UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

IAGO DO PRADO DA SILVA

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS NA REGIÃO CENTRAL DE CAXIAS DO SUL/RS

CAXIAS DO SUL
2018

IAGO DO PRADO DA SILVA

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS NA REGIÃO CENTRAL DE CAXIAS DO SUL/RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Prof. Orientador Me. Matheus Lemos Nogueira

CAXIAS DO SUL
2018

IAGO DO PRADO DA SILVA

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS NA REGIÃO CENTRAL DE CAXIAS DO SUL/RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Aprovado em 27/06/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador Me. Matheus Lemos Nogueira
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof.ª Me. Jaqueline Bonatto
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof.ª Me. Carolina Becker Pôrto Fransozi
Universidade do Vale do Taquari – Univates

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Marta, que sempre me incentivou e acreditou em mim.

Ao meu padrasto, Joelson, por todo apoio e suporte ao longo desses anos.

Ao meu irmão, João Paulo, por compreender e me suportar.

A minha namorada Samara, por todo o apoio, motivação e carinho com que tratou o meu projeto.

A minha família, que sonhou junto comigo desde o início.

Ao meu orientador Matheus por todo o comprometimento, motivação e conhecimento transmitido.

E por fim, a todo e qualquer investimento realizado na educação, por se acreditar que esta é a base do desenvolvimento.

Este projeto não se realizaria sem o apoio e confiança nele depositada.

RESUMO

O atual transporte público de Caxias do Sul, o ônibus, se tornou ultrapassado, além de representar uma imagem negativa do sistema. Em contrapartida, os cenários atuais nas médias e grandes cidades necessitam que os transportes públicos sejam mais utilizados. Além de eficiente, o serviço público deve ser atraente, e o VLT oferece atributos necessários. Este estudo realça a importância de trazer este conceito para a cidade de Caxias do Sul, e também enaltece as vantagens da implantação desse sistema, como a de reurbanizar uma área histórica, no caso da avenida Júlio de Castilhos, que nos últimos anos se tornou um grande problema de mobilidade. O estudo analisa a implantação do sistema em dois cenários, sendo o primeiro um traçado em linha reta, na avenida Júlio de Castilhos e o segundo um traçado circular, nas avenidas Júlio de Castilhos, Itália e SInimbu. Com a pesquisa é possível concluir que são grandes os impactos para implantação do sistema, e que acima de tudo é necessário ter consciência da importância da utilização do transporte coletivo. O estudo abordado é baseado nos estudos de caso de projetos de mobilidade de outras cidades, bem como apresenta os demais requisitos para implantação do sistema.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana. Cidades inteligentes. VLT. Transporte coletivo.

ABSTRACT

The current public transport of Caxias do Sul, the bus, has become outdated, and represents a negative image of the system. In contrast, the current scenarios in medium and large cities require that public transport be more widely used. In addition to being efficient, the public service must be attractive, and the LRV provides necessary attributes. This study highlights the importance of bringing this concept to the city of Caxias do Sul, and also praises the advantages of implementing this system, such as redeveloping a historic area, in the case of Júlio de Castilhos avenue, which in recent years has become a problem. The study analyzes the implementation of the system in two scenarios, the first one being a straight line, at the Júlio de Castilhos avenue and the second a circular route, at Júlio de Castilhos, Italy and SInimbu avenues. With the research is possible to conclude that the impacts to the implementation of the system are great, and above all it is necessary to be aware of the importance of using mas transportation. The study is based on the case studies of mobility projects of other cities, as well as presents the other requirements for the implementation of the system.

Keywords: Urban Mobility. Smart cities. LRV. Public Transport.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Traçado do VLT de Zaragoza 18
Figura 2 – Traçado do VLT de Montpellier 19
Figura 3 – Traçado do *tramway* de Paris 20
Figura 4 - Traçado do VLT Carioca 22
Figura 5 – Traçado do VLT da Baixada Santista 23
Figura 6 – Traçado do VLT de Goiânia 24
Figura 7 – Traçado do VLT de Cuiabá 25
Figura 8 – Traçado do VLT do Recife 26
Figura 9 – Traçado do VLT de Maceió 28
Figura 10 – Traçado do VLT de Sobral 29
Figura 11 – Traçado do VLT de Cariri 30
Figura 12 – Traçado do VLT de Mucuripe 31
Figura 13 – Modelo *Citadis Compact* 32
Figura 14 – VLT de Lyon 33
Figura 15 – VLT de Reims 34
Figura 16 – VLT de Dubai 34
Figura 17 – Configurações do *Citadis* X05 35
Figura 18 – Configurações do *Citadis Spirit Light Rail Vehicle* 35
Figura 19 – Configurações dos modelos da Bom Sinal 36
Figura 20 – Mobile 2 em Cariri/CE 36
Figura 21 – Mobile 3 em Natal/RN 37
Figura 22 – Mobile 4 em Brasília/DF 37
Figura 23 – Largura da via singela e bitola 38
Figura 24 – Largura da via dupla e bitola 38
Figura 25 – Via segregada e trilho embutido 39
Figura 26 – Raio de curvatura 40
Figura 27 – Declividades máximas 40
Figura 28 – Ponto de parada 41
Figura 29 – Estações unidirecionais 42
Figura 30 – Estações bidirecionais 42
Figura 31 – Ruas compartilhadas 43
Figura 32 – Contrafluxo 44

Figura 33 – Mapa da localização do município de Caxias do Sul 45
Figura 34 – Modelo do BRT 47
Figura 35 – Linha TR01.....48
Figura 36 – Mapa do sistema SIM.....48
Figura 37 – Mapa de localização das vias 49
Figura 38 – Avenida Júlio de Castilhos 50
Figura 39 – Avenida Júlio de Castilhos - Perfil atual I 51
Figura 40 – Avenida Júlio de Castilhos - Perfil atual II 51
Figura 41 – Avenida Júlio de Castilhos - Perfil atual III 52
Figura 42 – Avenida Júlio de Castilhos - Perfil atual IV.....52
Figura 43 – Avenida Itália.....53
Figura 44 – Avenida Sinimbu 53
Figura 45 – Avenida Itália e Sinimbu - Perfil atual I.....54
Figura 46 – Avenida Itália e Sinimbu - Perfil atual II.....54
Figura 47 – Modelo de ficha de contagem volumétrica 59
Figura 48 – Postos de contagem de tráfego.....60
Figura 49 – Localização do posto de contagem 1 61
Figura 50 – Vista do posto de contagem 1 61
Figura 51 – Localização do posto de contagem 2 62
Figura 52 – Vista do posto de contagem 2 62
Figura 53 – Localização do posto de contagem 3 63
Figura 54 – Vista do posto de contagem 3 63
Figura 55 – Localização do posto de contagem 4 64
Figura 56 – Vista do posto de contagem 4 64
Figura 57 – Localização do posto de contagem 5 65
Figura 58 – Vista do posto de contagem 5 65
Figura 59 – Localização do posto de contagem 6 66
Figura 60 – Vista do posto de contagem 6 66
Figura 61 – Localização do posto de contagem 7 67
Figura 62 – Vista do posto de contagem 7 67
Figura 63 – Traçado da linha.....82
Figura 64 – Modelo de sistema bidirecional 82
Figura 65 – Disposição das paradas no Cenário I.....83
Figura 66 – Traçado da linha.....86

Figura 67 – Modelo de sistema unidirecional 86
Figura 68 – Disposição dos pontos de parada no Cenário II.....87
Figura 69 – Apresentação do Cenário I.....92
Figura 70 – Apresentação do Cenário II.....92
Figura 71 – Praça Abramo Eberle 93
Figura 72 – Exemplo de passarela.....94
Figura 73 – Localização da Praça Abramo Eberle e do EPI Imigrante.....94
Figura 74 – Sugestão da Linha 2 do VLT 96

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Série histórica da frota de automóveis em Caxias do Sul/RS 46
Gráfico 2 – Frequência de visitas aos parques no domingo 55
Gráfico 3 – Altimetria da avenida Júlio de Castilhos 56
Gráfico 4 – Altimetria das avenidas Itália e Sinimbu 56
Gráfico 5 – Volume de UCP na avenida Júlio de Castilhos 76
Gráfico 6 – Volume de UCP na avenida Júlio de Castilhos 80
Gráfico 7 – Volume de UCP nas avenidas Itália e Sinimbu 80
Gráfico 8 – Volume de passageiros por hora 81
Gráfico 9 – Volume de passageiros por viagem 90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros geométricos das vias 57
Tabela 2 – Parâmetros geométricos dos possíveis terminais 57
Tabela 3 – Fator de equivalência para diferentes tipos de veículos.....68
Tabela 4 – Modelos e capacidades.....73
Tabela 5 – Posto de contagem 1.....74
Tabela 6 – Posto de contagem 2.....75
Tabela 7 – Posto de contagem 3.....75
Tabela 8 – Posto de contagem 4.....75
Tabela 9 – Resumo em UCP por faixa.....76
Tabela 10 – Posto de contagem 1.....77
Tabela 11 – Posto de contagem 2.....77
Tabela 12 – Posto de contagem 3.....78
Tabela 13 – Posto de contagem 4.....78
Tabela 14 – Posto de contagem 5.....78
Tabela 15 – Posto de contagem 6.....79
Tabela 16 – Posto de contagem 7.....79
Tabela 17 – Resumo em UCP por faixa.....79
Tabela 18 – Cálculo da demanda de passageiros por hora 81
Tabela 19 – Cálculo da demanda de passageiros por viagem.....85
Tabela 20 – Intervalo de tempo x número de VLTs.....89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APTrilhos	Associação Nacional dos Transportadores de Passageiros sobre Trilhos
APS	*Alimentation Par le Sol*
AMV	Aparelho de Mudança da Via
BRT	*Bus Rapid Transit*
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CBTU	Conselho Brasileiro de Trens Urbanos
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EMTU	Empresas Metropolitanas de Transportes Urbanos
EPI	Estação Principal de Integração
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LRV	*Light Rail Vehicle*
METROFOR	Metrô de Fortaleza
RATP	*Régie Autonome des Transports Parisiens*
SEINFRA	Secretaria da Infraestrutura do Estado do Ceará
SEPLAN	Secretária Municipal do Planejamento
SIM CAXIAS	Sistema Integrado de Mobilidade de Caxias do Sul
SMTTM	Secretaria Municipal de Trânsito, Transporte e Mobilidade
SNCF	*Société Nationale des Chemins de fer Français*
TAM	*Transport de l'Agglomération de Montpellier*
TRB	*Transportation Research Board*
UCP	Unidade de Carro de Passeio
UCS	Universidade de Caxias do Sul
UITP	União Internacional dos Transportadores Públicos
UNSD	*United Nations Statistics Division*
UCP	Unidade Carro de Passeio
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
VISATE	Viação Santa Tereza
VHP	Volumes Horários de Projeto
VMD	Volumes Médios Diários
VLT	Veículo Leve sobre Trilhos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
1.1 OBJETIVOS 15
1.1.1 Objetivo Principal 15
1.1.2 Objetivos Específicos 15
1.2 DELIMITAÇÕES E DELINEAMENTO 15

2 O VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS (VLT) 16
2.1 DEFINIÇÃO 16
2.2 HISTÓRICO DO VLT 17
2.2.1 No mundo 17
2.2.2 No Brasil 21
2.3 MODELOS E CAPACIDADE 32
2.3.1 Modelos da Alstom 32
2.3.2 Modelos da Bom Sinal 36
2.4 CRITÉRIOS DE PROJETO 38
2.4.1 Via permanente 38
2.4.2 Infraestrutura 41
2.4.3 Segurança viária 43

3 MÉTODO DE PESQUISA 45
3.1 A REDE DE TRANSPORTE DE CAXIAS DO SUL/RS 45
3.2 ÁREA DE ESTUDO 49
3.2.1 Análise das vias 50
3.2.2 Análise dos possíveis terminais 55
3.2.3 Parâmetros geométricos 56
3.3 CONTAGEM DE VOLUME DE TRÁFEGO 58
3.3.1 Método 58
3.3.2 Postos de contagem 60
3.3.3 Volume de tráfego equivalente 68
3.3.4 Planejamento de contagem 68
3.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA 70

4 RESULTADOS 74
4.1 CONTAGEM DE TRÁGEGO 74
4.1.1 Sentido leste-oeste 74
4.1.2 Sentido oeste-leste 77
4.2 DIMENSIONAMENTO DO VLT 82
4.2.1 Cenário I 82
4.2.2 Cenário II 86
4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 91
4.4 ESTRUTURA COMPLEMENTAR 93

5 CONCLUSÕES 95
5.1 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS 95

REFERÊNCIAS 97

APÊNDICE A – CONTAGENS MÁXIMAS SENTIDO LESTE-OESTE 105

APÊNDICE B – CONTAGENS MÁXIMAS SENTIDO OESTE-LESTE 110

APÊNDICE C – APRESENTAÇÃO DO CENÁRIO 118

APÊNDICE D – APRESENTAÇÃO DO CENÁRIO I 125

ANEXO A – FICHA DE CONTAGEM VOLUMÉTRICA I 135

1 INTRODUÇÃO

O exponencial crescimento da frota de veículos e a aglomeração nos centros das cidades acentuam os problemas relativos ao trânsito, prolongando o tempo dos deslocamentos nestas regiões e acarretando no prejuízo da qualidade de vida. Para reverter este quadro, faz-se necessário o investimento no transporte coletivo, atraindo mais usuários para este sistema, de forma a reduzir o número de veículos particulares e para melhorar a mobilidade urbana nas cidades.

Como alternativa, o sistema de VLT vem sendo visto como solução para a região central de grandes cidades, pois transporta um número maior de passageiros e ocupa menos espaço nas vias. No Brasil, o VLT ganhou destaque nas cidades que receberam a Copa do Mundo de 2014 e, a partir de então, o sistema vem sendo discutido em diversas outras, se tornando elemento fundamental de mobilidade urbana no conceito de cidades inteligentes.

Para implantar este sistema é necessário atender a determinados requisitos, entre eles a declividade máxima das vias onde será inserido e o raio mínimo de curvatura. Quanto à alimentação do sistema, o avanço da tecnologia possibilita o planejamento de sistemas sem o uso de alimentação elétrica aérea, as catenárias. As alternativas variam desde o uso de baterias e supercapacitores até o sistema com condutor aterrado na via, conhecido como *Alimentation Par le Sol* (APS).

Apesar de trafegar em baixas velocidades no meio urbano, quando bem integrado com os tempos de parada, o VLT pode resultar em um menor tempo de percurso se comparado com os demais modais. Devido a esta baixa velocidade e ao fato do trilho ser embutido na via, o sistema pode ser totalmente integrado com o transporte ativo, oferecendo maior segurança e conforto tanto para os pedestres quanto para os passageiros.

Este trabalho é baseado em diversos estudos de caso de projetos de outras cidades, no Brasil e no mundo, que reduziram o intenso tráfego em seus centros e apresenta a análise de requisitos técnicos para implantação do sistema. Este estudo descreve também as características da área de implantação, o centro de Caxias do Sul, para verificar a viabilidade técnica e identificar o melhor traçado da via.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho é verificar a viabilidade técnica da implantação do sistema VLT na região central de Caxias do Sul/RS.

1.1.2 Objetivos Específicos

a) Identificar locais críticos na região central de Caxias do Sul;
b) Analisar alternativas de traçado;
c) Apresentar um modelo potencial de VLT e suas características, tais como dimensões, capacidade de passageiros e quantidade de veículos;
d) Analisar a viabilidade técnica através das especificações vigentes.

1.2 DELIMITAÇÕES E DELINEAMENTO

O presente trabalho analisa a implantação do sistema VLT na região central de Caxias do Sul, em um trecho que abrange as avenidas Júlio de Castilhos, Itália e Sinimbu, sendo estas avenidas troncais de grande relevância para amenizar o impacto do tráfego na região central de Caxias do Sul.

Em um primeiro cenário, considerou-se um traçado circular por essas vias, com cerca de sete quilômetros, partindo do leste para o oeste pela avenida Júlio de Castilhos, retornando pelas avenidas Itália e Sinimbu. No segundo cenário é apresentado um traçado em linha reta situado apenas na avenida Júlio de Castilhos.

Quanto ao delineamento do trabalho, está organizado da seguinte maneira:

a) pesquisa bibliográfica;
b) análise de estudos de caso, priorizando as cidades brasileiras que receberam esse sistema;
c) definição do sistema de Veículo Leve sobre Trilhos;
d) busca pelas especificações vigentes para determinação dos elementos envolvidos neste sistema;
e) apresentação de propostas em diferentes cenários.

2 O VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS (VLT)

2.1 DEFINIÇÃO

O VLT é um trem moderno e inovador de média capacidade e guiado por trilhos metálicos, com equipamento e infraestrutura tipicamente mais leves que o convencional. Normalmente circula na superfície, concorrendo com outros modais e também com pedestres, possibilitando sua inserção no meio urbano (ABNT, 2017; CONTRAN, 2016; MACEDO e ARROYO, 2016).

No passado, o bonde era a modalidade de transporte predominante tanto ao redor do mundo, quanto no Brasil. Com o avanço de tecnologias, a energia utilizada para movê-lo foi evoluindo, desde tração por animais, passando por energia química, até chegar ao que é hoje o bonde moderno, movido à energia elétrica, mais limpa e não poluidora (WAISMAN, 2016; MACEDO e ARROYO, 2016).

Alguns autores classificam o VLT como o meio termo do ônibus e do metrô, transportando quatro vezes mais que o primeiro e custando a metade do investimento do segundo (ECOD, 2017). Segundo Ribeiro (2017), ainda comparando com o ônibus e com o metrô, o VLT atende à demanda de transporte entre os dois. Quando operado em faixa segregada, se aproxima muito do sistema *Bus Rapid Transit* (BRT), que consiste em um sistema de ônibus com um conjunto de mudanças visando excelência em mobilidade (BRT BRASIL, 2017).

A diferença de VLT e bonde moderno está na característica da via, onde o primeiro pode ter a via segregada ou compartilhada com outros modais e o segundo conta com sua via exclusiva (ALOUCHE, 2008). Em caso de espaços compartilhados com outros modais, fazem-se necessários cruzamentos com sinaleiras. Neste caso, o VLT tem prioridade e tal necessidade é conciliada de forma planejada com os pontos de parada, durante o embarque e desembarque (BRASIL, 2016).

Figueiredo (2010) defende que o VLT pode se tornar parte da paisagem da cidade, atuando como elemento de reurbanização paisagística e ambiental. Tal característica possibilita que o VLT circule por centros históricos, sem causar danos ao ambiente, através do uso de energias renováveis. Quando utilizado leito de grama, além de reduzir ainda mais o ruído, contribui significativamente com o aumento da permeabilidade do solo (MACEDO e ARROYO, 2016).

2.2 HISTÓRICO DO VLT

2.2.1 No mundo

Os bondes foram praticamente extintos quando passaram a ser vistos como modelos de transporte ultrapassados. Porém diversas cidades da Europa mantiveram os sistemas de bonde e, com o passar do tempo e conforme novas tecnologias iam surgindo, o sistema recebia investimentos, tornando-o mais moderno e presente cada vez mais nos cenários das cidades europeias (WAISMAN, 2015).

No final da década de 1970, países da América do Norte e outros que haviam abandonado o sistema voltaram a investir na em sistemas ferroviários, uma vez que o espaço que o automóvel ocupava na via e o crescimento descomunal da frota tornavam o planejamento urbano e de mobilidade mais crítico (WAISMAN, 2015).

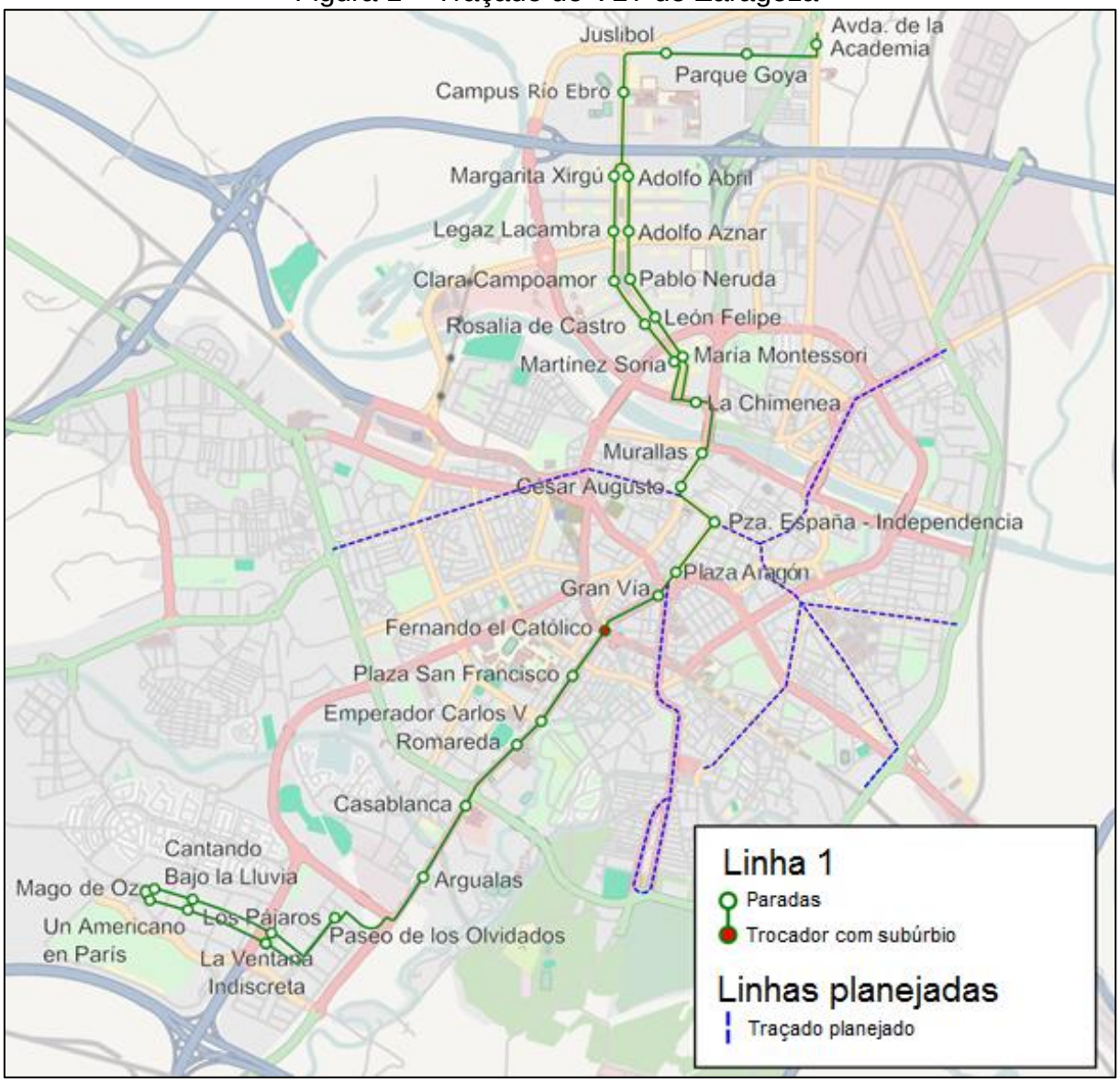
A denominação de VLT varia conforme região. Por exemplo, nos Estados Unidos e Inglaterra, o sistema é conhecido como *Light Rail Transit* ou *Light Rapid Transit* (LRT). Já na França, *tramway*, e na Espanha o sistema recebe nomenclaturas diferentes, em Madri, é chamado de metrô ligeiro, e em Barcelona o sistema é conhecido como *tranvia* (BERNARDES, 2015).

VLT de Zaragoza

Deve-se destacar o VLT da cidade Zaragoza, que teve sua construção iniciada em 2009 a partir de um Plano de Mobilidade Sustentável da prefeitura, que visou o máximo respeito à paisagem urbana e ao patrimônio cultural da cidade. Tal plano surgiu da necessidade de equipar uma cidade em evolução, acompanhando sua expansão geográfica oferecendo aos cidadãos em alto padrão de segurança, qualidade e eficiência (ANPTRILHOS, 2016).

A primeira linha foi construída em duas fases, uma entre 2009 e 2011, e outra entre 2011 e 2013, com 12,8 quilômetros, circulando a uma velocidade média de 21 quilômetros por hora e totalmente interligado com outros modais de transporte (ônibus, bicicletários, trens, etc.). A segunda linha começou a ser construída em 2015 e terá oito quilômetros. Há ainda a previsão de uma nova linha após a entrega da segunda linha (ANPTRILHOS, 2016). A Figura 1 traz a representação da Linha 1.

