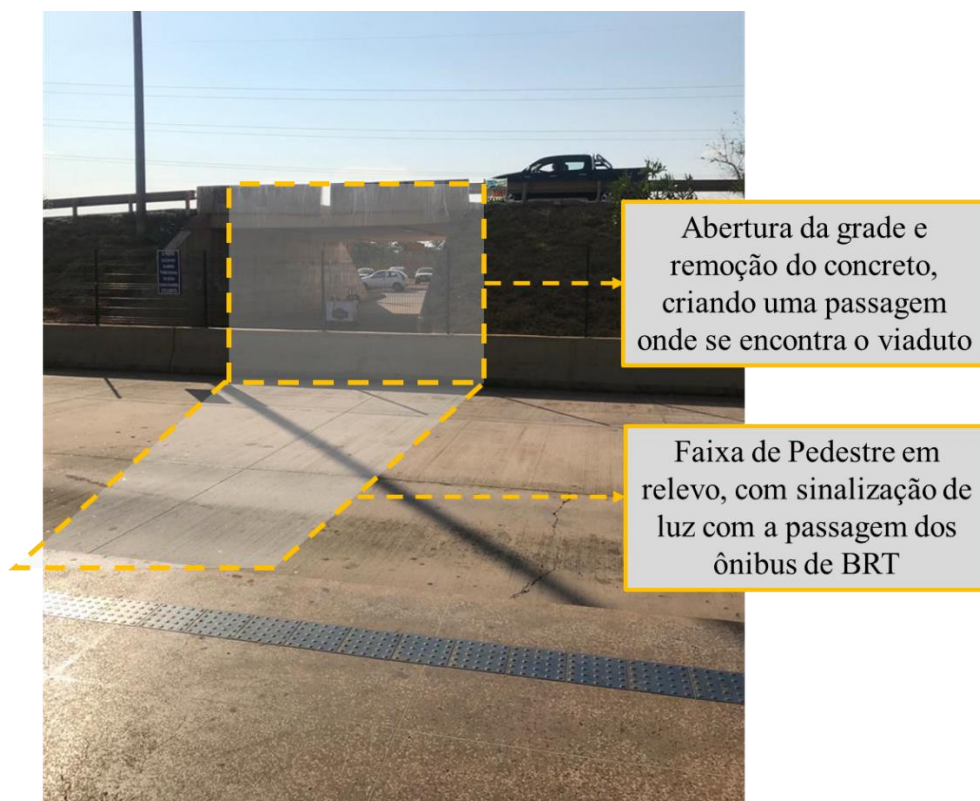
A proposta considera cinco intervenções:

- a) a realização de uma entrada de acesso ao terminal seguindo o alinhamento do viaduto já existente, ou seja, a atual travessia de pedestres, reduzindo dessa forma a distância de percurso dos pedestres em 100 metros e evitando a exposição constante ao perigo;
- b) a remoção das catracas sem utilização e das catracas de ônibus para embarque, pois são mais lentas e facilitam a formação de fila;
- c) a divisão da plataforma em várias sub-plataforma para a construção de cabines que separem aos usuários segundo o número de linhas do BRT que usam essa estação e também para evitar embarques sem pagamento;
- d) a adição de mais bancos para os passageiros que estão aguardando já que a oferta atual é pequena o que deixa a espera muito desconfortável.
- e) a conversão da área informal de estacionamento em um *park-and-ride* ou bolsão de estacionamento, como é popularmente conhecido, e para integrar o BRT aos outros modos de transporte existentes na região.