Figura 1 – Traçado do VLT de Zaragoza



Fonte: *Tranvia* Zaragoza (2015).

Com previsão para uma terceira linha após o termino da construção da segunda linha, o sistema atualmente é o mais premiado sistema de VLTs do mundo. Ele recebeu em 2012 os prêmios de *Melhor Projeto Mundial de VLT* da *Light Rail Awards* em Londres, *Prêmio UNIP* de *Melhor Projeto de Integração de Transporte Urbano do Mundo*, em Varsóvia e *Prêmio Território & Marketing ao Desenvolvimento Urbano* em Barcelona. Em 2013, o sistema recebeu os prêmios *LightWorld* como *Melhor Serviço ao Passageiro*, em Madri, *Prêmio Europeu "Ville, Rail & Transports"* como *Referência Internacional de Transporte Urbano* em Paris, além do *Prêmio Atualidade Econômica* como *Melhor Iniciativa Público-Privada do Ano*, em evento realizado na própria cidade (ANTPTRILHOS, 2016).

VLT de Montpellier

Segundo a *United Nations Statistics Division* (UNSD) (2014), com mais de 250 mil habitantes, Montpellier é a maior cidade de uma região composta por outras quinze cidades no sul da França. A rede de transporte *Transport de l'Agglomération de Montpellier* (TAM), possibilita que usuário do sistema se desloque por todas as demais cidades da região, incluindo a praia na cidade de Carnon (*TRIPADVISOR*, 2016). Com 55 trens do modelo *Citadis*, quatro linhas com 56 quilômetros de via e 84 estações, o *tramway* transporta diariamente mais de 170 mil usuários, com frequência de quinze a vinte minutos (VLT BRASIL, 2010). A Figura 2 traz o traçado do VLT de Montpellier.

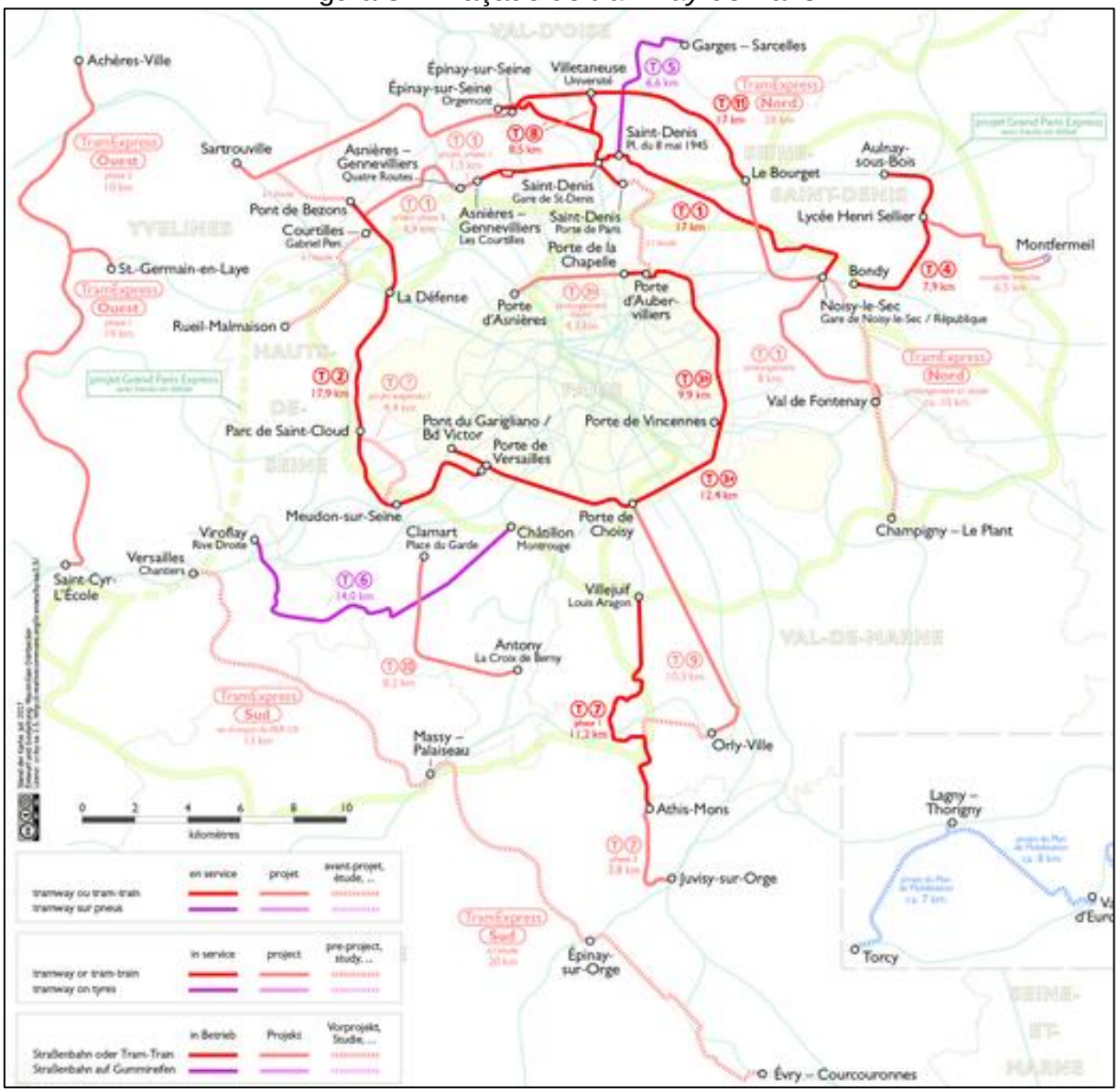
Figura 2 – Traçado do VLT de Montpellier

Fonte: *Dörrbecker* (2016).

VLT de Paris

O sistema de VLT da capital francesa, que foi iniciado em 1992, transporta cerca de 84,8 milhões de passageiros por ano, com sete linhas e 148 estações, que formam uma malha de 82 quilômetros. Das oito linhas, seis são operadas pela *Régie Autonome des Transports Parisiens* (RATP), que também opera o metrô e a maioria dos serviços de ônibus da cidade. O restante das linhas é operado pela *Société Nationale des Chemins de fer Français* (SNCF) (LOBO, 2014). A Figura 3 traz o mapa do *tramway* de Paris.

Figura 3 – Traçado do *tramway* de Paris



Fonte: Polis (2013).

2.2.2 No Brasil

Em 1850, o Brasil possuía a maior e mais complexa rede de bondes do mundo, sendo o principal meio de deslocamento do país com papel preponderante no desenho das cidades (WAISMAN, 2015). Este cenário mudou após a grande crise de 1929, onde o colapso da lavoura cafeeira ocasionou um *sprawl*[1], cuja expansão territorial não foi acompanhada pelo bonde devido à rigidez dos traçados. Tal fato tornou o bonde algo ultrapassado, e deu espaço a outras modalidades de transporte público (ALOUCHE, 2008). O congelamento dos investimentos em veículos sobre trilhos foi intensificado com o crescimento da indústria automobilística nos governos de Getúlio Vargas e Juscelino Kubitschek (WAISMAN, 2015).

Décadas depois, o sistema de transporte sobre trilhos, muito mais moderno e incorporado com uma tecnologia nem pensada há um século, retorna como solução para grandes cidades. Devido à diminuição de migração dentro das grandes metrópoles, seus centros ficam consolidados, favorecendo a escolha para esse sistema. Com essa consolidação, os centros das cidades se tornam um local cada vez mais concorrido, onde os veículos agora convencionais – leia-se carro, ônibus, etc. – ocupam muito espaço na via, sem significar mais conforto e praticidade. Ao contrário, eles diminuem a qualidade de vida de quem o dirige, e a todos ao seu redor, expostos à poluição e ao estresse gerado pelos congestionamentos. A má qualidade dos serviços de transportes públicos e falta de espaço nas vias para estacionamento de carros particulares despertaram a atenção dos gestores para o sistema.

Os casos de sucesso em outros locais estão trazendo para o país o retorno do sistema ferroviário, capaz de transportar um número maior de passageiros, com menor peso e pouco poluidor. Porém, conforme Cruz (2013), os governantes de outros países do mundo adotaram o sistema VLT após os sistemas convencionais já operarem em seu grau máximo de otimização, ao contrário da situação do país, onde o setor se encontra devassado e sem investimentos. Não se pode pensar que no Brasil o simples investimento no VLT irá causar os mesmos efeitos que causou em outros países, necessitando de estudos e adaptações para a realidade brasileira e de acordo com característica de cada meio que será inserido.

[1] Palavra inglesa que significa literalmente “espalhamento”, e no contexto remete a “expansão urbana”.

VLT Carioca

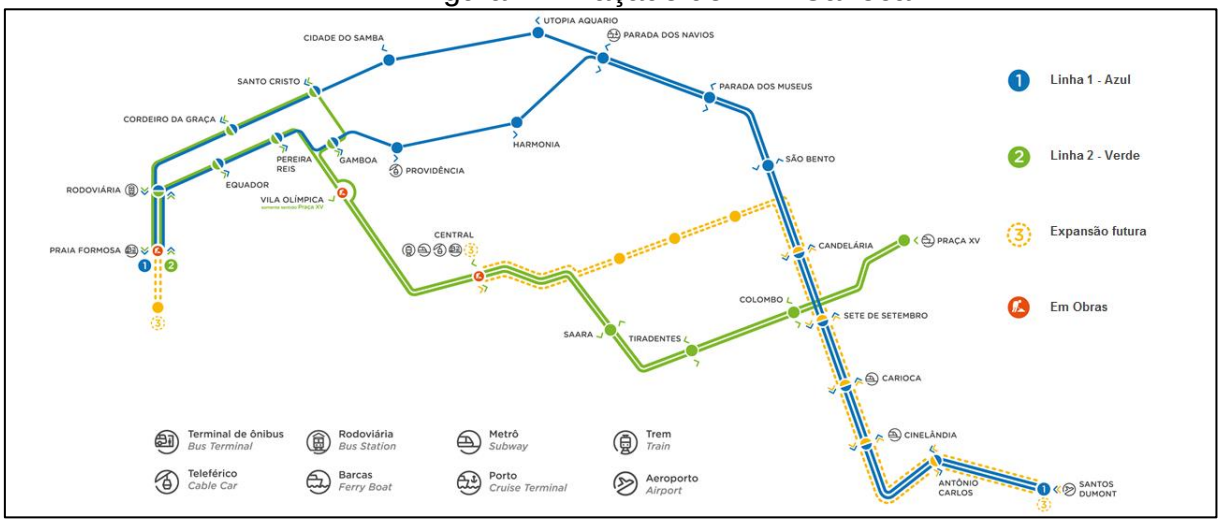
O VLT do Rio de Janeiro possui muitas semelhanças com alguns VLTs da Europa, como o de Zaragoza. Ambos cruzam seus respectivos centros históricos e substituíram as catenárias por tomada de energia no solo, eliminando a poluição visual e contribuindo para a revitalização da área do VLT (WAISMAN, 2015).

Trata-se de uma linha circular com 28 quilômetros de extensão e 42 pontos de parada em via singela, resultando em uma distância média entre os pontos de quatrocentos metros. O VLT conecta a área portuária ao centro da cidade e ao Aeroporto Santos Dumont, integrando estes modais (BERNARDES, 2015). O pátio está situado no Bairro da Gamboa, no interior do circuito traçado, reduzindo os percursos em vazio e facilitando a entrada do veículo na rede (WAISMAN, 2015).

Os estudos e projetos executivos iniciaram em 2011 (WAISMAN, 2015), e o sistema entrou em operação em junho de 2016 para os Jogos Olímpicos (MELLO e MENDONÇA, 2016). O desenho do traçado e os vários circuitos propostos possibilitam a operação de até seis linhas com uma frota de 32 veículos do modelo *Citadis* X05, com capacidade de 415 passageiros cada, resultando em aproximadamente trezentos mil passageiros por dia (ALSTOM, 2016).

Com o piso totalmente rebaixado, oferece elevada acessibilidade e além de acelerar o embarque e desembarque, o que favorece o fluxo de passageiros (ANPTRILHOS, 2016). A Figura 4 apresenta o traçado das linhas do VLT Carioca e a perspectiva de expansão, conforme a linha tracejada em laranja.

Figura 4 - Traçado do VLT Carioca



Fonte: VLT Carioca (2016).

VLT da Baixada Santista

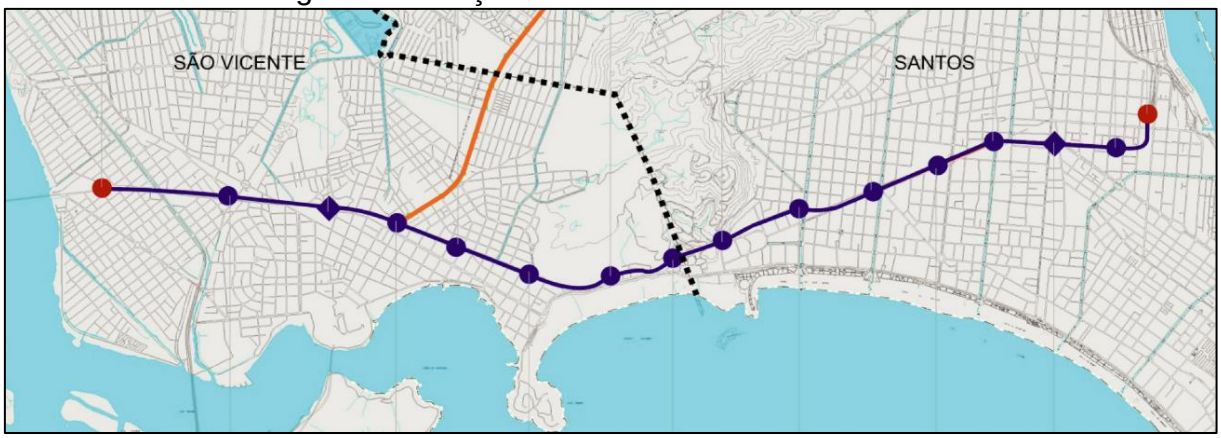
O VLT da Baixada Santista atende ao trecho Barreiros – Porto, nos municípios de Santos e São Vicente, no estado de São Paulo. Apesar de ter sido inaugurado depois do VLT Carioca, talvez seja o mais antigo em termos de planejamento, sendo sucessor de ainda outros três projetos[2], todos visando a ocupação e aproveitamento do leito ferroviário abandonado no fim do século passado (WAISMAN, 2015).

O trecho com 10,9 quilômetros de extensão abrange quatorze estações de embarque e desembarque, com dois terminais, sendo um de regulação operacional em Barreiros e outro com edifícios da administração, centro de controle operacional, oficinas, além de pátio de estacionamento em Porto (EMTU, 2014).

O tempo de parada nas estações é de vinte segundos, suficiente quando considerada a demanda estimada (REVISTA FERROVIÁRIA, 2010). Ao contrário do que é tendência do VLT, o projeto de Santos não adotou o sistema de trilho embutido e utilizou trilhos fixados em base de concreto, com preenchimento parcialmente de concreto entre os trilhos e fechamento com blocos intertravados (WAISMAN, 2015).

Com a implantação e integração completa com a rede de ônibus municipais, o sistema transporta aproximadamente oitenta mil passageiros por dia útil, com uma frota de 22 veículos e intervalo de cinco minutos na hora pico e alcança velocidade média de 25 km/h (EMTU, 2014). A Figura 5 apresenta o traçado da linha.

Figura 5 – Traçado do VLT da Baixada Santista



Fonte: Revista Ferroviária (2010).

[2] TIM - Trem Intra Metropolitano (1990); corredor de ônibus Samaritá–Valongo (1999); BRT Barreiros - Porto (2006).

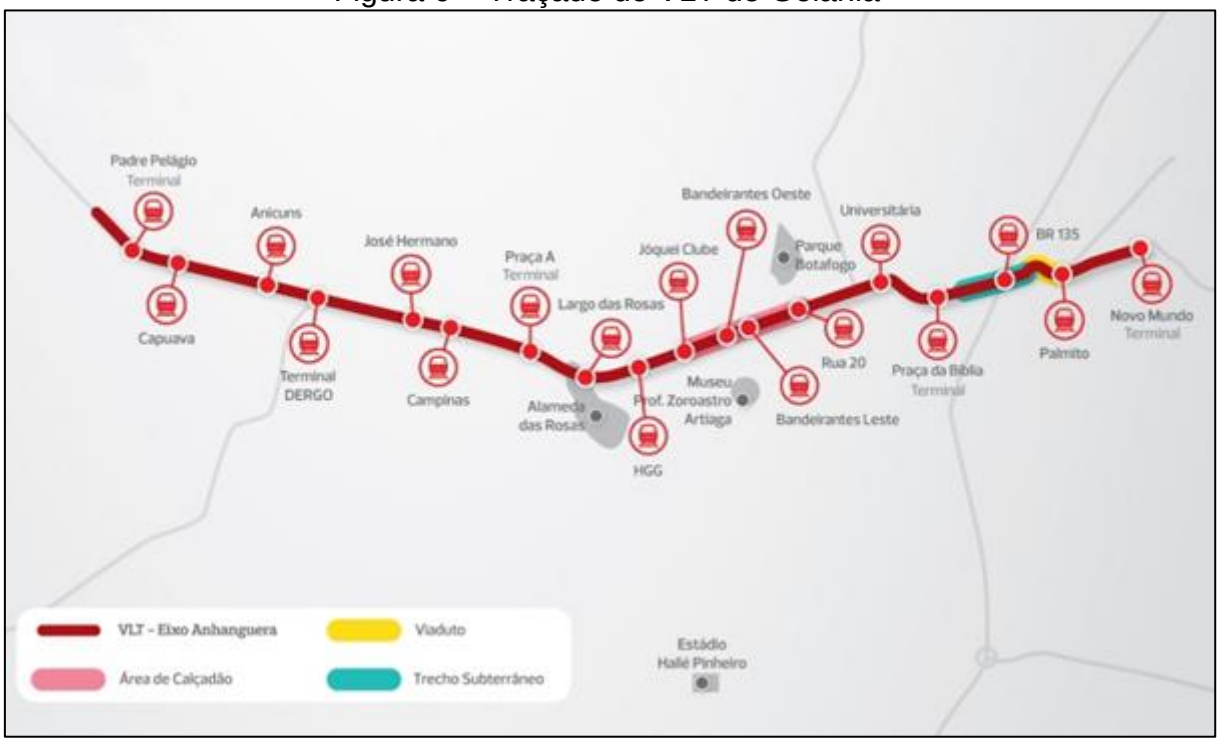
VLT de Goiânia

O VLT de Goiânia estará todo situado na avenida Anhanguera, unindo Leste ao Oeste, com 13,6 quilômetros de extensão, contemplando doze paradas de embarque/desembarque, sendo uma subterrânea, com distância entre as paradas de 850 metros. A linha também contará com pátio adjacente a uma delas, além de cinco terminais de integração com ônibus locais e metropolitanos, substituindo o ônibus operante no local (AGUIAR, 2012; ODEBRECHT, 2017).

A exemplo de outras cidades, o traçado contempla o Centro Histórico, além de outros pontos turísticos. Serão trinta composições com dois carros, totalizando uma capacidade de transporte de 750 passageiros. A velocidade média desenvolvida no trajeto será de 23 km/h e intervalo entre eles de três minutos em horário de pico, resultando em uma capacidade diária de 240 mil passageiros (AGUIAR, 2012; ODEBRECHT, 2017).

Serão feitas adequações geométricas e de circulação ao longo do eixo, de suas travessias para de garantir o respeito a parâmetros técnicos e ainda permitir a implantação de ciclofaixas. Haverá uma redução de 53 para 32 semáforos na área abrangida (WAISMAN, 2015). A Figura 6 representa o traçado do VLT de Goiânia.

Figura 6 – Traçado do VLT de Goiânia



Fonte: Odebrecht (2017).

VLT de Cuiabá

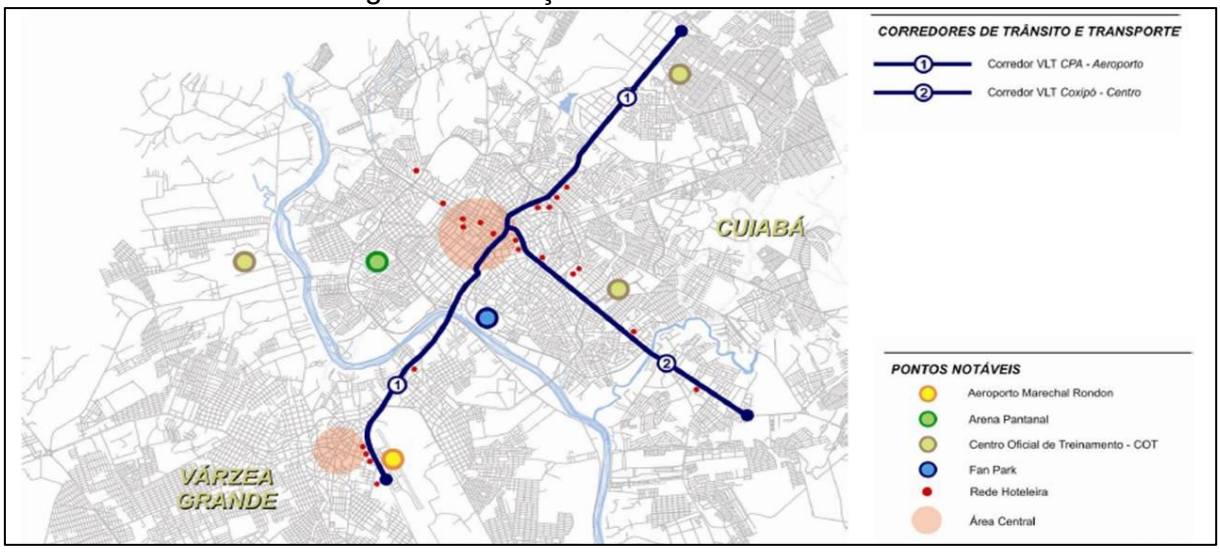
Este projeto prevê a união da capital (do centro administrativo) até o aeroporto de Várzea Grande. A obra começou em 2012 e não tem prazo para terminar devido à falta de verbas. O orçamento inicial previa um gasto de R$ 1,4 bilhão, porém já ultrapassou a marca de R$ 1 bilhão sem ter metade da obra concluída. Estima-se que faltariam mais de R$ 900 milhões para a conclusão (PORTAL G1, 2017).

O anteprojeto previa a implantação de inúmeras obras de arte, comprometendo a viabilidade técnica e econômica do projeto. Porém, segundo o deputado estadual mato-grossense Romoaldo Junior do PMDB, a euforia da chegada da Copa do Mundo em 2014 interferiu na escolha, indo contra a opinião unânime dos técnicos em engenharia, que eram favoráveis à construção de um sistema de corredores de ônibus, cuja construção ocorreria em menos tempo e custaria a metade do valor (SEGALLA, 2015).

Jorge Waisman (2015) ainda destaca outro erro da forma de condução do empreendimento, quando do recebimento de quarenta VLTs com capacidade de quatrocentos passageiros enquanto a obra não estava pronta, ou nem perto disso, que se encontram estocados ao tempo no pátio, sofrendo processo de deterioração.

Se concluído, o sistema transportará 120 mil passageiros por dia, com intervalo de cinco minutos na hora pico e velocidade média de 35 km/h (WAISMAN, 2015). A Figura 7 apresenta os traçados das linhas.

Figura 7 – Traçado do VLT de Cuiabá



Fonte: Waisman (2015).

VLT de Recife

O Sistema de Trens Urbanos do Recife é operado em três linhas férreas, sendo que em duas a fonte de energia utilizada é a energia elétrica, e em apenas uma ainda é utilizado óleo diesel, poluente. No total são 71 quilômetros abrangendo quatro municípios: Recife, Jaboatão dos Guararapes, Camaragibe e Cabo de Santo Agostinho. No total são 37 estações, transportando até quatrocentos mil passageiros por dia (CBTU, 2016). O traçado do VLT de Recife está representado na Figura 8.

Figura 8 – Traçado do VLT do Recife

Fonte: CBTU (2016).

VLT de Maceió

O VLT da capital alagoana está situado na avenida Fernandes Lima, utilizando seu canteiro central e seus prolongamentos, conectando a Área Central ao Aeroporto Internacional Zumbi dos Palmares, em Rio Largo (WAISMAN, 2015). As áreas laterais remanescentes da faixa de domínio da antiga rodovia BR-316 serão transformadas em passeios, com enterramento de toda a fiação aérea, e com implantação de sistema de iluminação pública e plantio de árvores (WAISMAN, 2015).

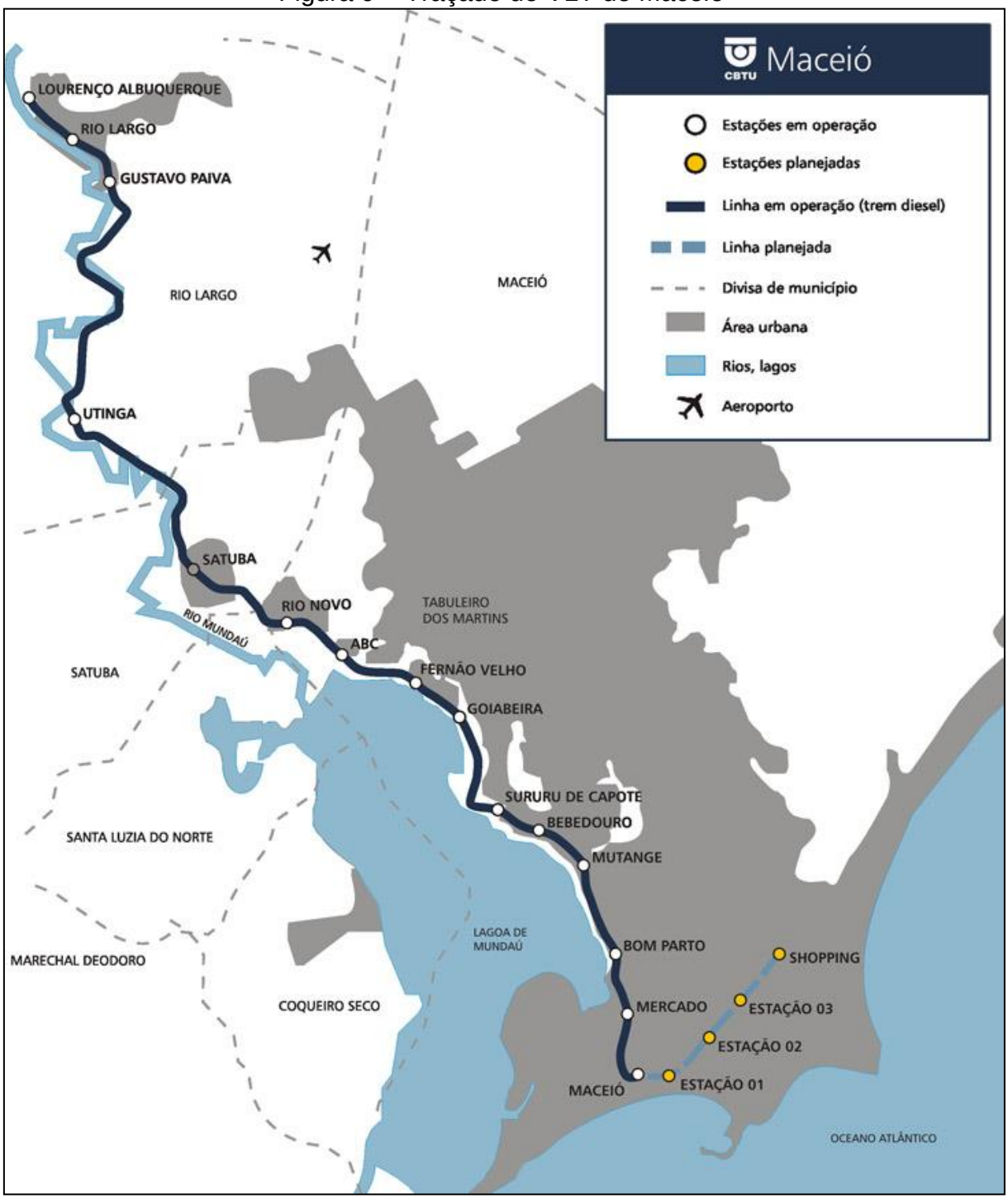
O traçado terá vinte quilômetros, em via dupla. Dois viadutos foram necessários, um para o VLT e outro para o tráfego geral na Rotatória do Tabuleiro dos Martins, permitindo a implantação de um terminal de integração entre o VLT e aos BRTs. Como toda cidade que recebe o VLT, haverá mudanças na circulação ao longo do eixo, como implantação de binários, retornos de quadra a direita e vias marginais em trechos específicos (WAISMAN, 2015).

Segundo Waisman (2015), será utilizado o sistema de trilho embebidos, conceito europeu conhecido como *grooved*[3], com envoltória de jaquetas de borracha sintética, apoiados em laje de concreto e com fechamento em concreto e cobertura vegetal, trazendo a sensação que houve duplicação do canteiro central ajardinado. O mesmo autor também indica que serão quatorze estações de embarque/desembarque e seis terminais de integração VLT - ônibus municipais e metropolitanos, e dois pátios, um para regulação localizado junto a uma das extremidades do percurso (Praça Centenário) e outro para administração, centro de controle operacional, oficina e estacionamento junto a um dos terminais (Petrópolis).

No total, serão 33 veículos com a capacidade de quatrocentos passageiros cada, com velocidade média de 25 km/h e com intervalo de cinco minutos na hora pico. Ao todo, espera-se transportar 150 mil passageiros por dia (WAISMAN, 2015). A Figura 9 traz o traçado das linhas do VLT de Maceió, bem como sua perspectiva de expansão.

[3] Palavra inglesa que significa literalmente “ranhurado”, definido no contexto como “trilho embutido”.

Figura 9 – Traçado do VLT de Maceió

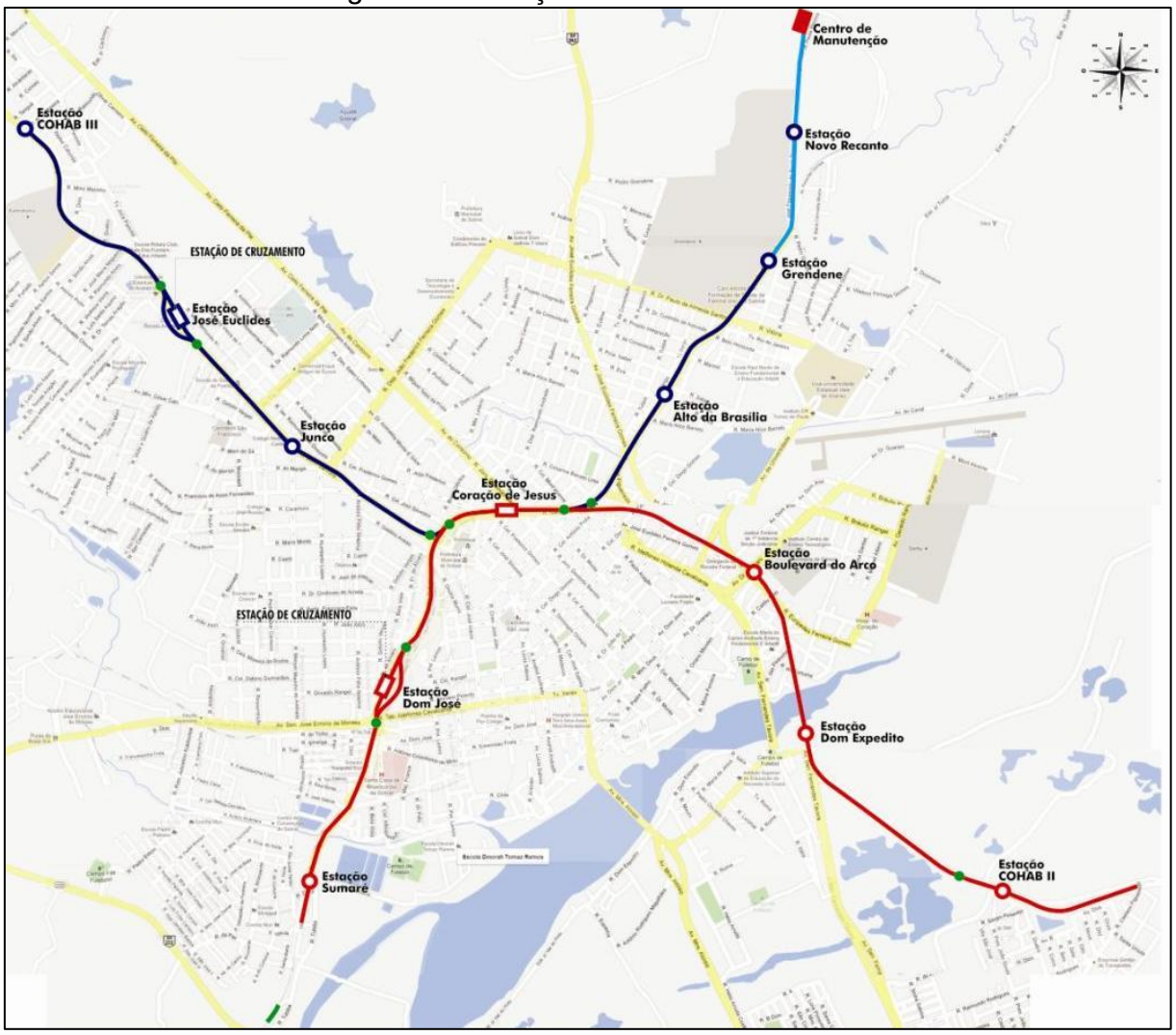


Fonte: CBTU (2014).

VLT de Sobral

Outro VLT já em operação no estado do Ceará, é o de Sobral, que entrou em operação no dia 28 de dezembro de 2016 (PORTAL G1, 2016) e transporta por dia aproximadamente 1,5 mil passageiros. Segundo METROFOR (2017), os veículo do modelo *Mobile* 3, trafegam com velocidade máxima de 60 km/h e se movimentam por duas linhas: a linha sul com 7,2 quilômetros de extensão interligando os bairros Sumaré e Cohab II e a linha norte, com 6,7 quilômetros ligando os bairros Junco até o Novo Recanto, totalizando 13,9 quilômetros passando por doze estações. As linhas traçadas se aproximam na estação Coração de Jesus, funcionando como Estação Integração. Uma representação deste traçado está disposta na Figura 10.

Figura 10 – Traçado do VLT de Sobral



Fonte: SEINFRA (2015).

VLT de Cariri

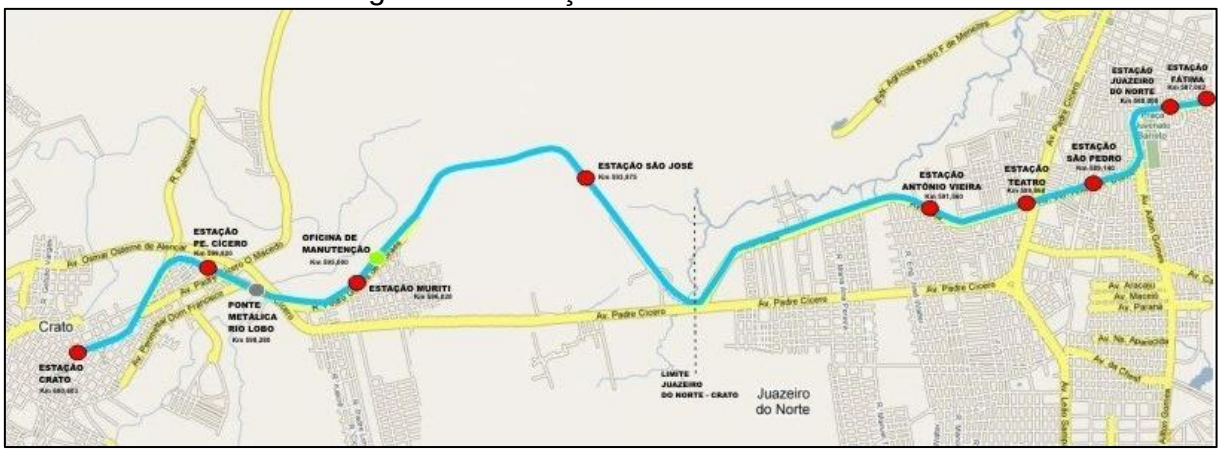
O primeiro VLT a operar no Brasil, o VLT de Cariri está localizado na Região Metropolitana de Cariri/CE, antigo CRAJUBAR - região criada a partir da conurbação entre os municípios Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha.

O projeto foi iniciado no ano de 2006, com o título de Trem do Cariri, e posteriormente Metrô de Cariri e VLT de Cariri. Entrou em operação em 2009, e teve como objetivo a revitalização de trecho ferroviário existente entre as cidades do Crato e Juazeiro do Norte.

Conta com nove estações dispostas em 13,6 quilômetros com movimentação bidirecional desde a estação de Fátima até a estação de Crato (BERNARDES, 2015). Tanto o material rodante, quanto a tecnologia utilizada foram desenvolvidas em Barbalha, pela empresa Bom Sinal, sendo assim uma tecnologia nacional e de baixo custo de investimento (BERNARDES, 2015).

Mesmo enquadrando-se como sistema VLT, ele possui algumas peculiaridades em relação a outros projetos, tal como velocidade e fonte de energia. Indo contra a tendência do VLT movido a energia elétrica, o modelo *Mobile* 2 utilizado no projeto é movido a diesel, com a autonomia de 1,5 quilômetro por litro, e atinge velocidades de até 60 km/h (SEINFRA, 2015). A Figura 11 ilustra o traçado do VLT de Cariri.

Figura 11 – Traçado do VLT de Cariri



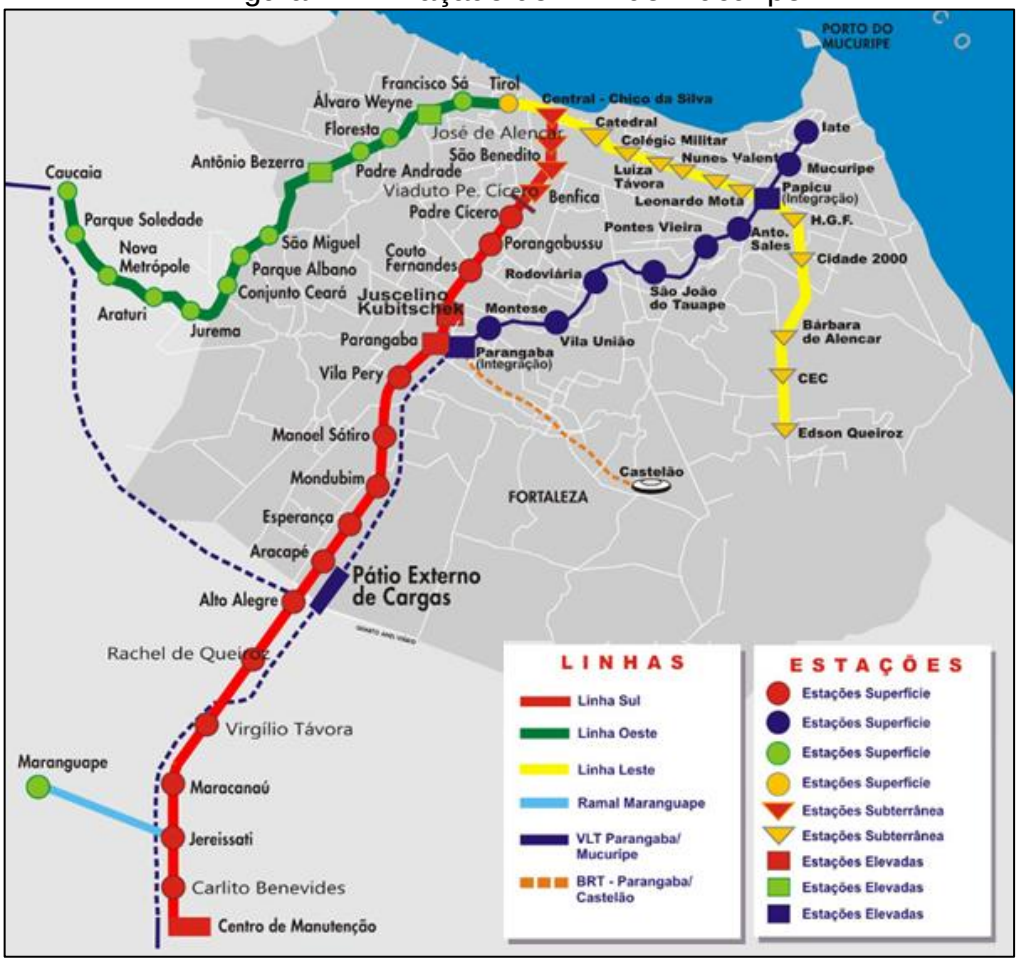
Fonte: Figueiredo (2010).

VLT de Mucuripe

Este VLT liga os bairros Mucuripe e Parangaba e ainda está em fase de projeto. As obras estão divididas em três trechos: passagem inferior da avenida Borges de Melo, estação Borges de Melo à Estação Parangaba e o Centro de Manutenção e Estação Iate à Estação Borges de Melo (SEINFRA, 2016).

O ramal terá 13,4 quilômetros, onde 12 serão sobre a superfície e 1,4 são elevados. Abrange no total dez estações de embarque/desembarque, com diferentes tipologias. A estação de Parangaba será elevada, integrando o sistema com o Metrô de Fortaleza e ao terminal rodoviário. A estação Papicu irá integrar o VLT à Linha Leste do Metrô e o terminal rodoviário, também recebendo um projeto diferenciado afim de atender a integração dos modais. O modal tem potencial para transporte de até noventa mil passageiros/dia (SEINFRA, 2017). A Figura 12 traz a representação do traçado do VLT de Mucuripe.

Figura 12 – Traçado do VLT de Mucuripe



Fonte: SEINFRA (2013).

2.3 MODELOS E CAPACIDADE

Para descrever melhor os modelos de VLTs, distinguem-se os mesmos pelas suas respectivas fabricantes. Dentre elas as mais populares são: Alstom com sede na França e filial na cidade de Taubaté, em São Paulo e Bom Sinal com sede no Ceará e com filial em São Paulo.

2.3.1 Modelos da Alstom

Citadis Compact

Dentre os modelos da Alstom, pode-se citar o *Citadis Compact*, com comprimento entre 22 e 24 metros, com altura variando de 2,40 a 2,65 metros e bitola padrão do trilho de 1,435 metros. Este modelo está adequado para atender às necessidades de cidades de médio a grande porte com população entre 50 e 150 mil habitantes (ALSTOM, 2012). O *layout* deste modelo está apresentado na Figura 13.

Figura 13 – Modelo *Citadis Compact*

Fonte: Alstom (2012).

A configuração com três módulos de veículos, sendo dois motores, pode transportar até 35 passageiros sentados e, no total, 139 passageiros quando adotadas as dimensões máximas. Pode ser prolongado até cinco módulos de veículos, sendo dois motores e três vagões (ALSTOM, 2012).

Citadis X05

O lançamento mais recente da Alstom (2014) oferece mais possibilidades para as necessidades de cada projeto, tal como a solução sem o uso de catenária, com uso de fonte de alimentação aterrada - sistema APS. Cada cidade recebe o modelo configurado conforme a sua necessidade, com medidas e capacidade pré-estabelecidas em catálogos da fabricante, além da configuração de velocidade, capacidade de passageiros, flexibilidade e até mesmo da personalização da parte frontal de acordo com as características locais (ALSTOM, 2014).

Como exemplos, pode-se citar os modelos vendidos para a França. Em Lyon, o *design* busca representar o símbolo daquela região, o bicho da seda, conforme Figura 14, enquanto em Reims a frente do veículo lembra uma taça de champanhe, local onde a bebida nasceu, como pode ser visto na Figura 15. Destaque ainda para o VLT de Dubai, representado na Figura 16, onde sua interface pode ser compreendida como uma burca ou até mesmo um diamante (MACEDO e ARROYO, 2016).

Figura 14 – VLT de Lyon

Fonte: *Graduate* Lyon (2017).

Figura 15 – VLT de Reims

Fonte: *Bouygues Construction* (2017).

Figura 16 – VLT de Dubai

Fonte: Alstom (2017).

De acordo com catálogo da Alstom (2014), dentro do modelo *Citadis* X05, há ainda algumas derivações de acordo com o comprimento, como o *Citadis* 205 (24 metros), *Citadis* 305 (32 a 37 metros) e *Citadis* 405 (43 a 45 metros). Suas configurações tais como as respectivas capacidades estão dispostas na Figura 17.

Figura 17 – Configurações do *Citadis* X05

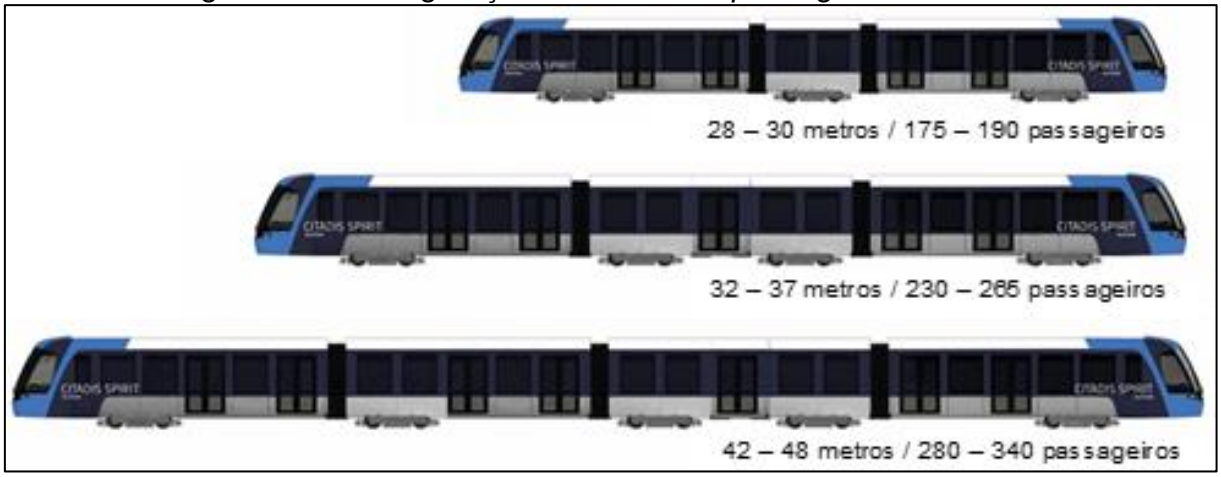
	Comprimento para versões bidirecionais	Máxima capacidade 4 passageiros/m² Versão com 2,40m de altura	Máxima capacidade 4 passageiros/m² Versão com 2,65m de altura
	23,9 m	142	■
	32,2 m	200	221
	33,4 m	211	233
	35,6 m	220	■
	36,8 m	231	■
	43,4 m	279	301
	43,4 m	284	307
	44,6 m	290	313
	44,6 m	295	319

Fonte: Alstom (2014).

Citadis Spirit Light Rail Vehicle

Esta é a única versão de veículo leve com o piso totalmente rebaixado, adequado para o uso em centros urbanos. O modelo está sendo fabricado nos Estados Unidos, e possui três opções sem catenária: Tecnologia de condutor aterrado (APS), baterias ou supercapacitores (ALSTOM, 2013). A Figura 18 traz as possíveis configurações para este modelo.

Figura 18 – Configurações do *Citadis Spirit Light Rail Vehicle*



Fonte: Alstom (2013).

2.3.2 Modelos da Bom Sinal

A fabricante brasileira traz um modelo com três configurações possíveis. A nomenclatura dos modelos sugere a quantidade de veículos que possui, apresentando diferentes capacidades e atendendo a diferentes demandas de cada cidade. A largura e a altura do veículo são iguais para todos os modelos, sendo 2,86 metros de largura e altura de 3,74 metros (BOM SINAL, 2017). A Figura 19 apresenta estas configurações, bem como a capacidade de cada uma, enquanto as Figuras 20, 21 e 22 apresentam esses modelos em projetos.

Figura 19 – Configurações dos modelos da Bom Sinal

Fonte: adaptado de Bom Sinal (2017).

Figura 20 – *Mobile* 2 em Cariri/CE

Fonte: Transporte *Press* (2013).

Figura 21 – *Mobile* 3 em Natal/RN

Fonte: Transferr Trens & Ferrovias (2015).

Figura 22 – *Mobile* 4 em Brasília/DF

Fonte: Qualidade Urbana (2010).