#### 4.1.1 Realocação da Entrada de Acesso ao Terminal

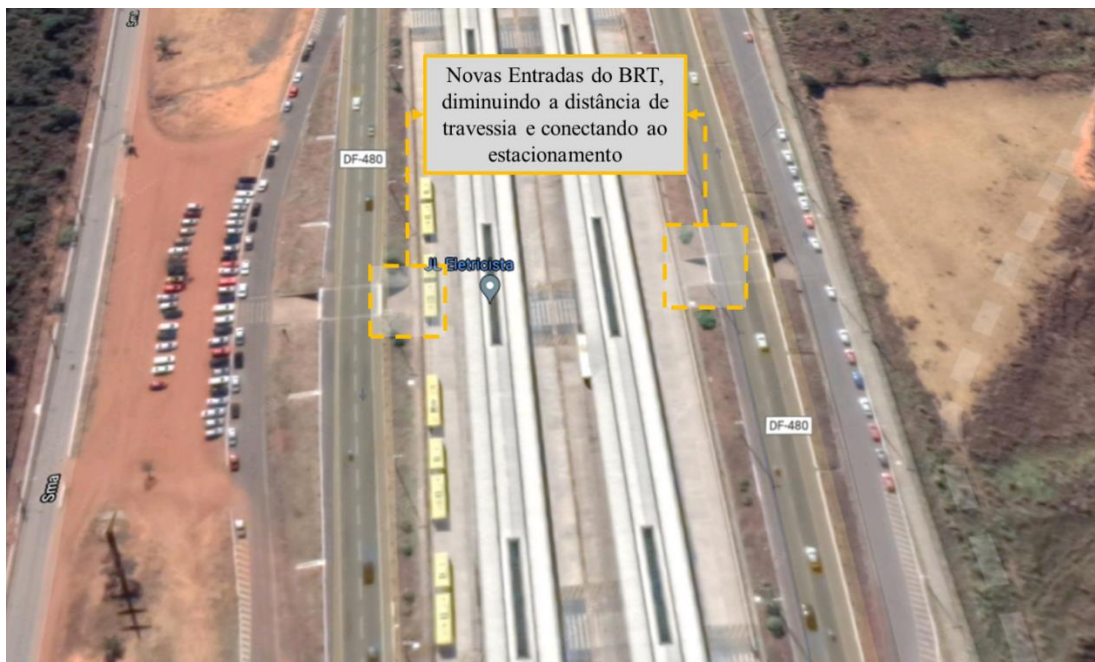
A realocação da entrada de acesso ao terminal será benéfica por 2 motivos: primeiro porque facilitará o acesso direto ao terminal sem que ninguém se exponha ao perigo realizando travessias perigosas para reduzir tempos de percurso; segundo, facilitará a conexão com o estacionamento externo de veículos. Isso, além de facilitar o acesso às instalações do terminal, incentivará à população a utilizar o BRT, e considerar aquele estacionamento como parte integrante de todo o sistema de transporte, tal como é explicado posteriormente.

Para realocação da entrada de acesso ao terminal será necessário fazer duas intervenções físicas nas paredes laterais de proteção, tal como se descreve nas Figuras 3.22 e 3.23. A obra consistiria em demolir uma determinada área do muro correspondente as dimensões do atual corredor de pedestre de acesso (viaduto), de forma a viabilizar a entrada direta ao terminal por ambos lados. Para evitar acidentes com a circulação interna dos ônibus convencionais e articulados, ter-se-ia que fazer uma faixa de pedestre em relevo com sinalização com luz para advertir da circulação de veículos



**Figura 4.1 - Nova Passagem**

Fonte: Elaborado pelo autor



**Figura 4.2 - Novas entradas propostas**

Fonte: Google Maps, adaptado pelo autor

#### 4.1.2 Instalação de Cabines Específicas para Embarque

Como já foi explicado anteriormente, atualmente o terminal dispõe de catracas de ônibus improvisadas por uma entrada única para acessar a área de embarque, onde por geral formam-se filas desnecessárias, tal como se mostra na Figura 3.24. Depois da passagem por essas catracas estão os pontos onde os passageiros embarcam, esta é uma área aberta sem sinalização que não tem placa ou outro tipo de aviso que marque qual linha do BRT se irá a parar em um determinado ponto.



**Figura 4.3 - Catraca Única**

Fonte: Elaborado pelo Autor

Isso cria uma certa confusão e correria, principalmente para certos passageiros que não tem certeza onde colocar-se para embarcar na sua linha, problema que somente faz aumentar a demora dos veículos nos pontos de embarque pelo agrupamento de passageiros que se forma. A Figura 3.25 mostra a atual situação desse terminal explicando onde se localizam os gargalos e problemas da área de embarque.





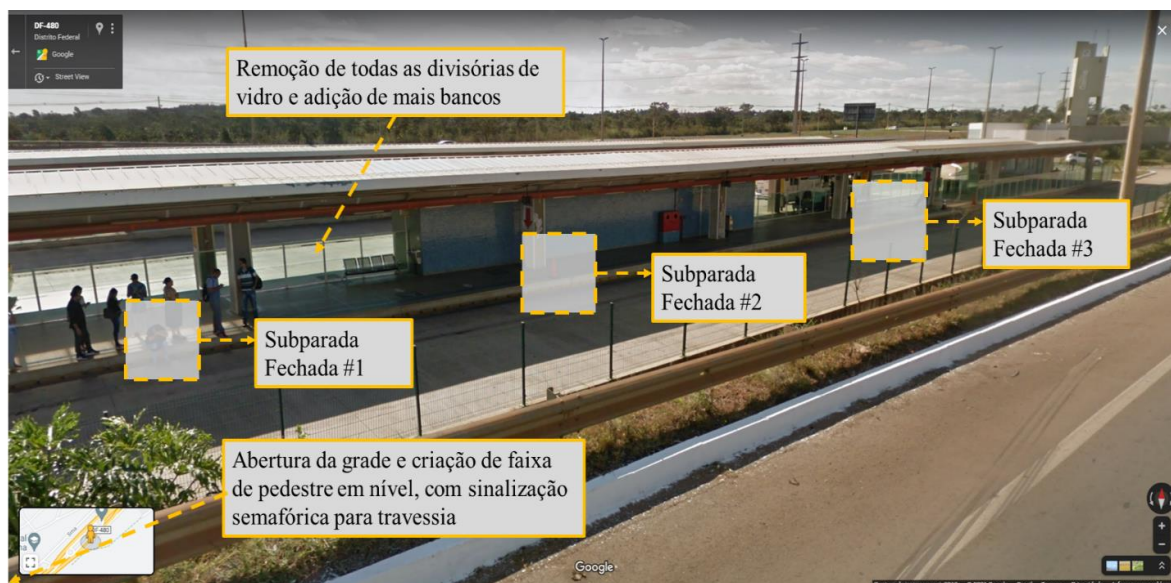
**Figura 4.4 - Cenário Atual**

Fonte: Google Street View, adaptado pelo Autor

Para melhorar o fluxo de passageiros e evitar embarques sem pagamento, propõe-se a remoção de todas as catracas e divisórias de vidro para instalação de cabines ou divisórias de embarque individuais para cada linha do BRT. Isso evitaria as aglomerações, hoje em dia uma recomendação internacional pelas organizações de saúde para evitar a propagação do vírus da COVID.

O cenário proposto apresenta-se na Figura 3.26, dessa forma, os passageiros ficariam sentados ou de pé de forma organizada esperando embarcar na sua linha com conforto e seguridade, diminuindo o tempo de embarque no BRT. Recomenda-se maior aquisição de bancos de espera para os usuários para amenizar os tempos de espera e organizar melhor o embarque.

Então, como sugestão, propõe-se a instalação de 3 cabines com divisórias de vidro para acomodar os passageiros e poder evitar filas duplas, além de oferecer melhor sinalização, por meio de painéis eletrônicos.



**Figura 4.5 - Cenário Proposto**

Fonte: Google Street View, adaptado pelo autor

### 4.1.3 Estacionamento e Acesso ao Terminal

Para o componente de estacionamento e acesso recomenda-se a formalização do estacionamento localizado na lateral do terminal como um sistema de PARK-AND-RIDE (bolsão de estacionamento). A proposta é que seja um sistema asfaltado, iluminado, seguro e delimitado para que os detentores de veículos consigam parar seus automóveis com segurança nesse local por um longo período de tempo com a certeza de que seu veículo não sofrerá nenhum dano e extravio. A taxa teria que ser justa conforme o nível de renda dessa região e que já tenha integrado o bilhete de BRT.

A conversão desse estacionamento como um sistema de park-and-ride seria um grande incentivo para a população usar o transporte coletivo, diminuindo o fluxo de veículos das vias que ligam o Gama ao Plano Piloto e outras regiões do DF. Seria uma experiência interessante para o DF, já que é um exemplo que pode ser usado em outros terminais de transporte público, incentivando uma integração de transportes sustentável. Hoje uma política aplicada com sucesso em muitos países do mundo com o objetivo de desafogar o trânsito dos centros das grandes metrópoles.

Outra estratégia de acesso ao terminal que pode ser incentivada é a construção de uma ciclovia do campus universitário da Universidade de Brasília ao Terminal do Gama com

a prestação de um serviço de bicicletas alugadas. Assim como a construção de um corredor de pedestre asfaltado, seguro e iluminado que diminua o desconforto das atuais condições de acesso dos estudantes ao terminal, principalmente no final do dia e pela noite, tornando essa caminhada insegura e altamente perigosa.

#### **4.1.4 Dimensionamento da Plataforma de acordo com a metodologia do Manual de BRT (2018)**

Com o objetivo de dimensionar a divisão da atual plataforma em vários espaços de espera com cabines para organizar melhor o espaço de espera dos usuários do BRT, precisa saber quanto será a dimensão desse espaço para instalar as referidas cabines. Com esse intuito utilizou-se o Manual do BRT (2018), o qual permite fazer esse dimensionamento, assim como calcular diversos parâmetros relacionados ao mesmo. Então no discursar desse item se usarão as equações e normas técnicas desse referido manual.

Para cálculo da plataforma de embarque o manual propõe a equação (4.1),

$$L_{plat} = 1 + L_{esp} + L_{circ} + L_{espop} \quad (4.1)$$

Em que:

$L_{plat}$  = Largura total da plataforma;

1 metro = Largura necessária para infraestrutura;

$L_{esp}$  = Largura necessária para passageiros esperando em uma direção;

$L_{circ}$  = Largura necessária para a circulação de passageiros;

$L_{espop}$  = Largura necessária para passageiros esperando por veículos indo no sentido oposto.

O cálculo da “ $L_{circ}$ ” pode ser obtido pela equação (4.2),

$$L_{circ} = P_{ph}/2000 \quad (4.2)$$

Em que:

$P_{ph}$  = Número de passageiros esperados circulando por hora.

Para o dado de circulação de pessoas por hora na estação foi feita uma estimativa com base em pesquisas demográficas, informações do GDF e aproximações realizadas pelo autor. Esta estimativa pode conter erros e servirá apenas como uma pré-viabilidade das sub-plataformas para instalar as cabines, necessitando realizar um estudo aprofundado sobre o tema, caso amanhã deseje-se realizar esse projeto.