2.4 CRITÉRIOS DE PROJETO

2.4.1 Via permanente

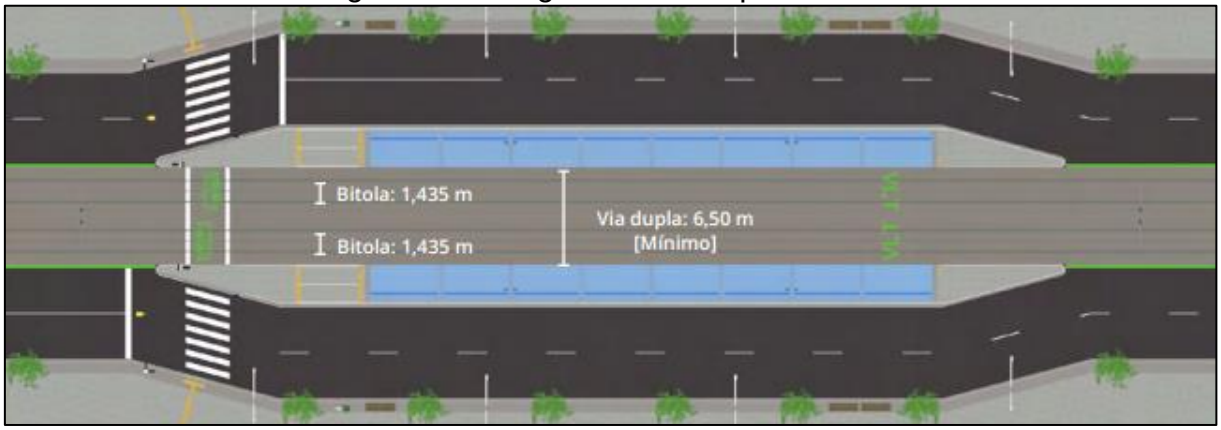
Bitola e largura

A largura da via onde o VLT irá transitar deve ser de, no mínimo, 3,15 metros em caso de via singela – leia-se simples – e de 6,50 metros em via dupla, conforme Figuras 23 e 24, sempre sendo compatível com a largura do veículo. Em caso de trilho adjacente, deve-se considerar instalação de aparelhos de mudança. A bitola tradicionalmente utilizada é de 1,435 metros, podendo ser maior conforme a demanda (TRB, 2012).

Figura 23 – Largura da via singela e bitola

Fonte: Brasil (2016).

Figura 24 – Largura da via dupla e bitola



Fonte: Brasil (2016).

Trilho embutido

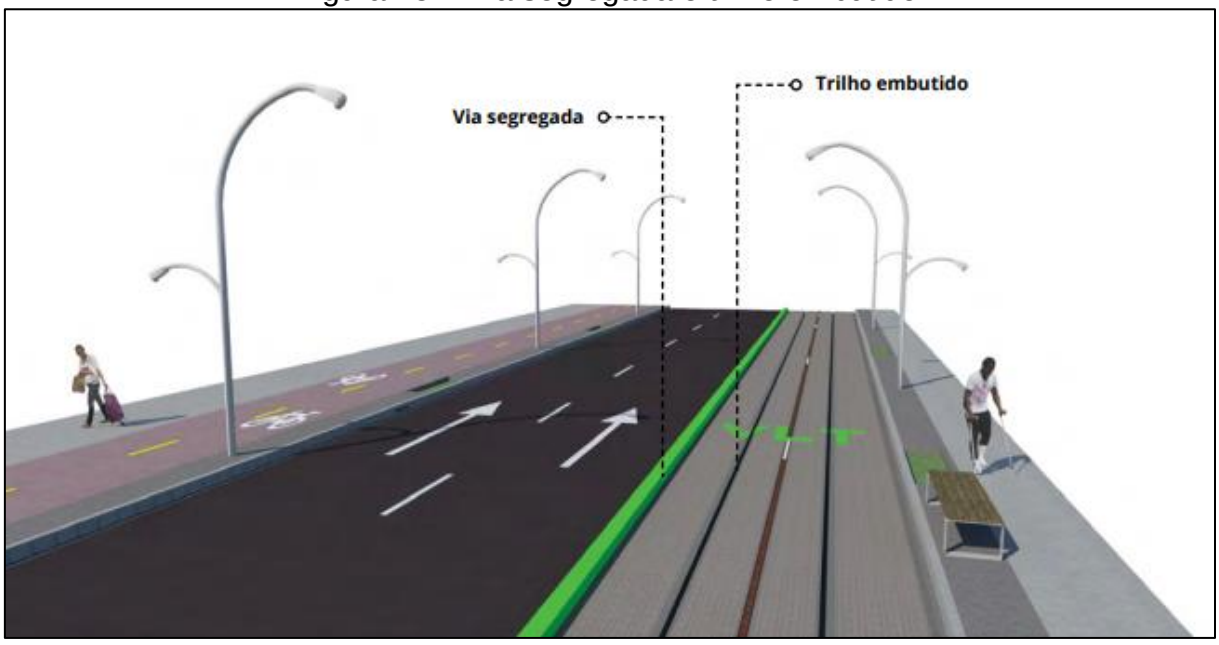
Segundo Waisman (2015), um dos fatores essenciais para a integração do VLT ao meio urbano consiste em seus trilhos embutidos tipo *grooved*, e envoltos com jaqueta de borracha sintética. Uma vez que o trilho não está sobreposto à via, facilita a travessia de outros tipos de transporte.

O revestimento pode variar desde grama, concreto, blocos intertravados e até revestimento asfáltico. No caso de via compartilhada, o revestimento da via permanente deve suportar a carga dos demais veículos. Muito embora necessite de manutenção mais frequente, a vantagem da grama é a capacidade de infiltração no meio urbano, além de absorver o ruído do VLT que por si só já é reduzido (TRB, 2012).

Via Segregada ou Compartilhada

Segundo o TRB (2012), a via do VLT pode ser separada fisicamente, com altura suficiente para impedir a invasão da via permanente por outros veículos. Em caso de guia onde não se pretende segregá-la totalmente, é recomendável o compartilhamento apenas com o transporte ativo. A Figura 25 traz uma representação gráfica da via segregada e do trilho embutido.

Figura 25 – Via segregada e trilho embutido



Fonte: Brasil (2016).

Raio de curvatura

O raio de curvatura depende das condicionantes do meio onde o VLT será inserido, além da velocidade e características físicas do veículo. Referências indicam um raio de curva de no mínimo trinta metros ao longo da via e de vinte metros quando dentro do pátio de estacionamento, conforme Figura 26 (BRASIL, 2016).

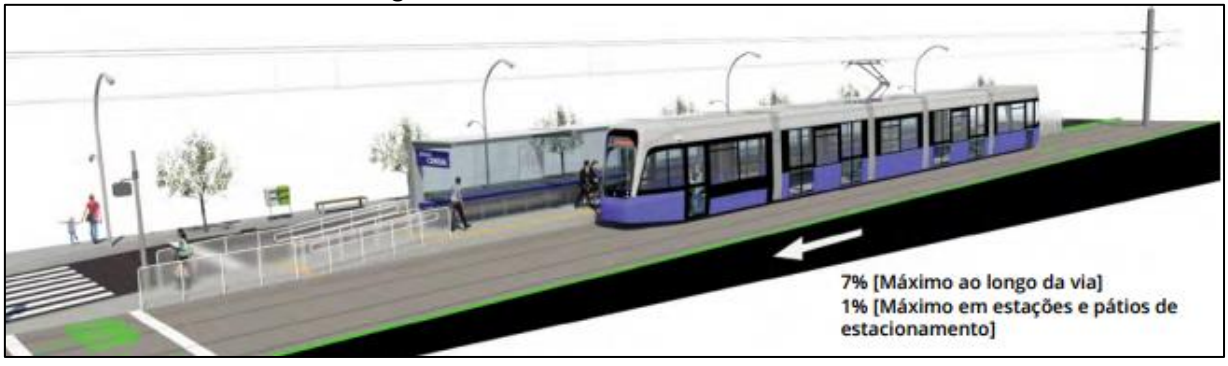
Figura 26 – Raio de curvatura

Fonte: Brasil (2016).

Greide

O greide máximo ao longo da via é de 7%, limitado pelo sistema de propulsão e frenagem do veículo. Em estações e pátios recomenda-se que o greide seja zero e, quando não for possível, não deve ultrapassar 1%, conforme Figura 27 (TRB, 2016).

Figura 27 – Declividades máximas



Fonte: Brasil (2016).

2.4.2 Infraestrutura

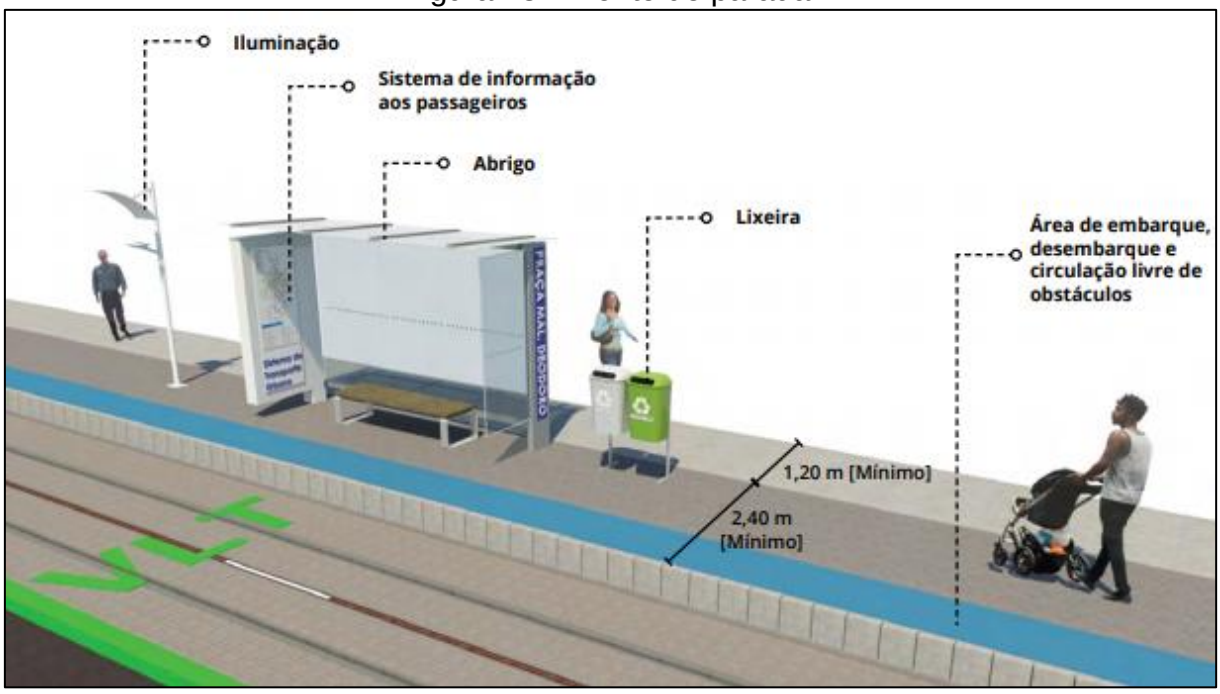
Oficinas de manutenção e pátios de estacionamento

O sistema VLT requer uma infraestrutura composta por oficinas e pátios de estacionamento próximos ao traçado, com posição facilitada em relação à linha a fim de facilitar a injeção de trens e a tomada de serviço dos condutores. O *layout* desses espaços deve contemplar vias de manutenção pesada para reparação e renovação de equipamentos, bem como vias para estacionamento das composições quando não estiverem transitando (BRASIL, 2016).

Pontos de parada

Os pontos de parada devem ter largura mínima de 2,40 m, sendo 1,20 m destinado à instalação do abrigo e 1,20 m para o embarque e desembarque de passageiros, bem como para a projeção da cobertura do abrigo. É necessário garantir 1,20 m de largura da faixa livre para circulação atrás dos pontos de parada, conforme Figura 28 (BRASIL, 2016).

Figura 28 – Ponto de parada

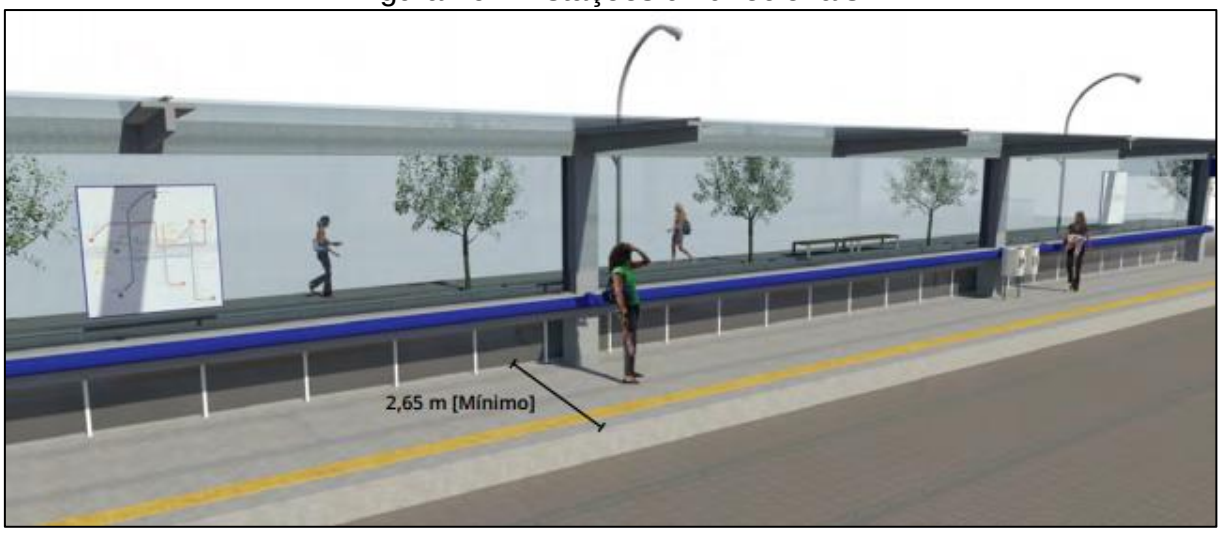


Fonte: Brasil (2016).

Estações

Quanto às estações, estas podem ser unidirecionais ou bidirecionais. Segundo BRASIL (2016), para garantir o espaço para instalação do mobiliário e permitir a circulação de pedestres, a largura mínima para estações unidirecionais é de 2,65 metros, enquanto para estações bidirecionais é de 3,45 metros, conforme as Figuras 29 e 30.

Figura 29 – Estações unidirecionais



Fonte: Brasil (2016).

Figura 30 – Estações bidirecionais

Fonte: Brasil (2016).

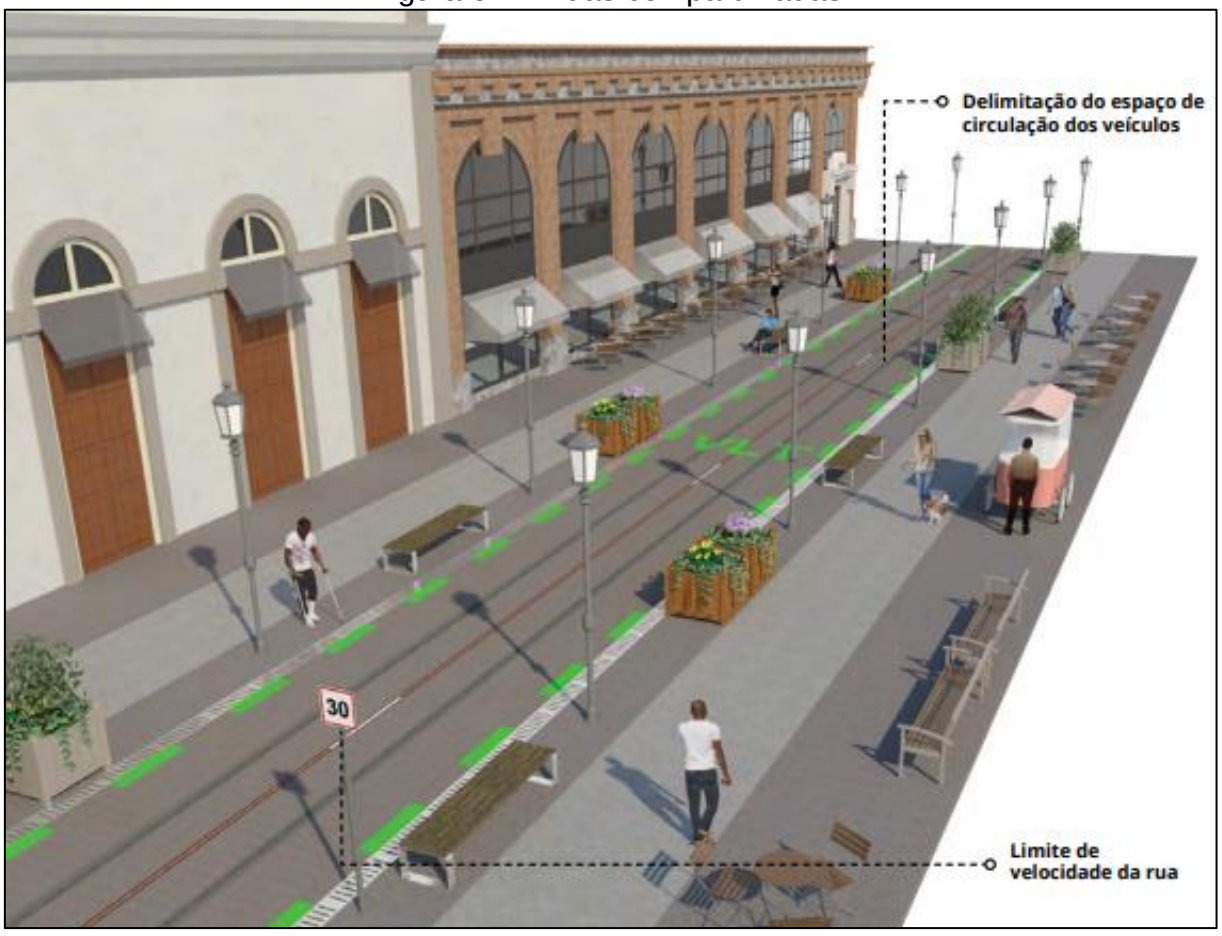
2.4.3 Segurança viária

Limite de velocidade

Segundo EMBARQ Brasil (2015), dentro do meio urbano a velocidade máxima é de 50 km/h, e em caso de ruas compartilhadas não deve exceder de 30 km/h, afim de atender às recomendações de segurança viária. Em caso de via segregada e interurbano este valor pode chegar a 80 km/h.

Quando da escolha por ruas compartilhadas, deve-se atentar para a delimitação do espaço de circulação dos veículos e indicação do limite de velocidade, conforme a Figura 31.

Figura 31 – Ruas compartilhadas



Fonte: Brasil (2016).

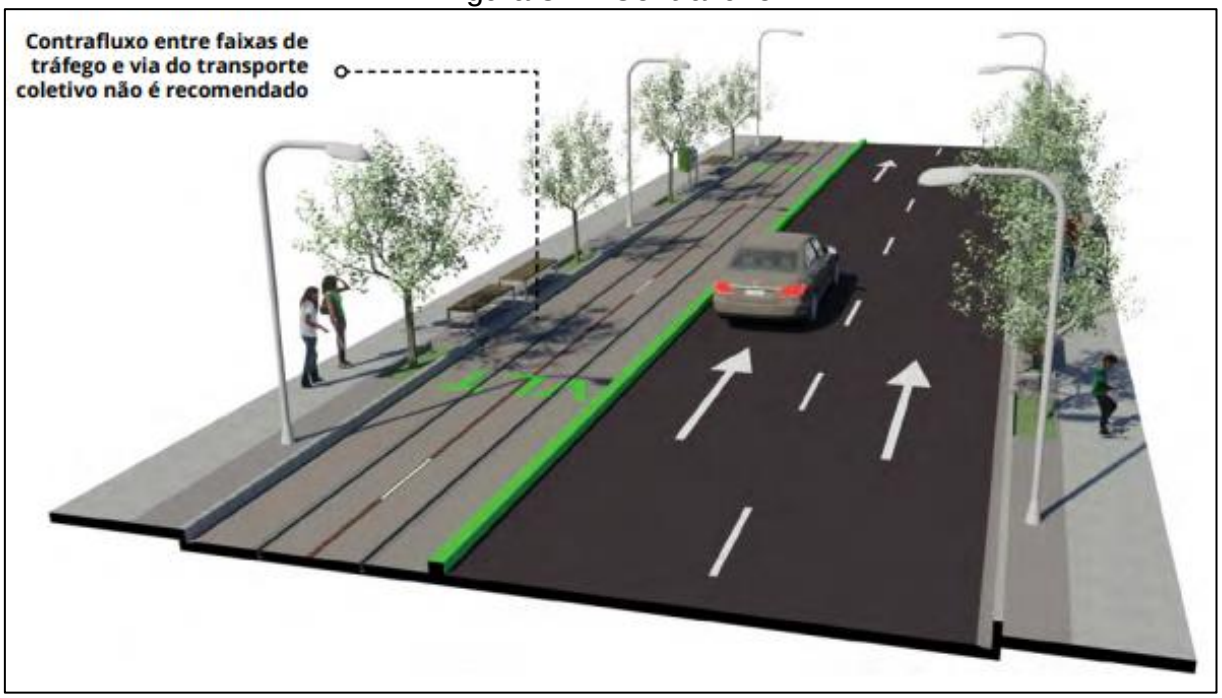
Cruzamentos

Em caso de tráfego misto, recomenda-se uso de semáforos em todos os cruzamentos do VLT e, sempre que possível priorizá-lo (BRASIL, 2016). Para melhor eficiência do sistema, os tempos de parada dos VLTs podem ser sincronizados com os tempos de semáforo, por meio de sensores semafóricos (GAZETA WEB, 2016).

Contrafluxo

A probabilidade de ocorrência de acidentes aumenta em mais de 70% quando da configuração de contrafluxo, situação onde os sentidos dos veículos são opostos conforme representado na Figura 32. Sendo assim, ele não é recomendável, principalmente onde há grande movimentação de pedestres, devido à maior dificuldade na travessia da via (BRASIL, 2016).

Figura 32 – Contrafluxo



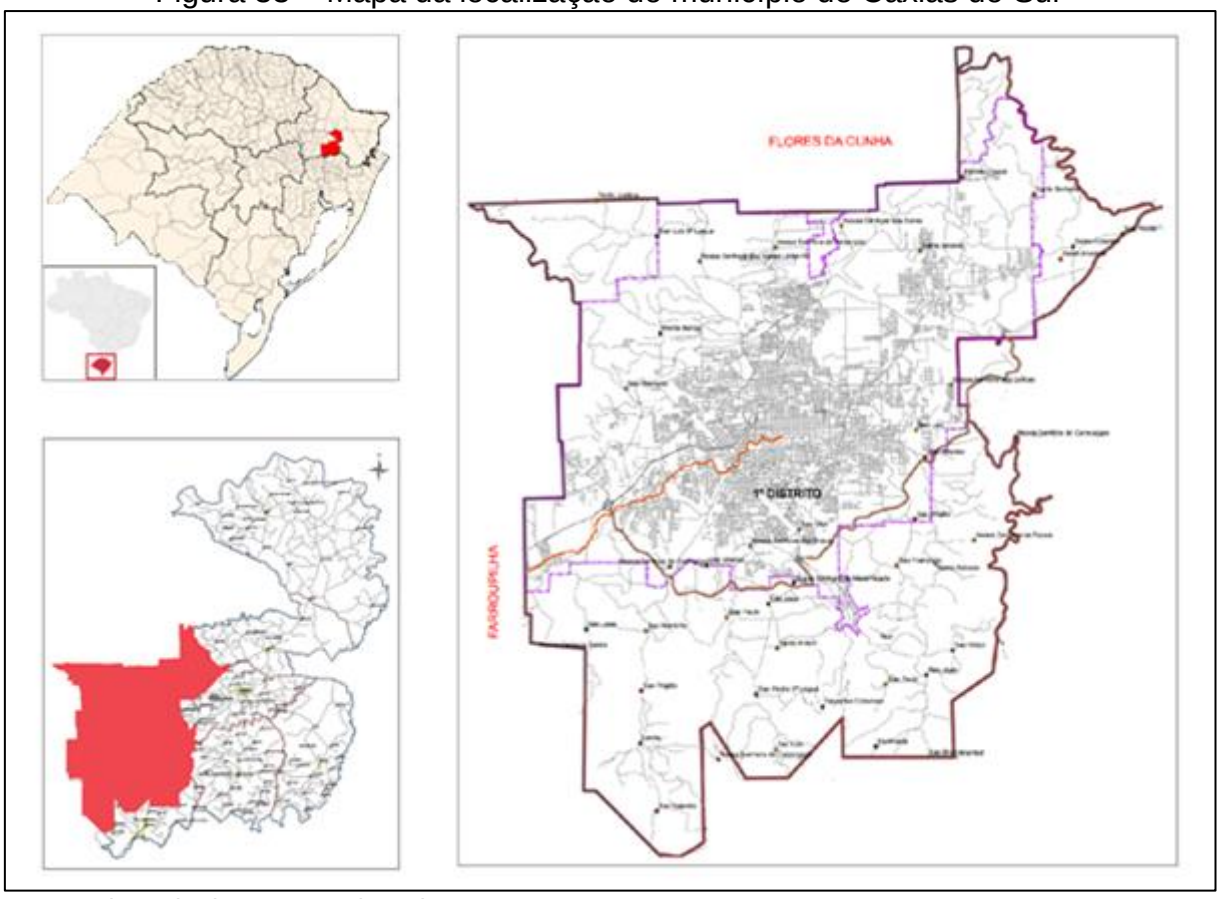
Fonte: Brasil (2016).