As premissas consideradas foram as seguintes:

- $P_g$  = População do Gama: 132.466 Residentes (PDAD, 2015);
- $P_{pp}$  = Percentual da população do Gama com destino ao Plano Piloto ou outros locais diariamente: 40,54% (PDAD, 2015);
- $P_{bus}$  = Percentual da população do Gama que se locomove por meio de ônibus: 42,69% (PDAD, 2015);
- $P_{pico}$  = Percentual dos passageiros que estão em horário de pico: 60% (GDF, 2010);
- $P_{brt}$  = Percentual dos passageiros que utiliza, dentro do sistema de ônibus, o BRT para se locomover diariamente: 50% (Estimativa do Autor);
- $N_h$  = Número de horas de pico no dia: 2 horas (GOOGLE EMPRESAS, 2021 – Estação de BRT do Gama).

A equação (4.3) foi utilizada para calcular o número de **pessoas por hora** no horário de pico,

$$P_{ph} (pico) = \frac{P_g * P_{pp} * P_{bus} * P_{pico} * P_{brt}}{N_h} \quad (4.3)$$

Assim,

$$P_{ph} (pico) = \frac{132.466 * 40,54\% * 42,69\% * 60\% * 50\%}{2}$$

$$P_{ph} (pico) = 3.438 \text{ pessoas por hora}$$

Substituindo esse valor de  $P_{ph}$  na equação (4.2) calcula-se o  $L_{circ}$ :

$$L_{circ} = P_{ph} / 2000$$

$$L_{circ} = \frac{3438}{2000} = 1,72m$$

Para o cálculo do  $L_{esp}$ / $L_{esp}$  são consideradas as seguintes premissas:

- $C_{bus}$  = Capacidade do ônibus de BRT = 160 passageiros (SEMOB-DF, 2021);  
Ou seja, 160 passageiros em espera por vez;
- $C_{brt}$  = Comprimento do ônibus de BRT = 18,6 m (SEMOB-DF, 2021);
- $P_{m2}$  = Passageiros por  $m^2$ : 3 (MANUAL DE BRT, 2018);

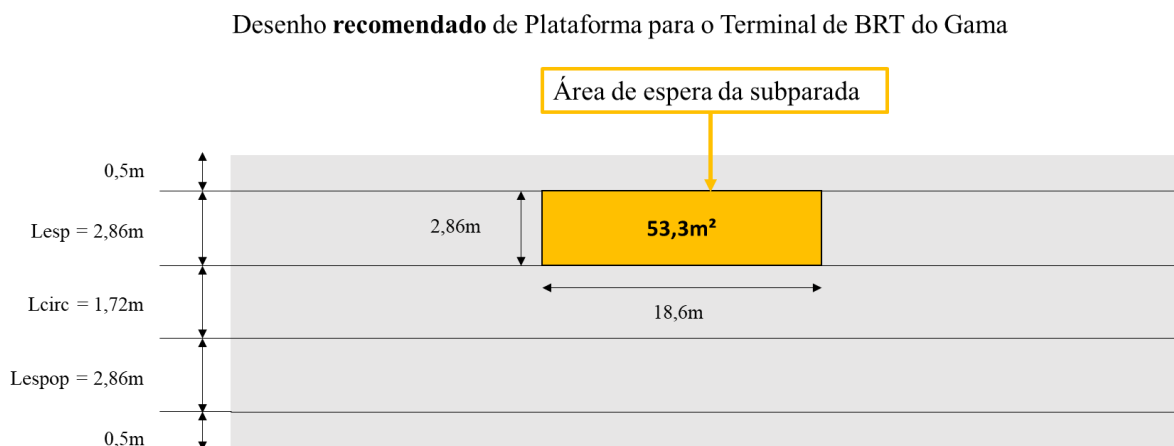
A área da sub-plataforma é calculada dividindo o número de passageiros em espera por ônibus articulado pelo número ideal de pessoas por metro quadrado, obtendo-se dessa forma o seguinte valor,

$$A_{sub} = \frac{C_{bus}}{P_{m2}} = \frac{160}{3} = 53,3 m^2$$

Para calcular o comprimento de espera ( $L_{esp}$ ) é necessário dividir a área da sub-plataforma pelo comprimento do ônibus articulado de BRT:

$$L_{esp} = L_{esp} = \frac{A_{sub}}{C_{brt}} = \frac{53,3}{18,6} = 2,86m$$

Os valores de  $A_{sub}$ ,  $L_{esp}$  e  $C_{brt}$  estão plotados na Figura 3.27, gerando o valor recomendado para a área de espera da sub-plataforma.



**Figura 4.6 - Dimensionamento da Sub-plataforma**

Fonte: Elaborado pelo autor

O cálculo recomendado do tamanho da plataforma, de acordo com o manual de BRT (2018) é de,

$$L_{plat} = 1 + 2,86 + 1,72 + 2,86 = 8,45m$$

Como o comprimento da plataforma medido pelo Google Earth (Figura 3.28) foi de 13,2m é possível inferir que o tamanho da plataforma é adequado para o fluxo de passageiros. (13,2m > 8,45m).