3 MÉTODO DE PESQUISA

3.1 A REDE DE TRANSPORTE DE CAXIAS DO SUL/RS

O município de Caxias do Sul está localizado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, conforme Figura 33 e, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2013), sua população era de 435.564 habitantes naquele ano e estimada em 483.377 habitantes para 2017.

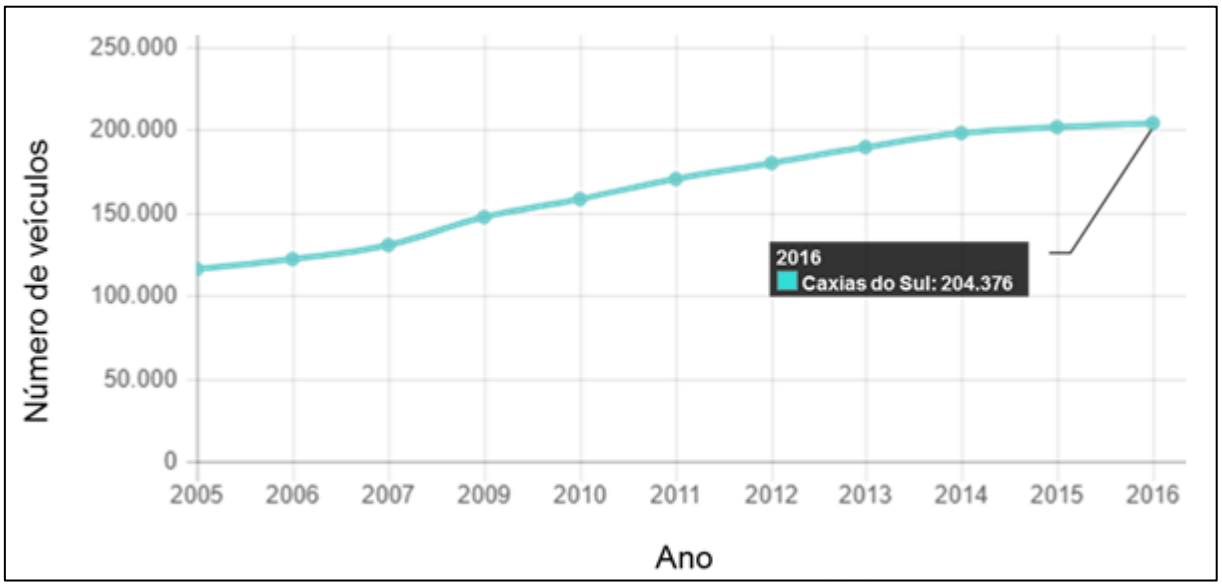
Figura 33 – Mapa da localização do município de Caxias do Sul



Fonte: adaptado de SEPLAN (2017).

Segundo dados da mesma pesquisa, são mais de 204 mil automóveis nas vias da cidade e, quando comparado com os aproximados 116 mil em 2005, percebe-se um crescimento da frota superior a 75%, conforme representado no Gráfico 1. Com o centro da cidade já consolidado e o aumento da frota de veículos, a falta de vagas para estacionar afastam os consumidores do comércio, representando em uma queda de até 50% neste setor (MENDES, 2016).

Gráfico 1 – Série histórica da frota de automóveis em Caxias do Sul/RS



Fonte: IBGE (2016).

Desde o ano de 2000, o serviço de transporte público na cidade é operado pela Viação Santa Tereza (VISATE), sob regime de concessão pública. Em 2010 a empresa teve seu contrato licitatório de prestação de serviços prorrogado até 2020 (VISATE, 2017). Com uma frota de 343 veículos, a empresa transportou no primeiro semestre de 2017 mais de 2,5 milhões de passageiros por mês, quantidade 20% inferior quando comparada com as transportadas no mesmo período de 2015 (PIONEIRO, 2017).

Visando a qualificação da mobilidade urbana por meio da retomada do uso do transporte coletivo, a Prefeitura de Caxias do Sul junto à VISATE implantou o Sistema Integrado de Mobilidade de Caxias do Sul (SIM CAXIAS). Entre os benefícios deste novo sistema, pode-se citar a maior frequência e pontualidade das linhas de ônibus, a partir da redução dos tempos de deslocamentos, embarque e desembarque, integrando mais linhas com uma só tarifa, que resulta em uma melhoria na qualidade do transporte público para a população (CAXIAS DO SUL, 2016).

O sistema disponível desde abril de 2016 abrange em sua primeira fase de implantação 17 linhas do eixo leste/oeste, envolvendo 44 mil usuários, e conta com duas Estações Principais de Integração (EPIs). Tanto a EPI Imigrante (leste), quanto a EPI Floresta (oeste), podem ser acessadas através de transporte ativo ou com ônibus do sistema, desembarcando dentro da estação e embarcando em outro ônibus utilizando as portas traseiras, sem precisar pagar outra tarifa (CAXIAS DO SUL, 2016).

Para os usuários que não chegam às EPIs de ônibus, a entrada é feita pelas catracas instaladas nas entradas, liberadas a partir da validação do cartão. O usuário também pode recarregar ou até mesmo adquirir o seu cartão nas estações (CAXIAS DO SUL, 2016).

Além da integração por meio dos EPIs, o usuário também pode usufruir da tarifa única ao integrar qualquer uma das linhas com demais linhas de integração no intervalo de uma hora a partir da validação da primeira passagem. São linhas de integração a Linha Troncal TR01, L01 Cinquentenário, L02 Salgado Filho/Ana Rech, L54 Interbairros, L86 Circular Central, L99 Campus 8/UCS, além das Linhas Coletoras que circulam no anel perimetral e nos eixos leste/oeste e norte/sul LC71, LC72, LC73 e LC74 (VISATE, 2017).

Com a implantação do novo sistema, uma linha troncal (TR01) ligando as duas EPIs foi inaugurada para proporcionar ao usuário o deslocamento com o mesmo ônibus do leste ao oeste da cidade, ou ainda percorrer o centro por meio das avenidas Pinheiro Machado e Sinimbu. A linha TR01 conta com 21 BRTs da cor vermelha, com 23 metros de comprimento e capacidade de transporte de até 175 passageiros, com frequência de aproximadamente quatro minutos nos horários de pico, e de seis minutos nos demais horários (CAXIAS DO SUL, 2016). Uma fotografia deste BRT e o mapa do seu itinerário estão apresentados nas Figuras 34 e 35, respectivamente.

Figura 34 – Modelo do BRT

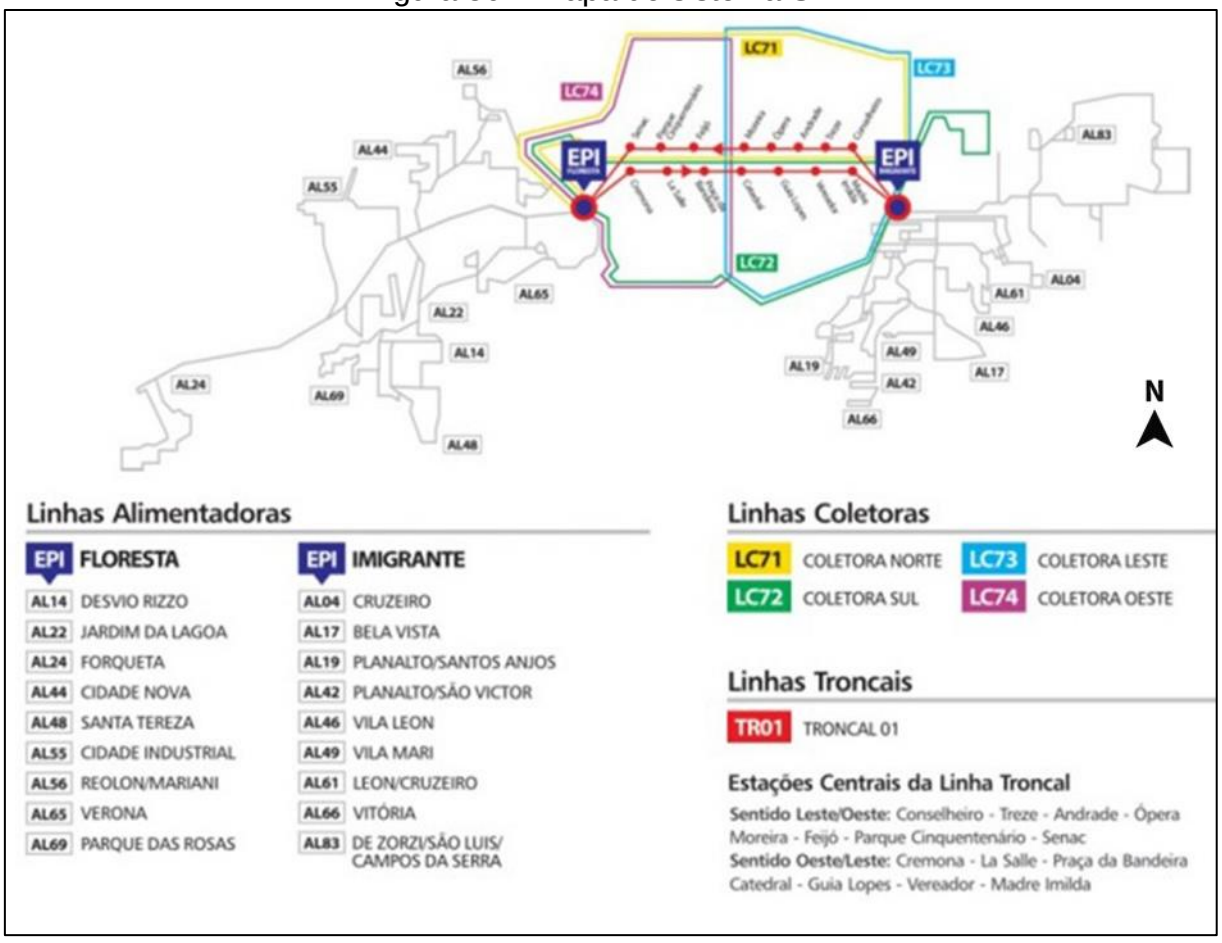
Fonte: Caxias do Sul (2016).

Figura 35 – Linha TR01

Fonte: adaptado de Caxias do Sul (2016).

O usuário pode utilizar as linhas alimentadoras provenientes dos bairros para o deslocamento até as EPIs, de onde pode utilizar a TR01, conforme descrito no mapa do sistema, da Figura 36 onde também estão dispostas as linhas alimentadoras que vão até as EPIs. As demais linhas, não inclusas nesta primeira fase do SIM Caxias, permanecerão utilizando as estações existentes, afim de evitar transtornos nas EPIs (CAXIAS DO SUL, 2016).

Figura 36 – Mapa do sistema SIM



Fonte: Caxias do Sul (2017).

3.2 ÁREA DE ESTUDO

Segundo DNIT (2006), a área de estudo compreende um espaço geométrico ocupado por vias do projeto e as áreas que podem afetar de alguma forma este espaço. Essa área está condicionada à três variáveis, sendo elas:

a) origem e destino dos veículos;
b) opção de rotas na rede existente;
c) interferência dos fluxos de longa distância.

A área de estudo pode ser tratada a dois níveis distintos, de acordo com sua forma de influência, se direta ou indireta. A Área de Influência Direta é a área dos trechos objeto do estudo e seus acessos mais influentes. É nesta área que serão realizados os estudos necessários, como contagem de tráfego e pesquisa origem-destino. Para a área em torno desta, denomina-se Área de Influência Indireta, por causar uma sensível influência ao redor dos trechos objetos do estudo (DNIT, 2006).

Uma vez que a região de estudo já está determinada, e sendo a problemática do trânsito nesta área uma das motivações para esta pesquisa, dispensa-se a análise de outras senão aquelas já delimitadas anteriormente. Portanto, a região estudada abrange as duas vias que limitam a principal praça da cidade, a Dante Alighieri. São elas as avenidas de mesma direção e sentido Itália e Sinimbu, e grande parte da avenida Júlio de Castilhos, na mesma direção das demais. Perpendicular a estas vias, deve-se citar também as ruas onde o VLT poderia fazer a conversão, sendo elas a rua Teixeira Mendes junto ao Parque Cinquentenário (à esquerda) e a BR-116, junto à Praça Abramo Eberle (à direita). A Figura 37 traz a demarcação da região.

Figura 37 – Mapa de localização das vias

Fonte: adaptado de SEPLAN (2018).

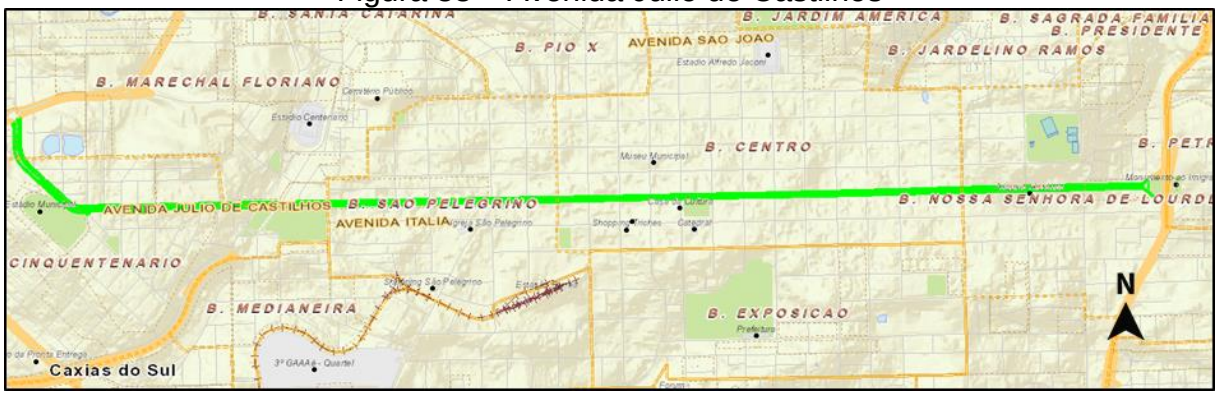
3.2.1 Análise das vias

Avenida Júlio de Castilhos

A avenida Júlio de Castilhos, antiga rua Grande ou ainda rua Silveira Martins, é o logradouro mais antigo da cidade e fazendo parte do Centro Histórico de Caxias do Sul (UEZ; CÉSAR; BISOL, 2012). Também é uma das mais extensas vias da cidade, com aproximadamente 5,2 quilômetros, ligando o bairro Cinquentenário, na região oeste, até o bairro Nossa Senhora de Lourdes, na região leste. A via inicia na região leste a Praça Abramo Eberle, com uma faixa de rodagem para cada sentido com divisão física, sob via calçada ao longo de toda sua extensão. Ela termina na rótula com a avenida Rubem Bento Alves. Em alguns pontos de conversão uma segunda faixa foi construída afim de evitar maiores congestionamentos.

Ao longo da via, destaca-se a concentração de comércio, principalmente na região central, onde ocorrem feiras que interrompem o trânsito e geram transtornos. A via abrange pontos históricos, como o Prataviera Shopping, o primeiro shopping da cidade (PRATAVIERA, 2017), o centenário hospital Pompéia, os colégios Madre Imilda e Cristóvão de Mendonza, além de limitar em sua face norte a principal praça da cidade, a Dante Alighieri. Por ser de via simples, caracteriza-se por ser um dos pontos mais críticos do centro da cidade. A Figura 38 apresenta o traçado da via, enquanto as Figuras 39 a 42 apresentam as suas diferentes configurações geométricas.

Figura 38 – Avenida Júlio de Castilhos

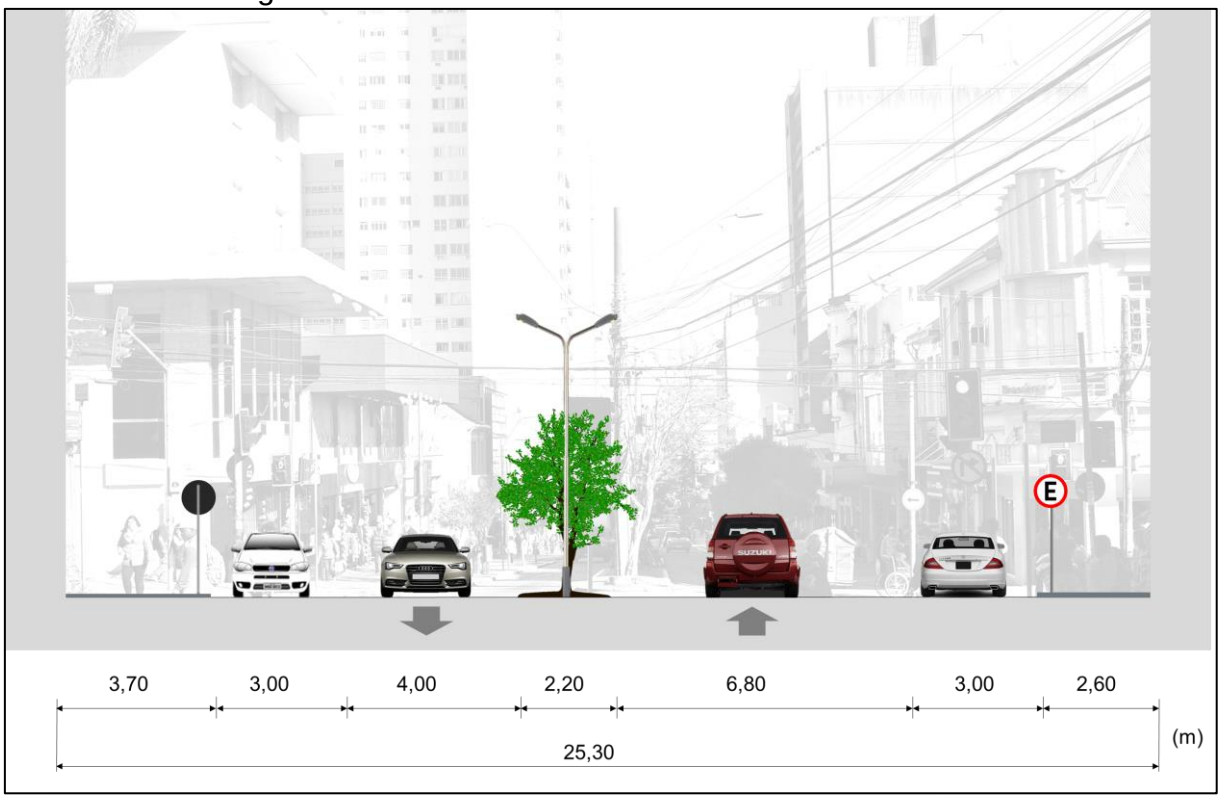


Fonte: adaptado de SEPLAN (2018).

Figura 39 – Avenida Júlio de Castilhos - Perfil atual I

Fonte: do autor.

Figura 40 – Avenida Júlio de Castilhos - Perfil atual II

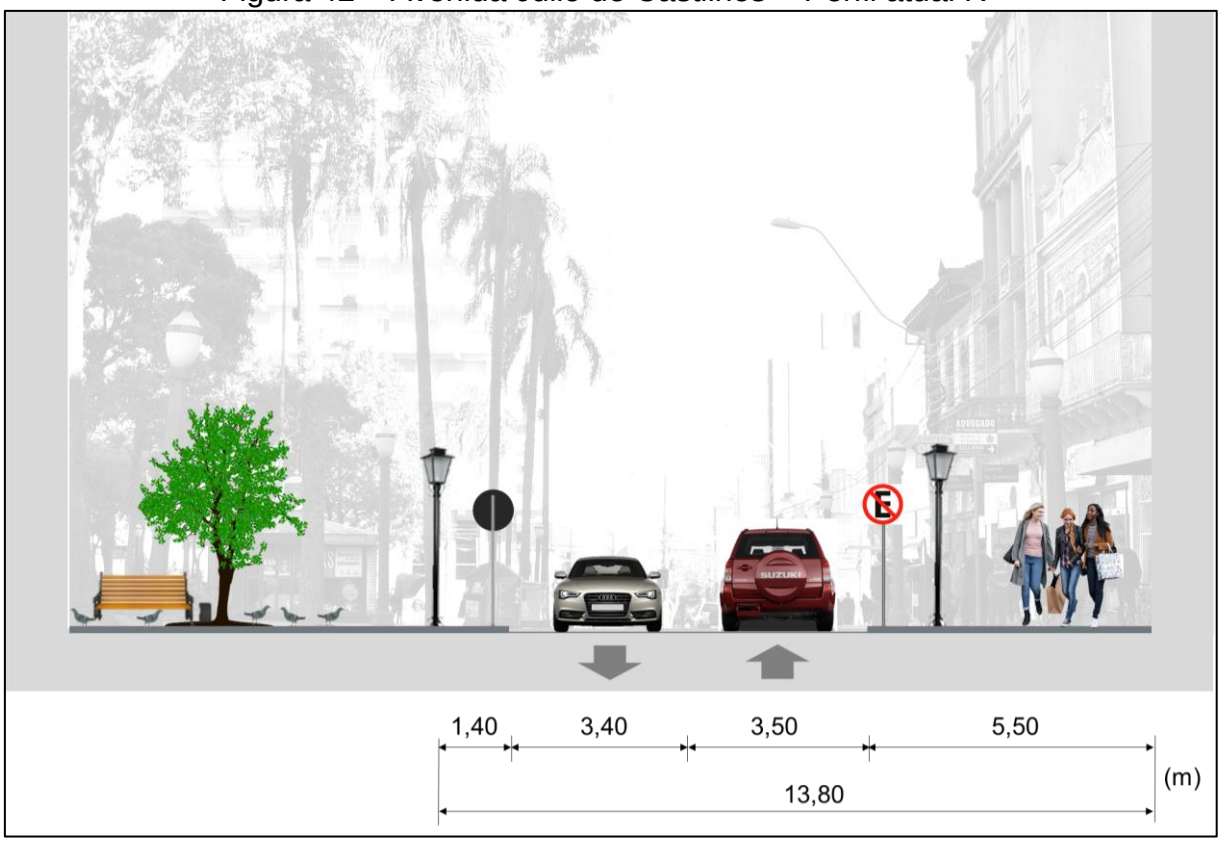


Fonte: do autor.

Figura 41 – Avenida Júlio de Castilhos - Perfil atual III

Fonte: do autor.

Figura 42 – Avenida Júlio de Castilhos - Perfil atual IV

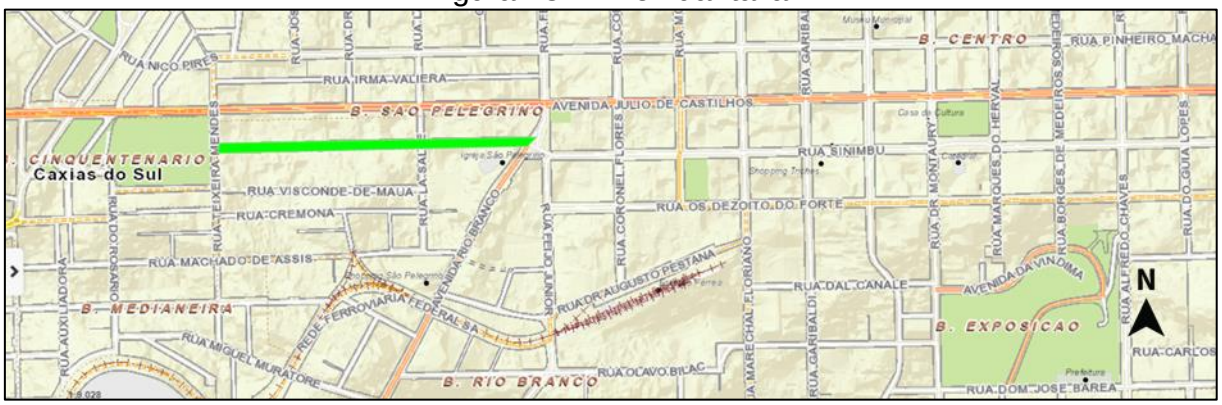


Fonte: do autor.