Tamanho Real da Plataforma (Google Earth):



**Figura 4.7 - Largura da Plataforma**

Fonte: Google MyMaps

Dos resultados obtidos pode-se concluir, que a área ideal para a sub-plataforma é de 53,3m<sup>2</sup>, com 18,6m de comprimento e 2,86m de largura. Para a proposta apresenta-se um desenho esquemático da sub-plataforma elaborado no *sketchup* nas Figuras 3.29, 3.30 e 3.31.

A proposta é de que sejam feitas 3 áreas fechadas, com múltiplas entradas por catraca, bancos, sinalização de chegada do BRT e informações detalhadas sobre as linhas. Além disso, recomenda-se a capacidade de 160 pessoas para o espaço, mesma capacidade do

ônibus, que pode ser reduzido para cumprir com o protocolo de segurança estabelecido pelas organizações internacionais de saúde com relação ao COVID-19.

As principais recomendações para o estabelecimento dessas plataformas são as seguintes:

- 1) cada plataforma tenha 3 catracas de entrada para facilitar a passagem dos usuários do sistema BRT;
- 2) instalação de um suporte com informativo eletrônico para informar o horário de chegada das linhas;
- 3) plataforma montada por divisórias;
- 4) colocação de bancos para descanso, lixeiras e placas informativas;
- 5) o dimensionamento deve ser de 18,6 m x 2,86m, seguindo o cálculo estabelecido pelo Manual BRT.



**Figura 4.8 - Visão 3D proposta para sub-parada**

Fonte: Elaborado pelo Autor



**Figura 4.9 - Catracas Múltiplas e Televisor Eletrônico**

Fonte: Elaborado pelo Autor



**Figura 4.10 – Sub-plataforma- Local com Informações e Bancos de Descanso**

Fonte: Elaborado pelo autor



## **4.2 ACESSIBILIDADE, COMUNICAÇÃO E SINALIZAÇÃO**

Para o quesito de acessibilidade, já é possível observar um ganho relevante com a proposta explícita no item 4.1, pois a abertura de uma entrada mais curta conectada com o estacionamento facilitará a travessia dos passageiros que possuem dificuldade de locomoção.

Para propostas diretas, recomenda-se a instalação de mais bicicletários nas outras extremidades do terminal, para facilitar o acesso das pessoas que vem de outras direções e usam esse meio de locomoção não-motorizado. Ademais que ajuda a incentivar a utilização da bicicleta, pois é um formato de mobilidade limpa e sustentável.

Em relação a comunicação e acessibilidade, seria interessante a instalação de um painel (Painel eletrônico) que mostrasse o horário de chegada das linhas e o sentido, para que os usuários tenham informações mais precisas sobre o sistema, tanto nas áreas de embarque e desembarque das linhas do BRT quanto nas áreas de embarque e desembarque dos ônibus regulares.

## **4.3 SIMULAÇÃO DO TEMPO DE DESLOCAMENTO DOS PASSAGEIROS**

O objetivo da simulação é observar o comportamento do usuário dentro da proposta de layout apresentada no capítulo anterior. Para o projeto de simulação, foi utilizado o software Anylogic 8, escolhendo-se a simulação discreta para este caso. Para isso, foi feita uma aproximação do software em cima de uma foto do terminal para tratar de aproximar as dimensões reais.

A modelagem com simulação discreta foi feita a partir do movimento de 3 agentes:

- 1) Passageiros;
- 2) Veículos;
- 3) BRTs;

Os principais limitantes do modelo foram:

- 1) Dimensões aproximadas devido a que se usaram as medidas do Google Maps;
- 2) Não houve coleta de dados em campo, foi utilizada uma estimativa de passageiros por hora a partir de dados da SEMOB-DF e do censo PDAD de 2018.

- 3) O comportamento dos veículos, BRTs e Passageiros é uniformizado para simplificações de modelagem.
- 4) Só foi feita a modelagem de um lado do terminal (sentido Plano Piloto) para verificação da usabilidade e funcionalidade das semi-plataformas;

#### **4.3.1 Roteiro para Simulação**

Para simular um experimento em ambiente controlado, foram considerados os seguintes aspectos:

- 1) Simulação de Passageiros fazendo o percurso do ponto A ao ponto B, sendo o ponto A o estacionamento e o B a plataforma de embarque;
- 2) Consideração que no universo da simulação apenas existem passageiros percorrendo este trajeto;
- 3) Passageiros, Veículos e BRTs com velocidade uniforme;
- 4) Simulação de apenas um lado do terminal;
- 5) Simulação comparativa entre 2 cenários, cenário atual do terminal aproximado e cenário proposto.

#### **4.3.2 Cenário 1: Simulação Usando o Atual Layout do Terminal**

Para este cenário simulado foi considerado o layout aproximado da estação, com as impedâncias de catracas inutilizadas e entrada única, selecionando o caminho mais longo para entrada na área de embarque, porém o mais seguro. Ou seja, considerou-se o usuário do BRT saindo do estacionamento, atravessando o viaduto, seguindo pela calçada lateral, entrando pelo acesso no final do terminal, passando pelo passe de pedestre e logo chegando à área de embarque, parando e atravessando pela catraca até posicionar-se no seu local de embarque para esperar o veículo.