Avenidas Itália e Sinimbu

A avenida Itália possui 650 metros de extensão e está toda situada no bairro São Pelegrino. Ela inicia no cruzamento com a avenida Rio Branco e termina em frente ao Parque Cinquentenário na rua Teixeira Mendes, conforme Figura 43.

Figura 43 – Avenida Itália



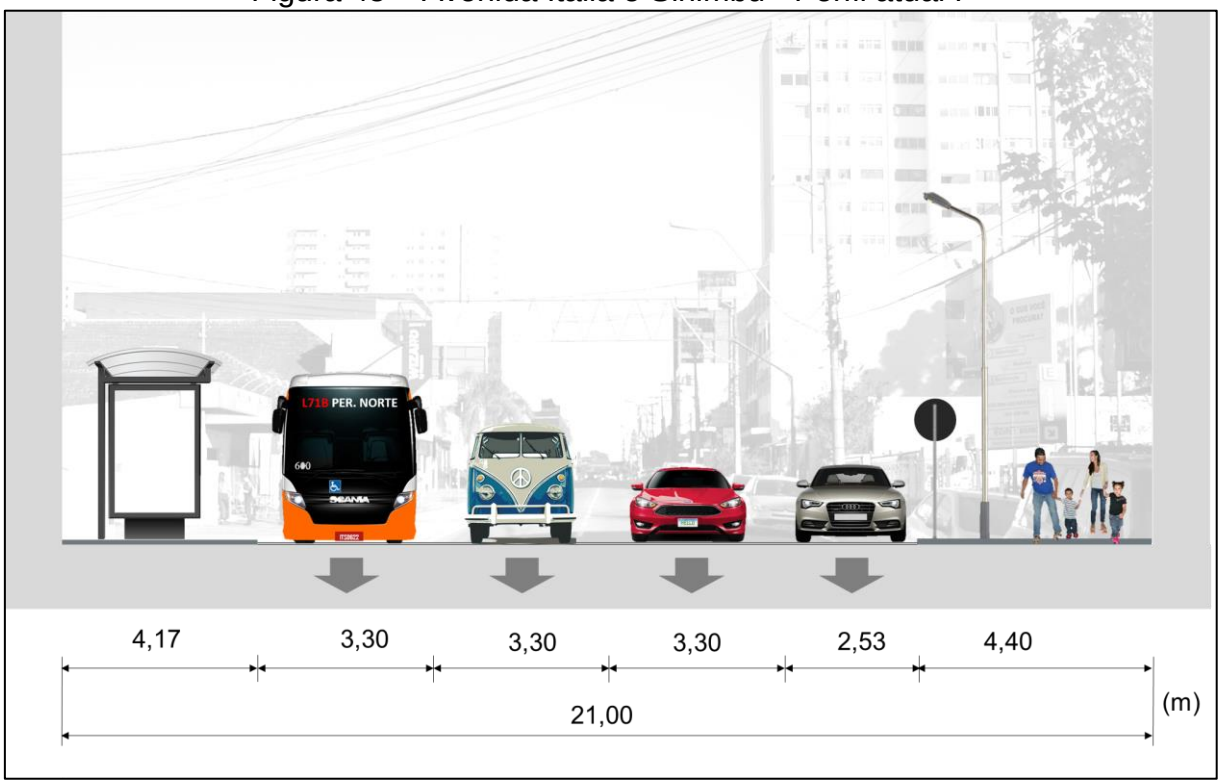
Fonte: adaptador de SEPLAN (2017).

Já a avenida Sinimbu tem direção paralela à avenida Júlio de Castilhos, e também abrange pontos históricos da cidade, além de apresentar problemas com congestionamentos. Dentre os pontos estão os prédios da antiga Metalúrgica Abramo Eberle, o acesso alternativo ao Prataviera Shopping, o histórico camelódromo, além de limitar na face sul a Praça Dante Alighieri. A avenida Sinimbu possui cerca de três quilômetros de extensão, iniciando no cruzamento com a BR-116 e finalizando no cruzamento com a avenida Rio Branco. A Figura 44 traz o traçado da avenida Sinimbu e as Figuras 45 e 46 apresentam as suas diferentes configurações geométricas.

Figura 44 – Avenida Sinimbu

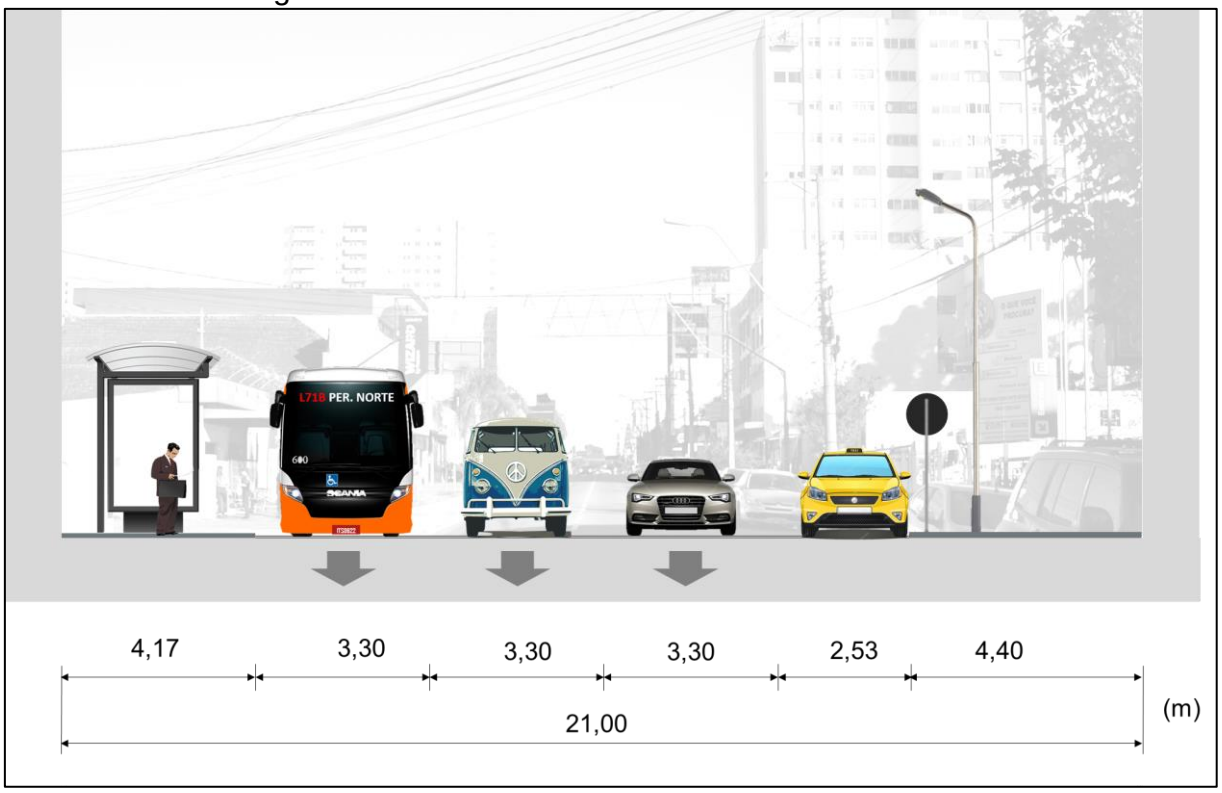
Fonte: adaptador de SEPLAN (2017).

Figura 45 – Avenida Itália e Sinimbu - Perfil atual I



Fonte: do autor.

Figura 46 – Avenida Itália e Sinimbu - Perfil atual II



Fonte: do autor.

3.2.2 Análise dos possíveis terminais

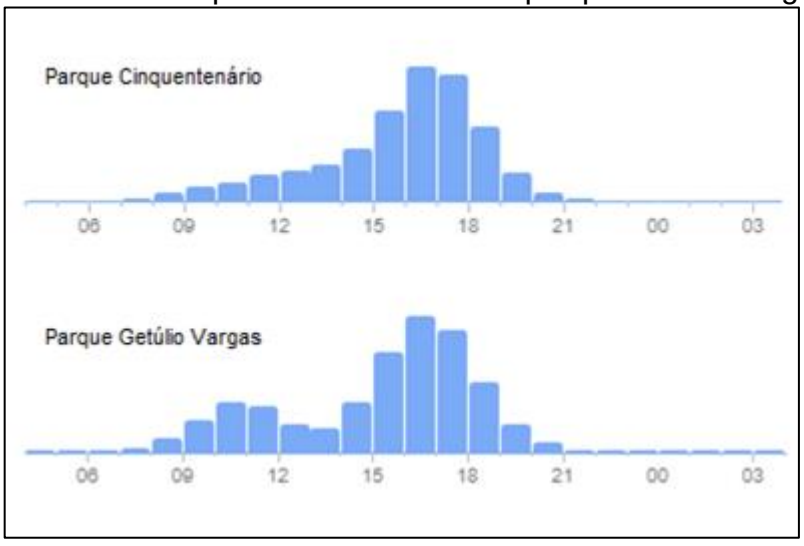
Praça Abramo Eberle

Situada em frente ao monumento do Imigrante, às margens da BR-116, a Praça Abramo Eberle leva em seu nome uma homenagem ao empresário brasileiro que atuou no setor metalúrgico na primeira metade do século XX (TISOTT, 2011). A praça que tem cerca de 4,3 mil m², representa o início da avenida Júlio de Castilhos, está situada próximo à EPI Imigrante e é um ponto histórico da cidade, sendo um cartão de visita de quem chega à cidade pela BR-116.

Parque Cinquentenário

O Parque Cinquentenário, com aproximadamente quarenta mil m² está todo situado no bairro de mesmo nome fazendo limite com o bairro São Pelegrino. Comparado a outros parques da cidade, é pouco movimentado durante as manhãs devido à violência local. A situação se agrava à medida que a população desocupa o parque. Ele que deveria estar sempre aberto, é fechado à noite por questão de segurança (MUGNOL, 2010). O Gráfico 2 apresenta os histogramas dos Parques Cinquentenário Getúlio Vargas, conhecido como Parque dos Macaquinhos, maior parque da cidade.

Gráfico 2 – Frequência de visitas aos parques no domingo

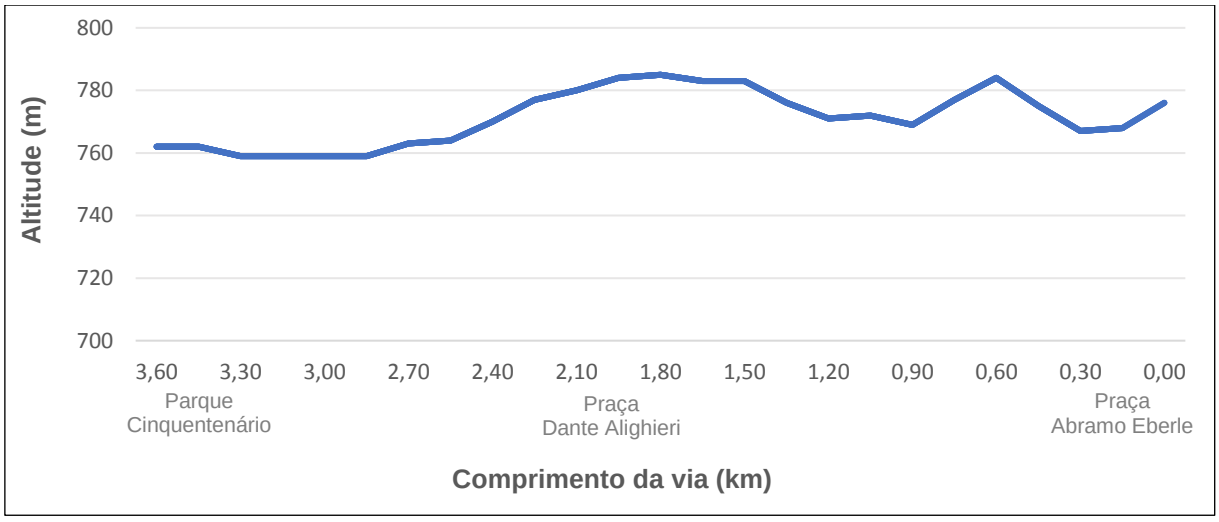


Fonte: Google (2017).

3.2.3 Parâmetros geométricos

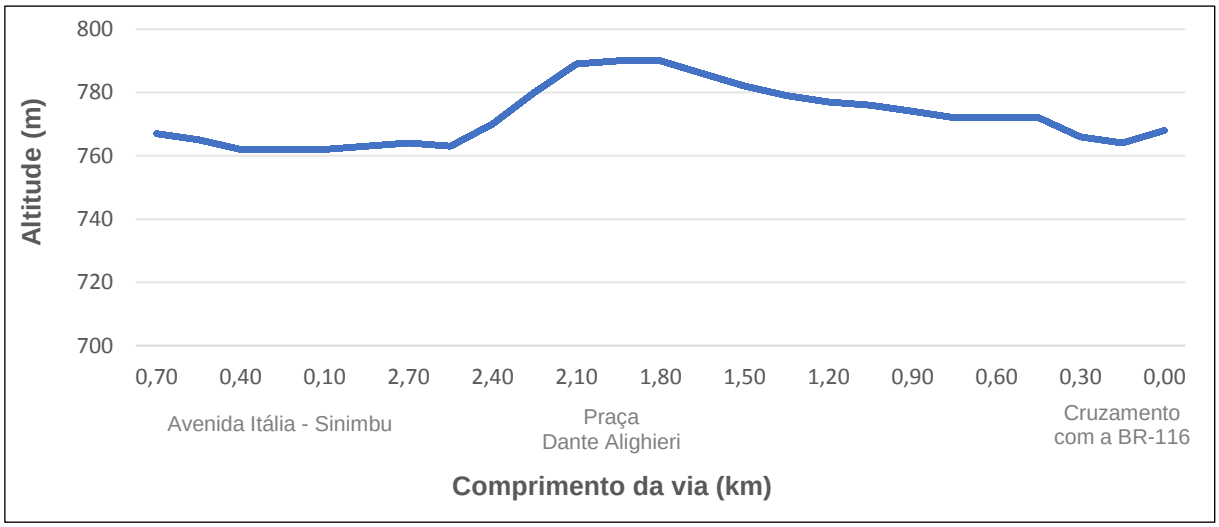
O Gráfico 3 representa a altimetria ao longo da avenida Júlio de Castilhos, iniciando no Parque Cinquentenário e finalizando na Praça Abramo Eberle, enquanto o Gráfico 4 representa a altimetria das avenidas Itália e Sinimbu, desde o Parque Cinquentenário, até o final da Sinimbu, no cruzamento com a BR-116. Ambas medidas foram obtidas a partir da leitura de mapas eletrônicos do Google (2018).

Gráfico 3 – Altimetria da avenida Júlio de Castilhos



Fonte: do autor.

Gráfico 4 – Altimetria das avenidas Itália e Sinimbu



Fonte: do autor.

A Tabela 1 apresenta os parâmetros geométricos das vias, tais como comprimento, larguras e greide, enquanto a Tabela 2 resume os parâmetros geométricos dos espaços físicos aos arredores das vias. Os dados foram obtidos através de medições em mapas eletrônicos do SEPLAN (2018) e conferidos *in loco* a partir de medições utilizando trena digital.

Tabela 1 – Parâmetros geométricos das vias

Avenida	Comprimento (km)	Largura mínima (m)	Largura máxima (m)	Rampa máxima (%)
Júlio de Castilhos	3,50	6,9	22,5	5,38
Itália	0,65	14,0	19,3	1,33
Sinimbu	2,95	17,8	33,4	5,71
Trecho completo	**7,10**	**6,9**	**33,4**	**5,71**

Fonte: do autor.

Tabela 2 – Parâmetros geométricos dos possíveis terminais

	Área (m²)	Raio de curvatura mínimo (m)	Raio de curvatura máximo (m)	Rampa máxima (%)
Pq. Cinquentenário	40000,0	28,1	38,0	0,3
Pç. Abramo Eberle	4300,0	25,0	42,9	0,1

Fonte: do autor.

Os valores apresentados nos Gráficos 3 e 4, bem como na Tabela 1, demonstram que a rampa máxima é de 5,71%, inferior ao valor máximo de 7%. Quanto às larguras, apresentadas na Tabela 1, potencializam a possibilidade de implantação do sistema. No caso de larguras menores, como a que ocorre na avenida Júlio de Castilhos, indicam previamente a inviabilidade de implantar o sistema junto a outros modais. Quanto aos possíveis terminais nos finais da linha, ambos são aptos a receber o sistema, atendendo aos requisitos tanto de raio mínimo dentro dos pátios de estacionamento, como a rampa máxima dentro deles.

É de suma importância a análise das vias, para verificar a possibilidade de implantação do sistema ao longo delas, e também de parques e espaços com potenciais para receber as instalações suplementares do sistema, tais como oficina, pátio e garagem. Na análise dos cenários, foi possível configurar e dimensionar as faixas de tráfego dos VLTs, das calçadas e outros elementos, a fim de verificar se atenderão ou não aos requisitos mencionados na bibliografia, no item 2.4.

3.3 CONTAGEM DE VOLUME DE TRÁFEGO

Definida a área de estudo, foram realizadas contagens do volume de tráfego nas vias a fim de obter a demanda que tem o potencial por optar pelo transporte público, no caso o VLT. Segundo o Manual de Estudo de Tráfego (2006), esta contagem visa obter, além da quantidade de veículos, o sentido e a composição do tráfego em determinados pontos pré-estabelecidos em um determinado período de tempo. Ainda segundo este manual, deve-se utilizar como postos de contagem volumétricas os trechos entre as interseções com as vias que interceptam, para analisar o fluxo da via, uma vez que a direção do VLT já está pré-definida.

3.3.1 Método

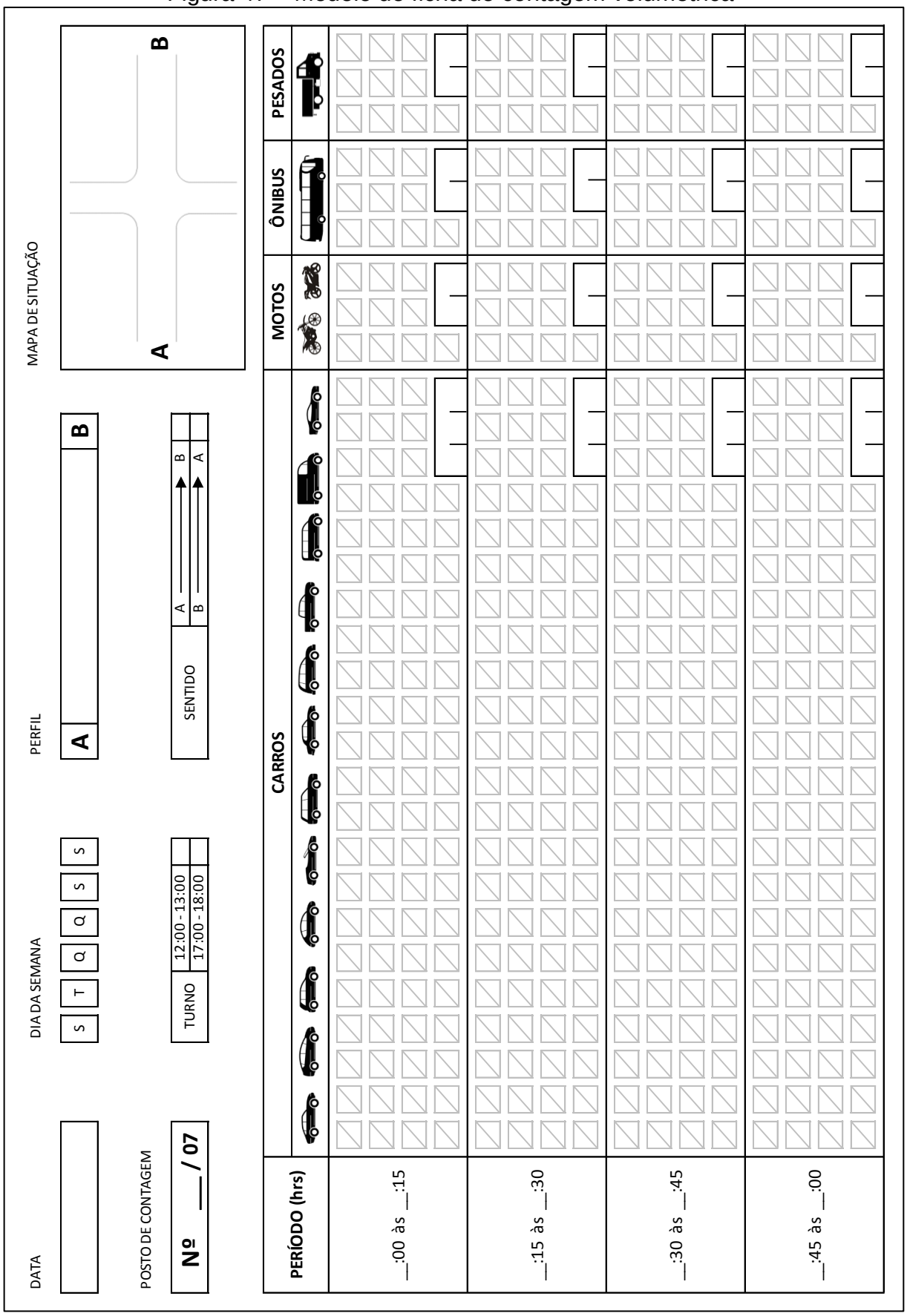
A contagem foi feita manualmente, com auxílio de fichas e de gravações de vídeo, a fim de realizar o levantamento em mais de um sentido com um só pesquisador, e com menor incidência de risco, uma vez que é possível verificação posterior dos dados. A desvantagem trazida pelo manual consiste da complexidade de instalar um equipamento de gravação, algo que com o avanço da tecnologia se torna relativamente simples e, favorece o uso deste método.

Segundo De Oliveira (2017, p. 49):

> (...) De acordo com as informações cedidas pela Secretaria Municipal de Trânsito, Transporte e Mobilidade (SMTTM) de Caxias do Sul, os principais horários são os de início, meio e fim de expediente, sendo assim, foram arbitrados dois horários para coleta de dados, entre 12hs e 13hs, e entre 17hs e 18hs. Segundo o Manual de Estudo de Tráfego (2016), a variação diária de tráfego pode ser analisada da seguinte forma: segundas-feiras apresentam um índice ligeiramente inferior à média semanal; terças, quartas e quintas-feiras tendem a se manter em valores semelhantes; as sextas-feiras apresentam os maiores volumes.

Foi utilizada a ficha apresentada na Figura 47, com base no modelo do DNIT (2006), apresentado no Anexo A. Esta ficha é indicada para baixo volume de tráfego, onde o pesquisador pode preencher facilmente, separando a contagem para cada sentido e intervalo de tempo.

Figura 47 – Modelo de ficha de contagem volumétrica



Fonte: adaptado de DNIT (2006).

3.3.2 Postos de contagem

Foram selecionados sete postos de contagem dentro da área de estudo para determinação da influência do transporte coletivo nessas áreas. Foram selecionados quatro postos ao longo da avenida Júlio de Castilhos, um posto na avenida Itália e dois postos ao longo da rua Sinimbu.

O procedimento foi feito de forma manual, preenchendo fichas de apoio com o pesquisador posicionado nos pontos pré-estabelecidos, e adotando um critério de grupamento de veículos conforme a sua operação, como por exemplo: automóveis, ônibus, motos e veículos pesados (DNIT,2006).

A escolha dos postos foi realizada com base em estudo anterior realizado por De Oliveira (2017), onde dois postos dentro da área de estudo já haviam sito estudados. Estes postos são denominados nesta pesquisa como postos seis e sete, ambos localizados na avenida Sinimbu, distanciados em cerca de 950 metros. Os outros foram determinados a partir da melhor distribuição, mantendo distâncias semelhantes e abrangendo a maior área de influência possível.

A disposição dos postos está apresentada na Figura 48, bem como estão destacados os possíveis terminais, no Parque Cinquentenário (à esquerda da figura) e a Praça Abramo Eberle (à direita da figura).

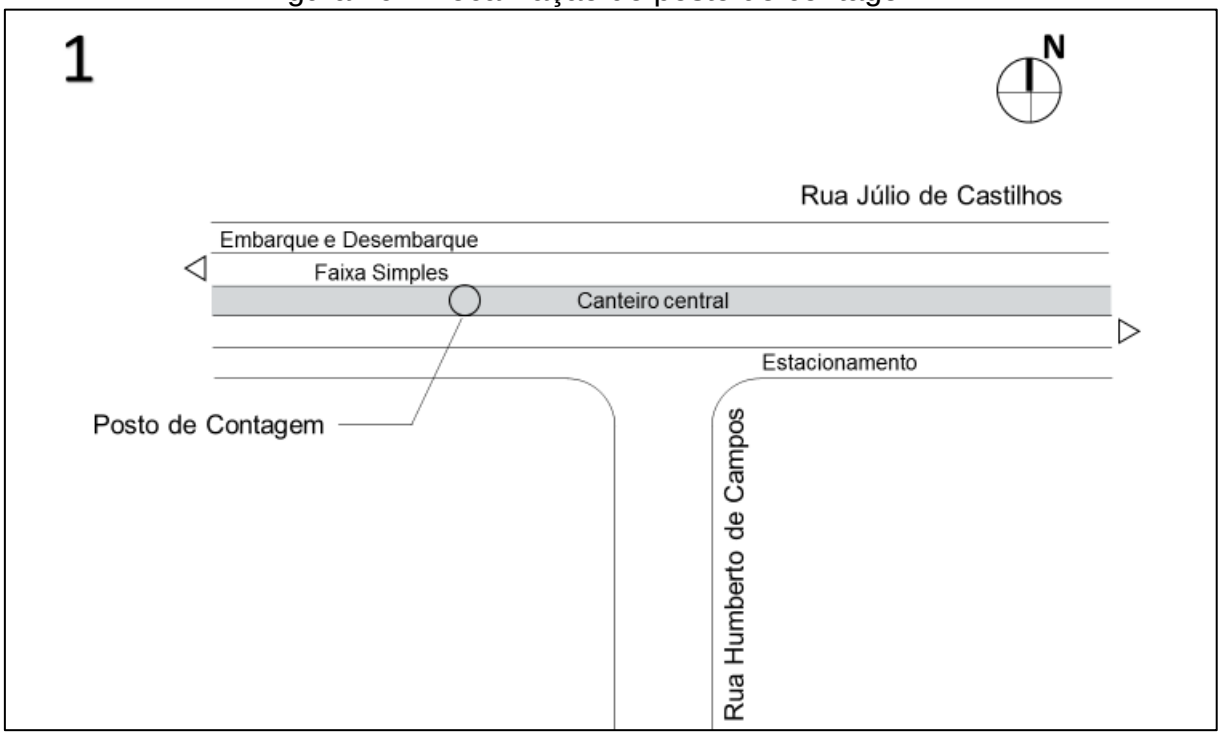
Figura 48 – Postos de contagem de tráfego

Fonte: adaptado de SEPLAN (2018).

Posto de contagem 1

O primeiro posto de contagem está localizado na avenida Júlio de Castilhos, situado próximo ao monumento do Imigrante, região leste da cidade. O posto está representado nas Figuras 49 e 50.

Figura 49 – Localização do posto de contagem 1



Fonte: do autor.

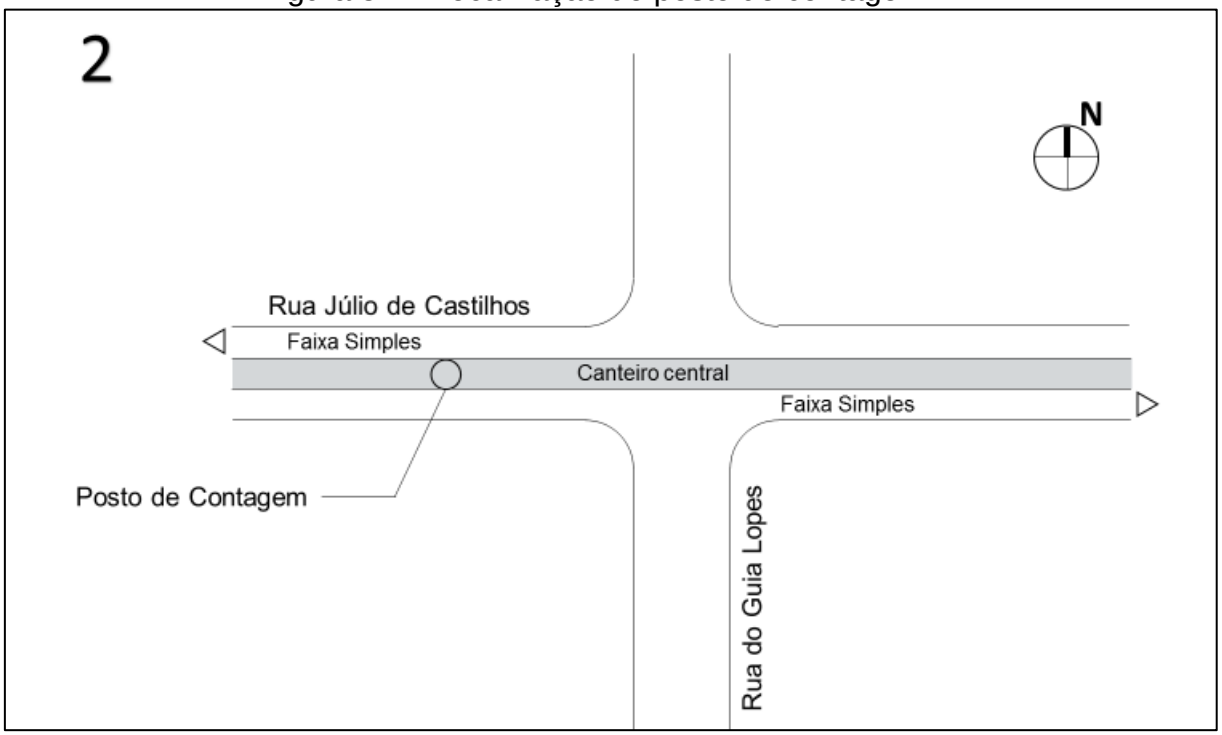
Figura 50 – Vista do posto de contagem 1

Fonte: do autor.

Posto de contagem 2

O segundo posto de contagem também está localizado na avenida Júlio de Castilhos, situado junto ao cruzamento com a rua do Guia Lopes. O posto está representado nas Figuras 51 e 52.

Figura 51 – Localização do posto de contagem 2



Fonte: do autor.

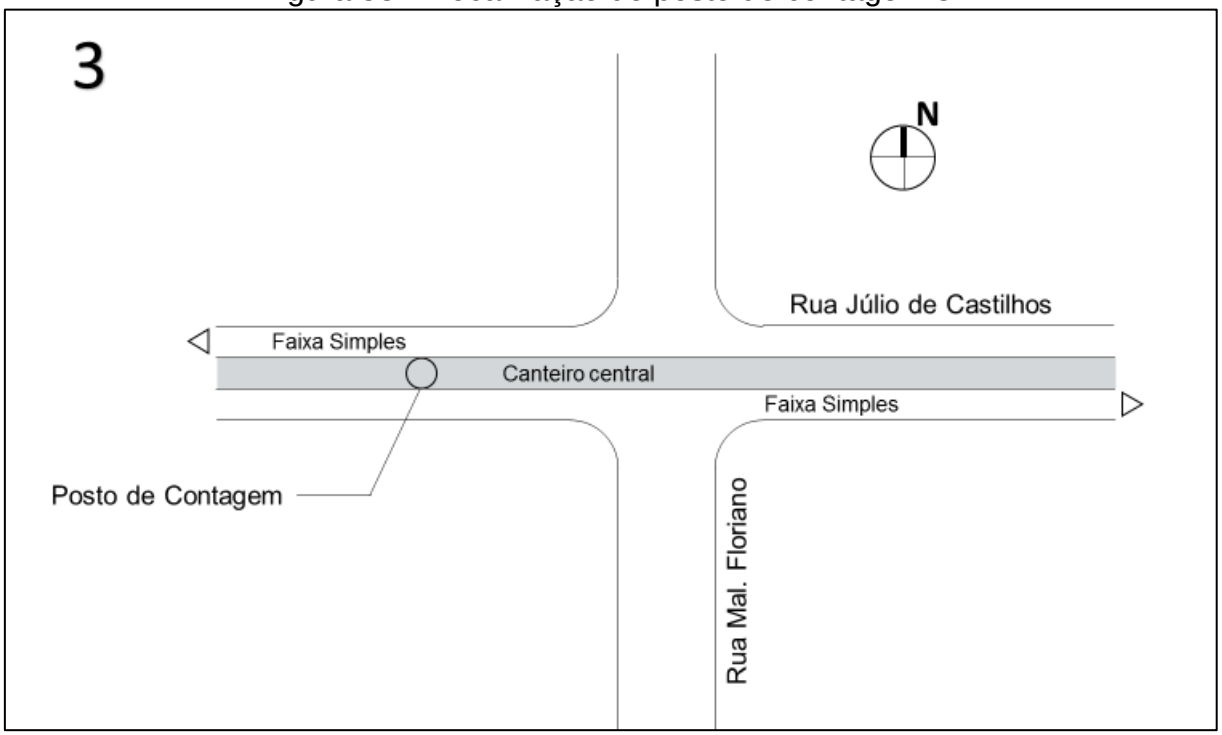
Figura 52 – Vista do posto de contagem 2

Fonte: do autor.

Posto de contagem 3

O posto de contagem 3, localizado na avenida Júlio de Castilhos, situado junto ao cruzamento com a rua Marechal Floriano. O posto está representado nas Figuras 53 e 54.

Figura 53 – Localização do posto de contagem 3



Fonte: do autor.

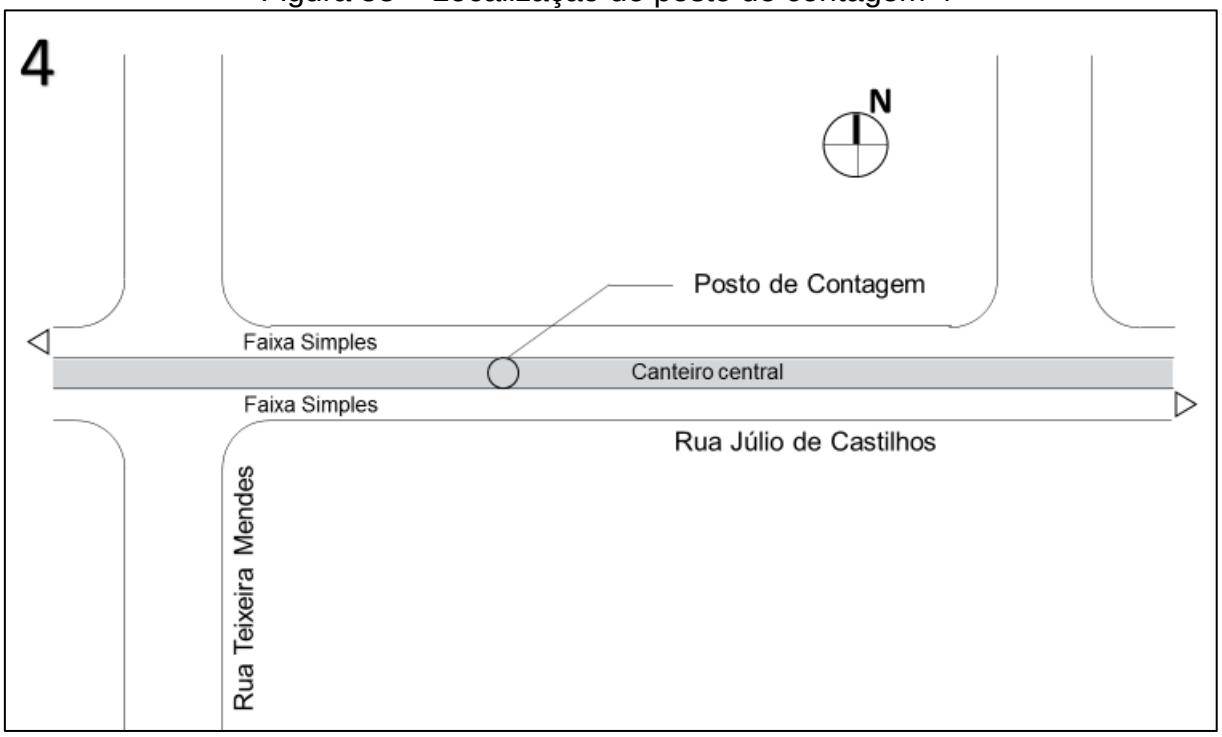
Figura 54 – Vista do posto de contagem 3

Fonte: do autor.

Posto de contagem 4

O posto de contagem 4, na avenida Júlio de Castilhos, situado junto ao cruzamento com a rua Marechal Floriano, está representado nas Figuras 55 e 56.

Figura 55 – Localização do posto de contagem 4



Fonte: do autor.

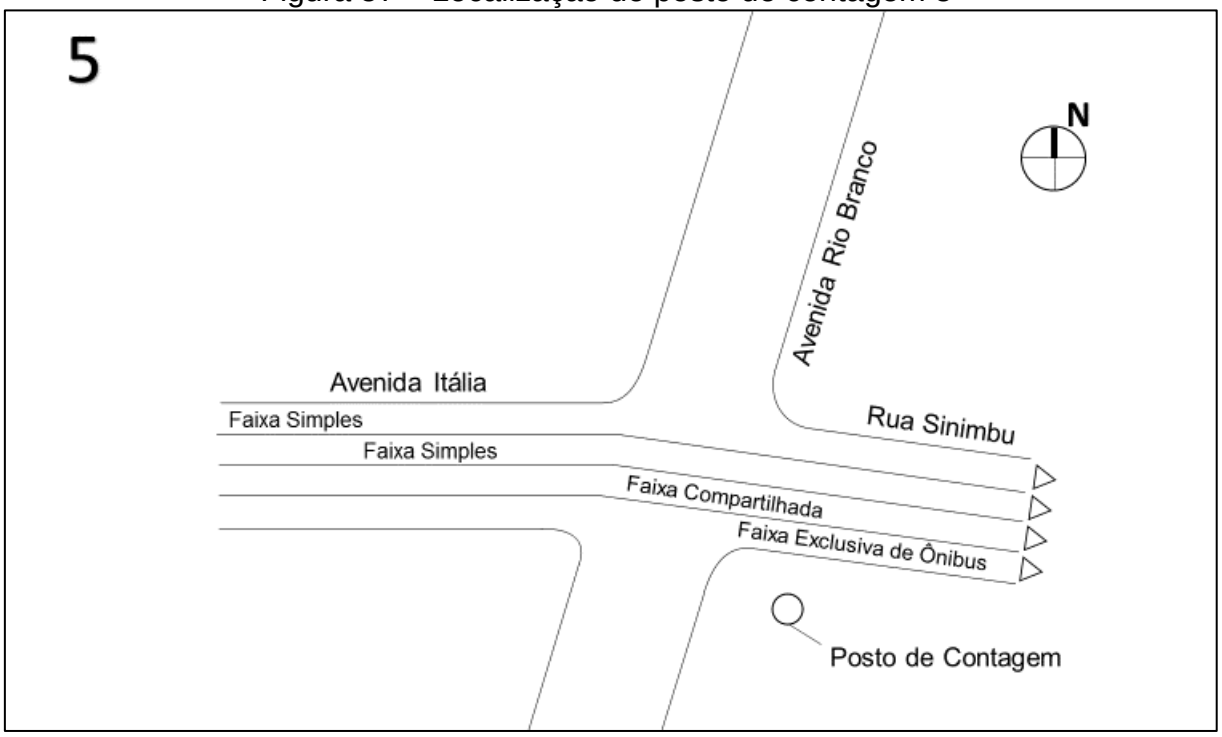
Figura 56 – Vista do posto de contagem 4

Fonte: do autor.

Posto de contagem 5

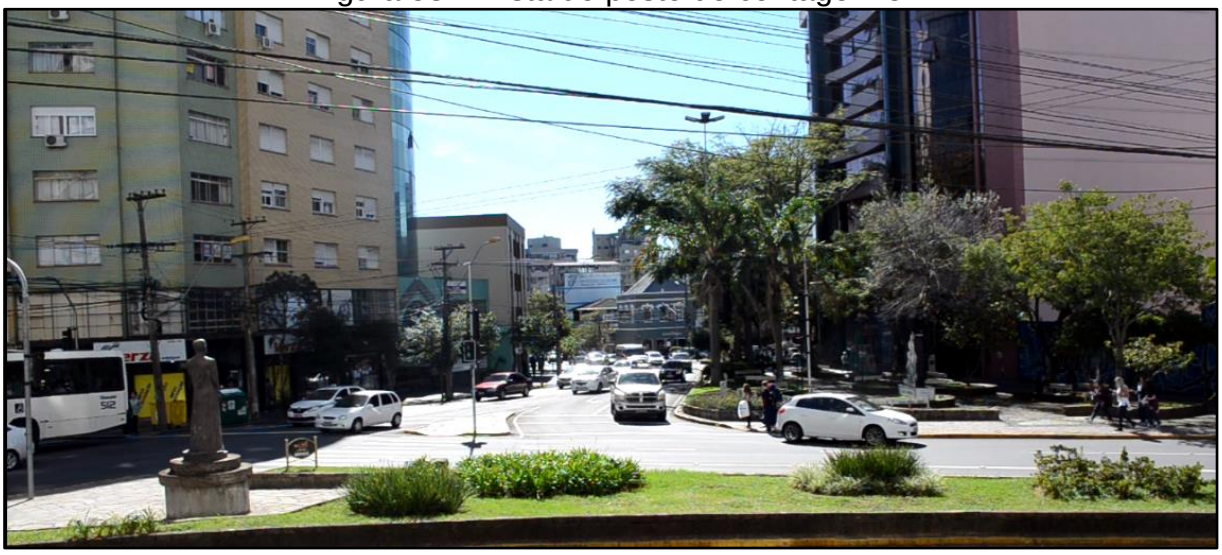
O posto de contagem 5, situado entre as avenidas Itália e Sinimbu, junto ao cruzamento com a avenida Rio Branco, está representado nas Figuras 57 e 58.

Figura 57 – Localização do posto de contagem 5



Fonte: do autor.

Figura 58 – Vista do posto de contagem 5

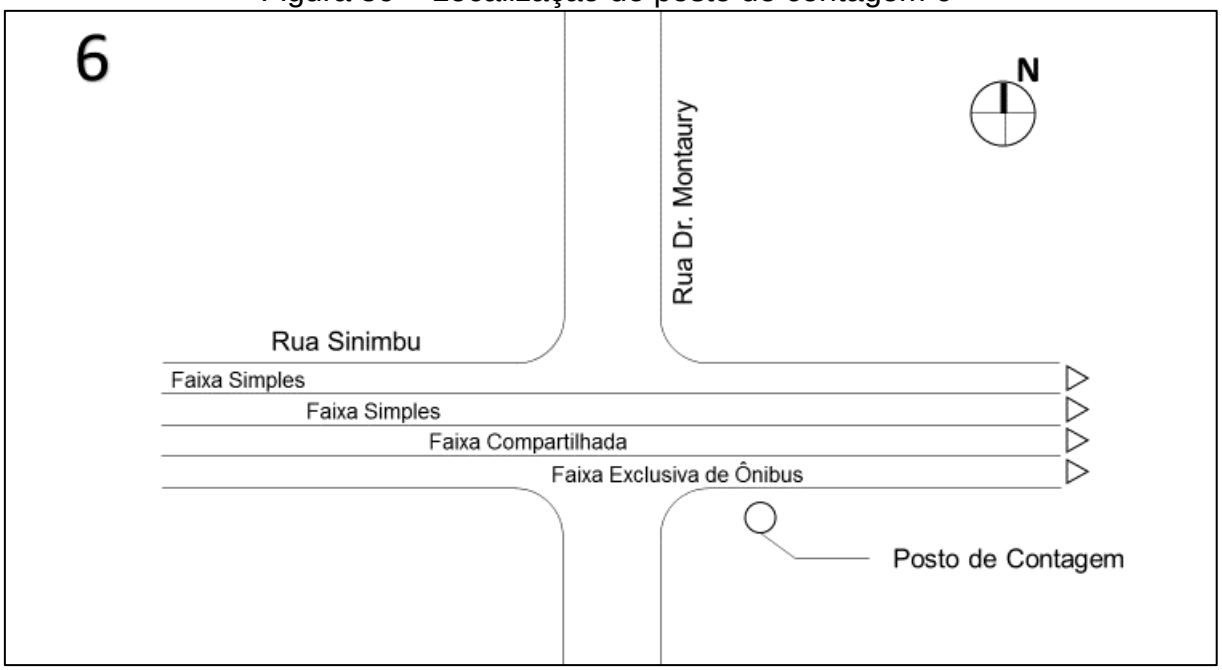


Fonte: do autor.

Posto de contagem 6

Este posto está localizado no cruzamento da avenida Sinimbu e a rua Dr. Montaury. Trata-se de um posto onde já foi realizada a contagem e a escolha desse se deve ao grande tráfego de ônibus que acessam a avenida Sinimbu (DE OLIVEIRA, 2017). O posto está representado nas Figuras 59 e 60.

Figura 59 – Localização do posto de contagem 6



Fonte: adaptado de De Oliveira (2017).

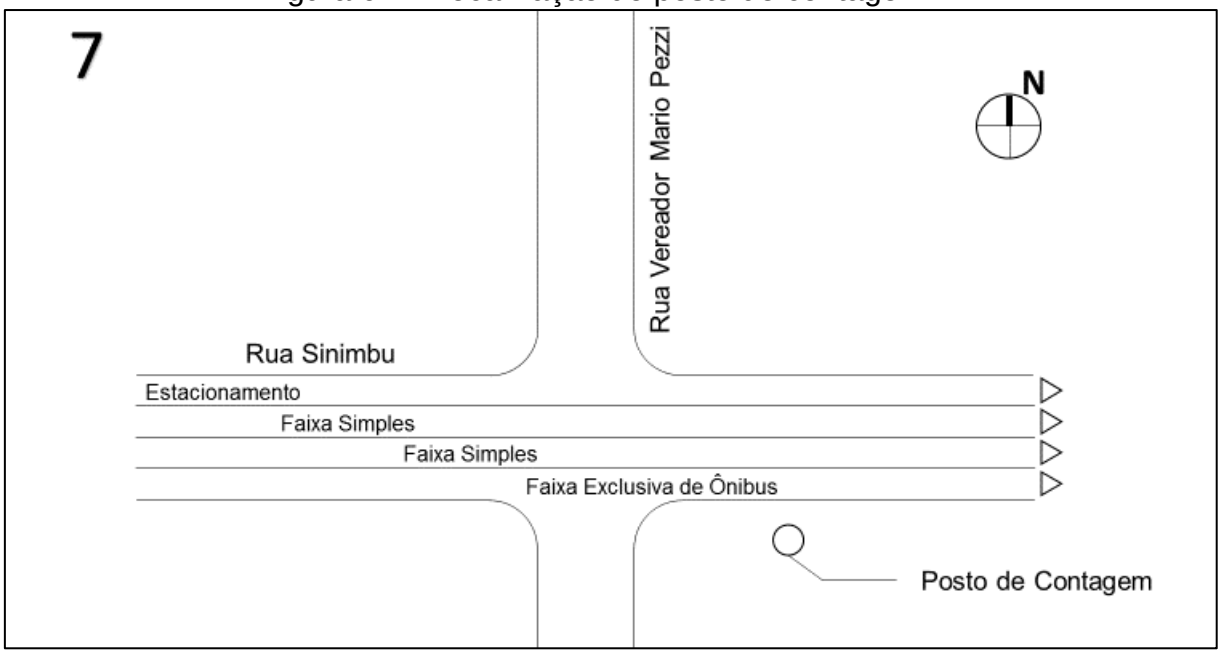
Figura 60 – Vista do posto de contagem 6

Fonte: De Oliveira (2017).

Posto de contagem 7

O posto de contagem 7 está localizado próximo ao cruzamento entre a avenida Sinimbu e Vereador Mário Pezzi, conforme Figura 61. Este é mais um posto onde a contagem volumétrica de tráfego já foi realizada, por De Oliveira (2017). Segundo o autor, esse posto foi escolhido pois fica próximo a uma das principais saídas para a BR 116. O posto está representado nas Figuras 61 e 62.

Figura 61 – Localização do posto de contagem 7



Fonte: adaptado de De Oliveira (2017).

Figura 62 – Vista do posto de contagem 7

Fonte: De Oliveira (2017).

3.3.3 Volume de tráfego equivalente

O volume de tráfego equivalente é utilizado para padronizar os veículos contabilizados nas vias, convertendo para efeito de cálculo as motos, ônibus e caminhões em Unidades de Carro de Passeio (UCP). Assim sendo, o volume de tráfego foi expresso em UCP, e é utilizado para compor o volume de tráfego de uma via em base única (CONTRAN, 2014).