As principais premissas que se estabeleceram para simulação do modelo foram as seguintes:

- 1) Consideração de apenas 1 sub-plataforma para corrida do modelo;
- 2) Estabelecimento de uma velocidade média dos passageiros entre 0,5 e 1 metro por segundo (Padrão do Software Anylogic 8 para circulação de passageiros);

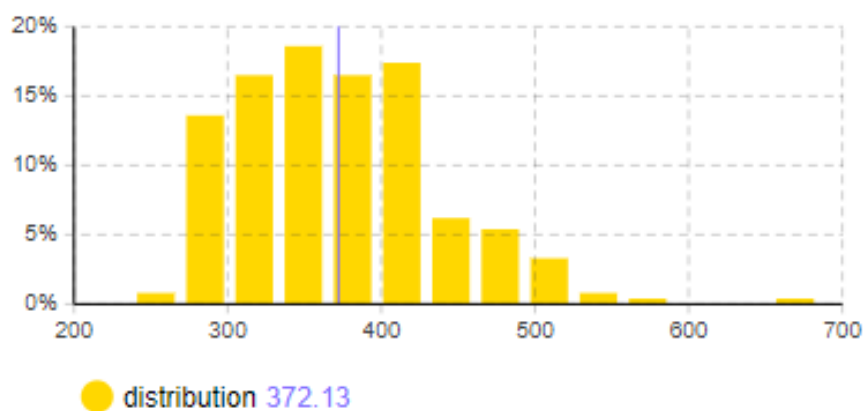
- 3) Hipóteses de que há 3.438 passageiros por hora em circulação no terminal (cálculo estimado pelo Autor);
- 4) Que os veículos circulam a uma velocidade de 60 km/h (Anylogic 8);
- 5) Passarela sem entrada direta, impedâncias e divisórias que diminuem a fluidez da circulação na plataforma.

Os resultados da simulação mostram-se nas Figuras 3.32 e 3.33. Com as premissas adotadas, obteve-se um tempo médio de embarque de 6 minutos e 12 segundos, considerando a frequência adequada de circulação de BRTs



**Figura 4.11 - Simulação com Layout Atual Aproximado**

Fonte: Elaborado pelo Autor



**Figura 4.12 - Distribuição do tempo de Embarque**

Fonte: Elaborado pelo Autor

### 4.3.3 Cenário 2: Simulação Usando a Nova Proposta

Para simulação do novo cenário foi utilizada a Proposta de organização descrita no item 4.1. Para este caso adotaram-se as mesmas premissas do cenário 1, a exceção da última, já que neste caso se considerou abertura da passagem após da passarela e instalação de sinal para passagem dos pedestres.

Os resultados da simulação mostram-se nas Figuras 3.34 e 3.35. Com as premissas adotadas, obteve-se um tempo médio de embarque de 1 minuto e 46 segundos, considerando a frequência adequada de circulação de BRTs. Ou seja, com a proposta de novo layout os passageiros no trecho selecionado tiveram uma **redução do tempo de embarque em 71%**.

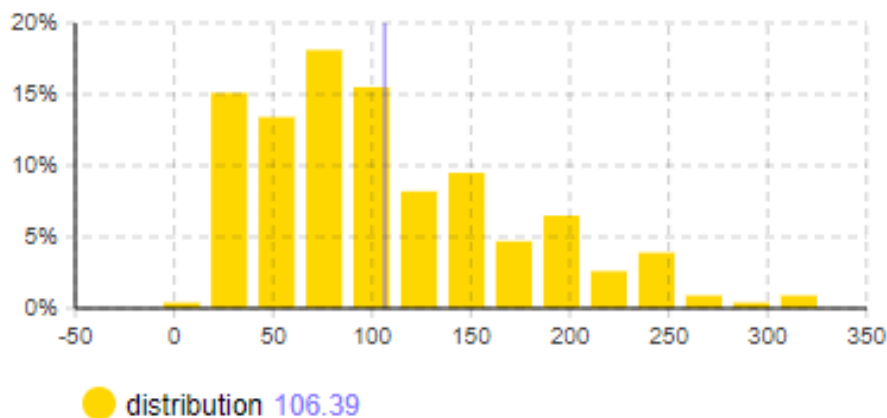


**Figura 4.13 - Simulação 3D com sub-plataforma**

Fonte: Elaborado pelo Autor

Fazendo comparação do Cenário 2 com o Cenário 1 observa-se que a situação melhora significativamente em relação aos agentes e as variáveis utilizadas no modelo. Os principais resultados observados foram:

- 1) Redução da fila de espera do BRT e menos congestionamento;
- 2) A opção de uma entrada centralizada integrada ao viaduto de passagem dos pedestres é mais segura e diminuição do percurso percorrido atualmente pelos passageiros.



**Figura 4.14 - Distribuição de Tempos de Embarque**

Fonte: Elaborado pelo Autor

#### 4.3.4 Análise de Custo – Value of Time

Uma das formas de abordar financeiramente o ganho do sistema proposto é avaliar o valor do tempo dos passageiros. É possível analisar, com base na economia em minutos, quanto o sistema atual, que gera atrasos, pode desperdiçar para a população economicamente.

Com base nos resultados da seção 4.3.3 e 4.3.4, temos que:

$$\text{Tempo médio de deslocamento atual} = 372,13 \text{ segundos}$$

$$\text{Tempo médio de deslocamento no sistema proposto} = 106,39 \text{ segundos}$$

$$\text{Diferença} = 372,13 - 106,39 = 265,7 \text{ segundos} = 4,43 \text{ minutos}$$

Ou seja, para cada passageiro, tem-se uma perda de 4,43 minutos, em média, por dia de deslocamento, devido a ineficiências no sistema.

##### 4.3.4.1 Custo dos Passageiros por minuto

Para calcular quanto custa o tempo de 1 minuto de 1 passageiro, utilizaremos a seguinte simplificação: considerando uma jornada de trabalho de 8 horas diárias e um salário

mensal estimado, será feita a divisão do salário pela quantidade de minutos trabalhados no mês.

$$\text{Custo do tempo do passageiro} = \frac{\text{Salário mensal}}{\text{Minutos trabalhados}}$$

Considerando que, em 1 mês, trabalha-se, em média, 21 dias úteis por mês, com jornada de 8 horas, estima-se que os minutos trabalhados em 1 mês sejam de:

$$\begin{aligned}\text{Minutos trabalhados} &= 8 \text{ horas} * 21 \text{ dias úteis} * 60 \text{ (conversão para minutos)} \\ \text{Minutos trabalhados} &= 10.080 \text{ minutos}\end{aligned}$$

De acordo com o PDAD Gama (2018), o salário mensal médio por pessoa no distrito é de R\$1604,1.

Assim, temos um custo do tempo de:

$$\text{Custo do tempo do passageiro} = \frac{1604,1}{1.008} \text{ R\$/min} = 0,159 \text{ R\$/Min}$$

#### **4.3.4.2 Economia Total para a população**

Considerando o fluxo de passageiros calculado na seção 4.1.4, temos que a economia total da população será uma multiplicação da média de passageiros por hora que circulam pelo terminal pela economia mensal que o novo sistema gera.

$$\begin{aligned}&\textbf{Economia Total em 1 mês} \\ &= \\ &\textit{Média de Passageiros por hora} \\ &\quad \times \\ &\textit{Horas de funcionamento do terminal} \\ &\quad \times \\ &\textit{Custo do tempo do passageiro} \\ &\quad \times \\ &\textit{Diferença (tempo economizado) * 30 (dias no mês)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \textit{Economia Total em 1 mês} \\
 & = \\
 & 3.438 \textit{ passageiros por hora} \\
 & \times \\
 & 16 \textit{ (horas de funcionamento de acordo com o Google Empresas)} \\
 & \times \\
 & 0,159 \textit{ (Custo do tempo do passageiro)} \\
 & \times \\
 & 4,43 \textit{ (minutos desperdiçados)} \\
 & \times \\
 & 30 \textit{ (dias médios no mês)}
 \end{aligned}$$

*Economia Total em 1 mês = R\$ 1.162.379,55*

***Economia total por Ano = R\$ 13.948.554,59***

Ou seja, caso o novo sistema fosse implementado, a população do Gama-DF teria uma economia de aproximadamente R\$14 milhões de reais por ano, custo que justificaria investimento em infraestrutura para readequar o terminal.

## 5 CONCLUSÃO

Para o terminal de BRT do Gama, é possível observar que existem melhoras inerentes a serem feitas no sistema, como abordado pelo ITDP, logo após o lançamento do BRT Expresso DF Sul, ocasião em que o sistema recebeu a nota bronze, na 18ª posição entre os 27 sistemas de BRT avaliados. Ou seja, para melhoria do sistema e atendimento da população de interesse é recomendável que alterações e novos investimentos sejam feitos.

Com base nas propostas feitas nesse projeto é importante ressaltar que, apesar da necessidade de melhorias, a concessão existente pode limitar a viabilidade dos novos investimentos pela concessionária, ou seja, é necessário que sejam investimentos que possam ter impacto financeiro positivo. Sob essa ótica é importante considerar instalação de pontos comerciais rentabilizáveis para o projeto ser custeado, com maior aproveitamento da área útil, de forma que sejam criadas fontes de receita.

Com o novo layout proposto, é possível observar que a economia para a populações tem valores expressivos, como foi estimado na seção 4.3.4.2, em que no período de 1 ano, a população do Gama-DF economizaria aproximadamente R\$ 14 milhões de reais. É notório que o sistema necessita de revisões e aprimoramentos, visto que a população pode se beneficiar de um sistema de melhor qualidade, economia de tempo e dinheiro.

Por último, vale ressaltar que as simulações realizadas adotaram simplificações para elaboração dos cenários, o que pode representar imprecisões na comparação com os acontecimentos reais, para avançar nesse quesito seriam necessários estudos mais aprofundados. É dizer, a realização de pesquisa de campo nos diversos horários de operação do terminal para ter informações mais reais tanto para testar o modelo como para validá-lo.



## 6 BIBLIOGRAFIA

Clóvis “Coca” Pinto Ferraz, A; Guillermo Espinosa Torres, I. Transporte Público Urbano. 2. Ed. São Carlos, Editora RiMa, 2004.

O QUE É BRT? BRT BRASIL. Disponível em:

<<http://www.brtbrasil.org.br/index.php/brt#.Xe3iBuhKg2w>>. Acesso em: 15 de out. 2019.

PRINCIPAIS INDICADORES POR CIDADE. Disponível em:

<[https://brtdata.org/location/latin\\_america/brazil](https://brtdata.org/location/latin_america/brazil)>. Acesso em: 15 de out. 2019.

BRTDATA – OBSERVATÓRIO CENTRO DE EXCELÊNCIA BRT. Disponível em:

<<https://wricidades.org/nosso-trabalho/projeto-cidade/brtdata-observat%C3%B3rio-centro-de-excel%C3%Aancia-brt>>. Acesso em: 15 de out. 2019.

Taha, Hamdy A. Pesquisa Operacional: uma visão geral. 8 ed. São Paulo, Editora Pearson Prentice Hall, 2008.

Grigoryev, I. Anylogic 7 in 3 days. 3 ed. 2016.

Cain, A. et al. Applicability of Bogotá’s TransMilenio BRT System to the United States. 1 ed. 2006.

Chang, M. et al. Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making. 1 ed. 2004.

Arena Simulation Software. Disponível em: <<https://www.arenasimulation.com/>>. Acesso em: 07 de dez. 2019.

Simulation with Simulink and Matlab. Disponível em:

<<https://la.mathworks.com/help/simulink/simulation.html>>. Acesso em: 07 de dez. 2019.

Anylogic 7: New Features Overview. Disponível em: <<https://www.anylogic.com/s/7-new-features-overview/>>. Acesso em: 07 de dez. 2019.

Rede Integrada de Transporte: Evolução da RIT. Disponível em:

<<http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/transporte/rede-integrada-de-transporte/26>>.

Acesso em: 25 de nov. 2019.

Mapa RIT. Disponível em:

<[http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/PORTAL/publicador/intranet/BOLETRANS/boletim/upload/1867-20150415135315\\_5.pdf](http://www.urbs.curitiba.pr.gov.br/PORTAL/publicador/intranet/BOLETRANS/boletim/upload/1867-20150415135315_5.pdf)>. Acesso em: 25 de nov. 2019.

História de TransMilenio. Disponível em:

<<https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/146028/historia-de-transmilenio/>>.

Acesso em: 25 de nov. 2019.

BAIÃO, J. L. (2018). Condições de acessibilidade às estações do corredor de *Bus Rapid Transit* (BRT) Sul do Distrito Federal. Monografia de Projeto Final.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 59p

DART First State Park & Ride/Park & Pool Lots" (PDF). DART First State. Acessado em 01 de maio, 2021.

GOOGLE EMPRESAS, Terminal de BRT do Gama. Acessado em 01 de março, 2021.

GOOGLE MAPS, Terminal de BRT do Gama. Acessado em 01 de março, 2021.

SHELDON, ROSS. Simulation. 5 ed. São Paulo, Editora Elsevier, 2013.

ITDP (2015), Relatório de Recomendações segundo o padrão de Qualidade de BRT.

Disponível em: < [http://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2016/11/2016-ITDP-Relato%CC%81rio-de-Recomendac%CC%A7o%CC%83es-segundo-BRT-Standard-DF-Expresso-Sul-v12-2209\\_PBU.pdf](http://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2016/11/2016-ITDP-Relato%CC%81rio-de-Recomendac%CC%A7o%CC%83es-segundo-BRT-Standard-DF-Expresso-Sul-v12-2209_PBU.pdf)>

BRANCO, S. P. (2013). ESTUDO E APLICAÇÃO DE SISTEMAS BRT – BUS RAPID TRANSIT

ITDP (2016). The BRT Standard. Disponível em: < <https://www.itdp.org/publication/the-brt-standard/>>

ITDP (2017). Padrão de qualidade DOTS. Disponível em: <<http://itdpbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/12/DU-Padrao-de-Qualidade-DOTS-2017.pdf>>

PDAD GAMA – Pesquisa Distrital por Amostragem de Domicílios, SEPLAN/ DF (2018).

KARAMYCHEV, 2011. Park-and-ride: Good for the city, good for the region?

MASCIOSZESK, 2020. The Use of a Park and Ride System—A Case Study Based on the City of Cracow (Poland)