Na Tabela 3 são apresentados os fatores de equivalência usualmente utilizados. A equivalência de veículos não previstos na tabela, tais como ônibus articulados, carretas e bicicletas, deve ser avaliada em estudos específicos.

Tabela 3 – Fator de equivalência para diferentes tipos de veículos

TIPO	FATOR DE EQUIVALÊNCIA
Automóvel	1,00
Moto	0,33
Ônibus	2,00
Caminhão	2,00

Fonte: adaptado de CONTRAN (2014).

3.3.4 Planejamento de contagem

No estudo foi adotado o método de contagem do manual número (1), conforme Quadro 1, com contagens ao longo de uma hora, realizadas entre às 9h e 18h, durante um dia de semana, com nível de precisão “D”. Os horários compreendidos foram os intervalos das 12h até 13h e das 17h até 18h, durante dois dias da semana.

A escolha desses dias se deu a partir de uma análise prévia das vias, sabendo que a segunda-feira apresenta o volume de tráfego mais baixo entre os dias da semana. Entre terça-feira e quinta-feira o volume de tráfego se mostra mediano, se intensificando na sexta-feira. Com isso, adotou-se a contagem obrigatória no dia de maior volume de tráfego, sexta-feira e outra contagem durante o tráfego média, na terça-feira.

Quadro 1 – Métodos manuais de contagem de volume

Método		Níveis de Precisão	Variações aceitáveis	Observações
(1)	- Contagem durante 1 hora - em um dia de semana - entre 9 a.m. e 6 p.m.	D	A contagem pode ser estendida	
(2)	- Contagem em um dia de semana, de 6 a.m. até 10 p.m.	C ou D		
(3)	- Contagem entre 6 a.m. e 10 p.m. de 5ª Feira até Domingo	C	Pode ser estendida para dias incluindo a 2ª feira	Para a semana use 5 x 5ª + Sábado + Domingo
(4)	Contagem entre 6 a.m. e 10 p.m. em 7 dias consecutivos	C		
(5) (6) (7) (8)	- Método (1) a (4) em 4 vezes - em intervalos de 3 meses - (usando para (1) e (2) diferentes horas e dias	C C B B	O número de vezes pode ser 2,3 ou 6 em vez de 4, alterando de forma semelhante o espaçamento	Calcule os totais de cada semana e então a média das 4 semanas

Fonte: adaptado de DNIT (2006).

O Quadro 2 apresenta o cronograma para as contagens finalizadas na segunda semana de maio. Foi feito uso de equipamento de gravação, possibilitando a contagem em mais de um sentido da via, por apenas um pesquisador. Houve uma modificação na contagem no meio da semana do posto 4, que foi transferido para semana anterior, evitando qualquer interferência no volume de tráfego causado pelo feriado prolongado do dia 1º de maio, na terça-feira.

Quadro 2 – Cronograma das contagens

Datas / Posto de contagem	Semana 15		Semana 16		Semana 17			Semana 18	Semana 19	
	terça-feira 10/abr	sexta-feira 13/abr	terça-feira 17/abr	sexta-feira 20/abr	terça-feira 24/abr	quarta-feira 25/abr	sexta-feira 27/abr	sexta-feira 04/mai	terça-feira 08/mai	sexta-feira 11/mai
Posto 1	X	X								
Posto 2			X	X						
Posto 3					X		X			
Posto 4						X		X		
Posto 5									X	X

Fonte: do autor.

3.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Os passos necessários para dimensionamento do sistema consistem na determinação dos pontos de parada, do intervalo de tempo em que o veículo irá passar na estação, da sua velocidade média e da escolha dos modelos a serem adotados, de acordo com sua capacidade.

Número de estações e pontos de parada (N)

O número total de estações e pontos de parada foi determinado com base na Equação 1, utilizando o comprimento total do traçado (D) dados pela Tabela 1 e a distância entre as paradas (d). Esta distância foi determinada com base em estudo de caso VLT Carioca, onde a distância média entre paradas é de quatrocentos metros.

Esta equação, porém, determina a quantidade de trechos entre paradas. Quando o traçado não for circular, para encontrar o número de estações e pontos de parada para atender a esses intervalos, foi necessário considerar os dois terminais, um em cada extremo. A distribuição dos pontos de parada foi realizada conforme a conveniência do projeto, podendo a distância variar para mais ou para menos.

Para determinação de quais pontos de parada se tornarão na realidade estações, além dos terminais, foi tomada uma decisão técnica baseada nos pontos de maior relevância, como hospitais e centros universitários.

$$\mathrm{N} = \frac{\mathrm{D}}{\mathrm{d}} \qquad (1)$$

Onde:

D = comprimento do trecho;

d = distância entre as paradas.

Tempo de intervalo (T)

Este valor é composto pelo tempo que o veículo necessitaria para percorrer todo o trajeto ($\mathrm{T_t}$), somado com o tempo necessário para embarque e desembarque em todas as estações e pontos de parada depois da partida no terminal ($\mathrm{T_p}$), conforme Equação 2.

$$\mathrm{T} = \mathrm{T_t} + \mathrm{T_p} \tag{2}$$

Onde:

$\mathrm{T_t}$ = tempo de trajeto;

$\mathrm{T_p}$ = tempo total de parada.

O tempo para percorrer o trajeto (T_t) foi determinado a partir do comprimento da via e a velocidade máxima permitida no trecho, conforme Equação 3.

$$T_t = \frac{\mathrm{D}}{v} \tag{3}$$

Onde:

D = comprimento do trecho;

v = velocidade permitida no trecho.

O número de paradas depois da partida nos terminais (n) representa quantas vezes o VLT irá parar ao longo do trajeto após a partida em um dos terminais. Este número é útil para calcular o tempo que o usuário deverá aguardar pelo outro veículo depois que este partiu, levando em consideração que no outro terminal o outro veículo também recém partiu.

$$\mathrm{n} = \mathrm{N} - 1 \tag{4}$$

Onde:

N = tempo em cada parada.

O tempo total das paradas (T_p) foi determinado a partir do número de paradas depois da partida do terminal (n) e do tempo em cada parada (t_p), de vinte segundos, o mesmo adotado do sistema do VLT da Baixada Santista.

$$T_p = n \times t_p \tag{5}$$

Onde:

n = número de paradas depois da partida do terminal;

t_p = tempo em cada parada.

A partir da manipulação das equações, obtém-se a Equação 6.

$$T = \left[\left(\frac{D}{v}\right) \times 60\right] + \left(\frac{n \times t_p}{60}\right) \tag{6}$$

Onde:

D = comprimento do trecho;

v = velocidade permitida no trecho;

n = número de paradas depois da partida do terminal;

t_p = tempo em cada parada.

No caso onde a velocidade máxima ao longo do trecho teve variações, foi necessário calcular a velocidade média máxima (v), utilizando a Equação 6, onde:

$$v = \frac{v_1 \times d_1 + v_2 \times d_2}{d_1 + d_2} \tag{7}$$

Onde:

v_1 = velocidade no primeiro trecho;

v_2 = velocidade no segundo trecho;

d_1 = distância do primeiro trecho;

d_2 = distância no segundo trecho.

Velocidade média (V_m)

Para a velocidade média no sistema ($\mathrm{V_m}$), utilizou-se a Equação 7.

$$\mathrm{V_m} = \frac{\mathrm{D}}{T_t} \tag{8}$$

Onde:

T_t = tempo de trajeto;

D = comprimento do trecho;

v = velocidade permitida no trecho.

Capacidade e modelo do VLT

Para determinar a capacidade que o sistema terá, foram utilizados os valores de UCP obtidos na contagem de tráfego, e convertidos para passageiros por hora. A partir do intervalo de tempo, é possível determinar quantas viagens por hora o VLT irá realizar, e então obter a capacidade necessária em cada uma delas.

A partir da determinação da quantidade máxima de passageiros para cada viagem foi possível determinar a capacidade requisitada, e a partir de então, determinar quais modelos apresentados no item 2.3 poderiam suprir a esta demanda. A Tabela 4 resume os intervalos de quantidade de passageiros recomendado para cada modelo.

Tabela 4 – Modelos e capacidades

Fabricante	**Modelos**	**Capacidade de passageiros**		
Alstom	*Citadis Compact*	-	-	139
	Citadis X05	142	-	319
	Citadis Spirit Light Rail Vehicle	175	-	340
Bom Sinal	*Mobile* 2	358	-	400
	Mobile 3	562	-	600
	Mobile 4	766	-	800

Fonte: do autor.

4 RESULTADOS

4.1 CONTAGEM DE TRÁGEGO

As contagens foram efetuadas *in loco*, nos dias e horários descritos na metodologia, e separadas de acordo com o sentido de tráfego atual. No momento da contagem, além da ficha apresentada na Figura 47.

Os resultados obtidos foram convertidos para UCP por hora, afim de obter uma padronização dos valores para então conseguir estipular a quantidade de passageiros transportados por hora.

4.1.1 Sentido leste-oeste

No sentido leste-oeste, tem-se apenas a avenida Júlio de Castilhos em pista simples. Os valores máximos absolutos para cada posto, dispostos em intervalos de quinze minutos, com seus respectivos totais, são apresentados nas Tabelas 5 a 8, enquanto as planilhas de contagem preenchidas estão dispostas no Apêndice A.

Posto de contagem 1

Tabela 5 – Posto de contagem 1

Posto de contagem			1			
Endereço:			Av. Júlio de Castilhos/Rua Humberto de Campos			
Dia:			13/04/2018		sexta-feira	
Turno:			17:00 - 18:00			
Hora:			**Carros**	**Motos**	**Ônibus**	**Pesados**
17:00	às	17:15	86	6	9	1
17:15	às	17:30	96	8	5	0
17:30	às	17:45	95	4	6	0
17:45	às	18:00	109	8	8	2
TOTAL			**386**	**26**	**28**	**3**

Fonte: do autor.

Posto de contagem 2

Tabela 6 – Posto de contagem 2

Posto de contagem			2			
Endereço:			Av. Júlio de Castilhos/Rua do Guia Lopes			
Dia:			20/04/2018		sexta-feira	
Turno:			17:00 - 18:00			
Hora:			**Carros**	**Motos**	**Ônibus**	**Pesados**
17:00	às	17:15	71	5	0	2
17:15	às	17:30	88	5	0	0
17:30	às	17:45	91	5	0	0
17:45	às	18:00	83	6	0	1
TOTAL			**333**	**21**	**0**	**3**

Fonte: do autor.

Posto de contagem 3

Tabela 7 – Posto de contagem 3

Posto de contagem			3			
Endereço:			Av. Júlio de Castilhos/Rua Mal. Floriano			
Dia:			24/04/2018		terça-feira	
Turno:			17:00 - 18:00			
Hora:			**Carros**	**Motos**	**Ônibus**	**Pesados**
17:00	às	17:15	75	11	0	0
17:15	às	17:30	85	15	0	0
17:30	às	17:45	80	18	0	0
17:45	às	18:00	92	19	0	0
TOTAL			**332**	**63**	**0**	**0**

Fonte: do autor.

Posto de contagem 4

Tabela 8 – Posto de contagem 4

Posto de contagem			4			
Endereço:			Av. Júlio de Castilhos/Rua Teixeira Mendes			
Dia:			04/05/2018		sexta-feira	
Turno:			17:00 - 18:00			
Hora:			**Carros**	**Motos**	**Ônibus**	**Pesados**
17:00	às	17:15	88	5	0	1
17:15	às	17:30	78	4	0	0
17:30	às	17:45	110	6	0	0
17:45	às	18:00	114	11	0	0
TOTAL			**390**	**26**	**0**	**1**

Fonte: do autor.

Utilizando a conversão com os fatores apresentados na Tabela 3, obtiveram-se os valores de UCP por faixa apresentados na Tabela 9.

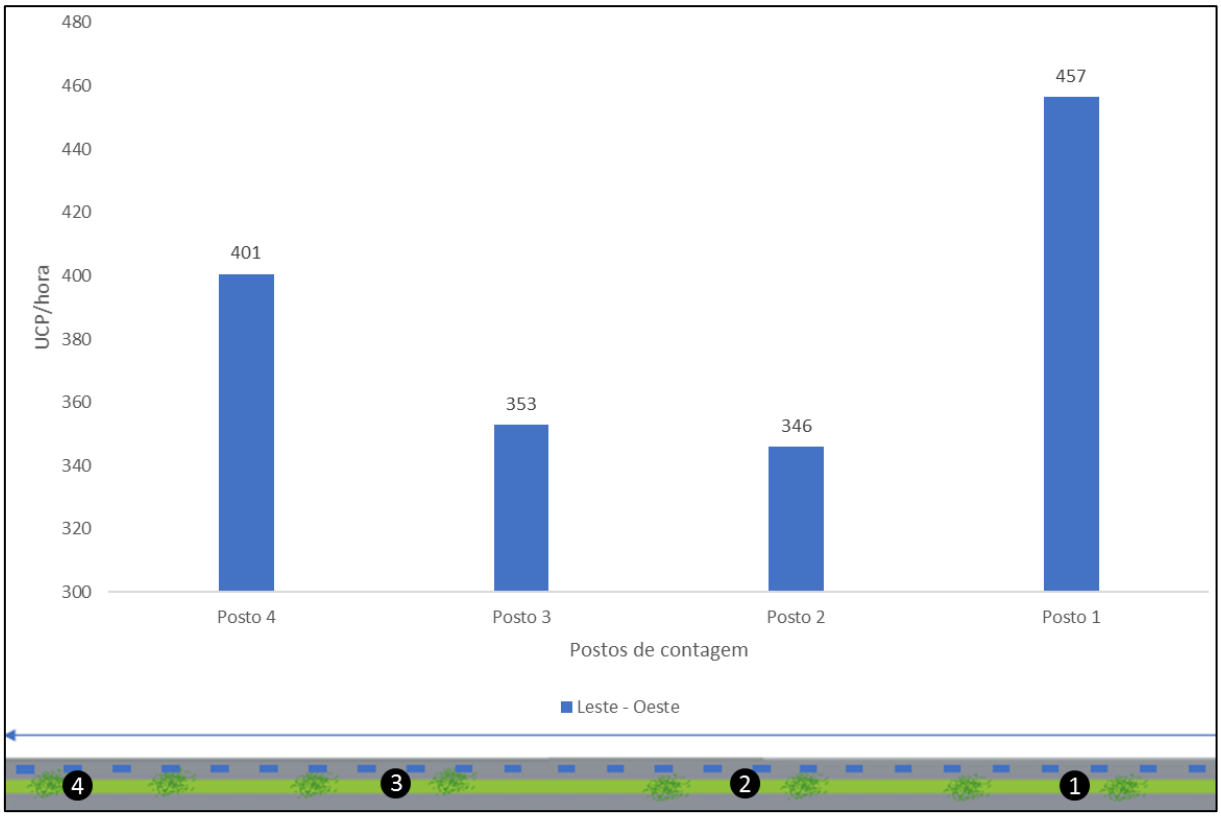
Tabela 9 – Resumo em UCP por faixa

Posto de contagem	Carros	Motos	Ônibus	Pesados	UCP	Nº de faixas	UCP por faixa
Posto 1	386	26	28	3	457	1	**457**
Posto 2	333	21	0	3	346	1	**346**
Posto 3	332	63	0	0	353	1	**353**
Posto 4	390	26	0	1	401	1	**401**

Fonte: do autor.

Apesar dos postos 1 e 4 apresentarem volumes de tráfego semelhantes, os valores para UCP são muito superiores no posto 1. Isto ocorre devido à grande presença de ônibus neste local, que depois passam a trafegar na via paralela, a rua Pinheiro Machado. O Gráfico 5 representa estes valores, evidenciando os postos com maior trânsito.

Gráfico 5 – Volume de UCP na avenida Júlio de Castilhos



Fonte: do autor.

4.1.2 Sentido oeste-leste

No sentido contrário, tem-se tanto a faixa simples da avenida Júlio de Castilhos, quanto as avenidas Sinimbu e Itália, com três faixas de tráfego cada. Além dos quatro postos de contagem da avenida Júlio de Castilhos, tem-se um posto entre as avenidas Itália e Sinimbu, e mais dois na avenida Sinimbu, sendo as contagens dos dois últimos já previamente realizadas por De Oliveira (2017). As Tabelas 10 a 16 demonstram os valores encontrados, bem como os Gráficos 6 e 7, que evidenciam os postos com maior trânsito. As planilhas de contagem preenchidas com os valores máximos estão dispostas no Apêndice B.

Posto de contagem 1

Tabela 10 – Posto de contagem 1

Posto de contagem			1			
Endereço:			Av. Júlio de Castilhos/Rua Humberto de Campos			
Dia:			13/04/2018		sexta-feira	
Turno:			17:00 - 18:00			
Hora:			**Carros**	**Motos**	**Ônibus**	**Pesados**
17:00	às	17:15	93	4	0	2
17:15	às	17:30	108	4	1	2
17:30	às	17:45	125	2	0	6
17:45	às	18:00	154	4	0	1
TOTAL			**480**	**14**	**1**	**11**

Fonte: do autor.

Posto de contagem 2

Tabela 11 – Posto de contagem 2

Posto de contagem			2			
Endereço:			Av. Júlio de Castilhos/Rua do Guia Lopes			
Dia:			17/04/2018		terça-feira	
Turno:			17:00 - 18:00			
Hora:			**Carros**	**Motos**	**Ônibus**	**Pesados**
17:00	às	17:15	65	6	0	3
17:15	às	17:30	70	9	0	2
17:30	às	17:45	80	10	0	1
17:45	às	18:00	93	8	0	0
TOTAL			**308**	**33**	**0**	**6**

Fonte: do autor.

Posto de contagem 3

Tabela 12 – Posto de contagem 3

Posto de contagem			3			
Endereço:			Av. Júlio de Castilhos/Rua Mal. Floriano			
Dia:			27/04/2018		sexta-feira	
Turno:			17:00 - 18:00			
Hora:			**Carros**	**Motos**	**Ônibus**	**Pesados**
17:00	às	17:15	100	17	0	0
17:15	às	17:30	92	15	0	1
17:30	às	17:45	84	14	0	0
17:45	às	18:00	94	25	0	1
TOTAL			**370**	**71**	**0**	**2**

Fonte: do autor.

Posto de contagem 4

Tabela 13 – Posto de contagem 4

Posto de contagem			4			
Endereço:			Av. Júlio de Castilhos/Rua Teixeira Mendes			
Dia:			04/05/2018		sexta-feira	
Turno:			17:00 - 18:00			
Hora:			**Carros**	**Motos**	**Ônibus**	**Pesados**
17:00	às	17:15	77	8	0	1
17:15	às	17:30	112	3	0	0
17:30	às	17:45	138	8	0	0
17:45	às	18:00	133	3	0	0
TOTAL			**460**	**22**	**0**	**1**

Fonte: do autor.

Posto de contagem 5

Tabela 14 – Posto de contagem 5

Posto de contagem			5			
Endereço:			Sinimbu/Av. Rio Branco			
Dia:			11/05/2018		sexta-feira	
Turno:			17:00 - 18:00			
Hora:			**Carros**	**Motos**	**Ônibus**	**Pesados**
17:00	às	17:15	291	17	6	1
17:15	às	17:30	314	12	7	1
17:30	às	17:45	290	13	6	4
17:45	às	18:00	301	16	9	2
TOTAL			**1196**	**58**	**28**	**8**

Fonte: do autor.

Posto de contagem 6

Tabela 15 – Posto de contagem 6

Posto de contagem			6			
Endereço:			Sinimbu/Rua Dr. Montaury			
Dia:			21/07/2017		sexta-feira	
Turno:			18:00 19:00			
Hora:			**Carros**	**Motos**	**Ônibus**	**Pesados**
17:00	às	17:15	420	32	9	2
17:15	às	17:30	396	27	11	1
17:30	às	17:45	412	24	15	3
17:45	às	18:00	425	28	16	4
TOTAL			**1653**	**111**	**51**	**10**

Fonte: De Oliveira (2017).

Posto de contagem 7

Tabela 16 – Posto de contagem 7

Posto de contagem			7			
Endereço:			Sinimbu/Rua Ver. Mario Pezzi			
Dia:			14/07/2017		sexta-feira	
Turno:			17:00 - 18:00			
Hora:			**Carros**	**Motos**	**Ônibus**	**Pesados**
17:00	às	17:15	372	25	22	10
17:15	às	17:30	406	29	19	4
17:30	às	17:45	335	34	20	4
17:45	às	18:00	349	27	23	5
TOTAL			**1462**	**115**	**84**	**23**

Fonte: De Oliveira (2017).

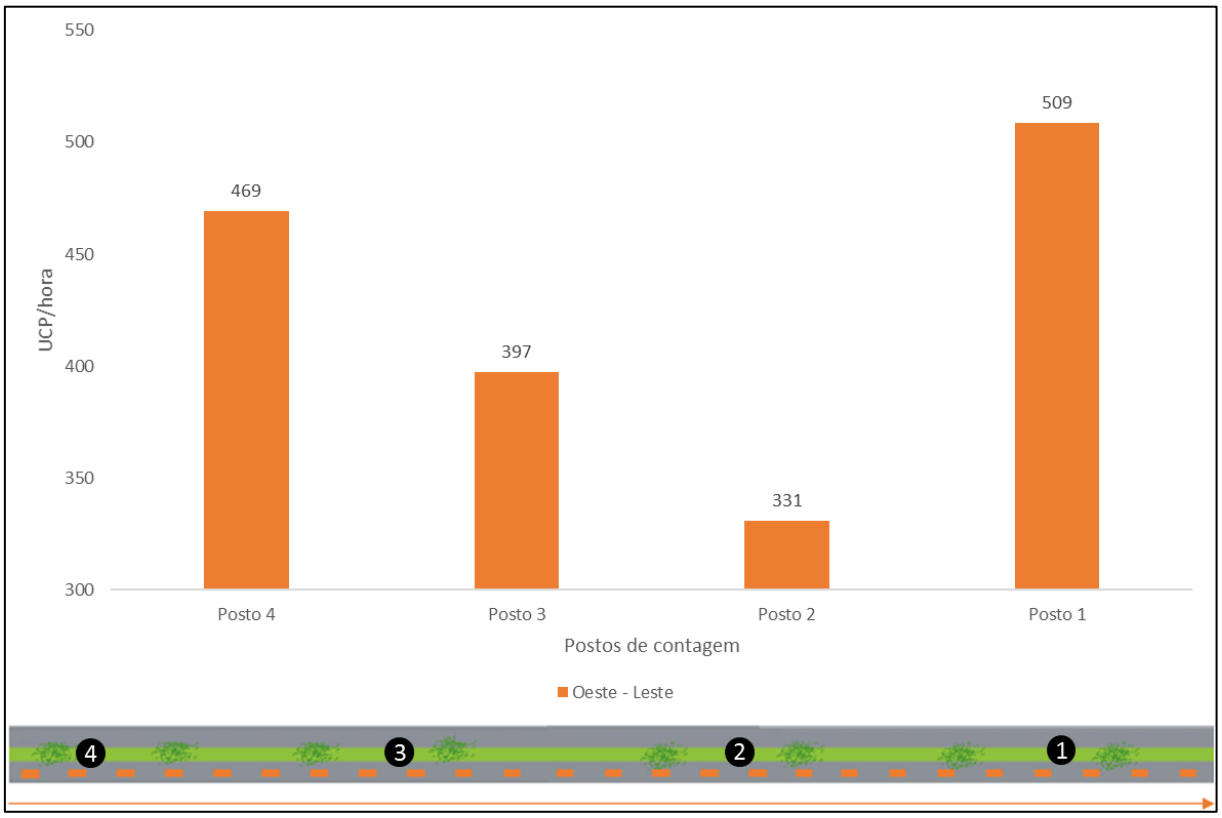
Utilizando os fatores de conversão da Tabela 3 , obtiveram-se os valores de UCP por faixa, apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 – Resumo em UCP por faixa

Posto de contagem	**Carros**	**Motos**	**Ônibus**	**Pesados**	**UCP**	**Nº de faixas**	**UCP por faixa**
Posto 1	480	14	1	11	509	1	**509**
Posto 2	308	33	0	6	331	1	**331**
Posto 3	370	71	0	2	397	1	**397**
Posto 4	460	22	0	1	469	1	**469**
Posto 5	1196	58	28	8	1287	3	**429**
Posto 6	1653	111	51	10	1812	3	**604**
Posto 7	1462	115	84	23	1714	3	**571**

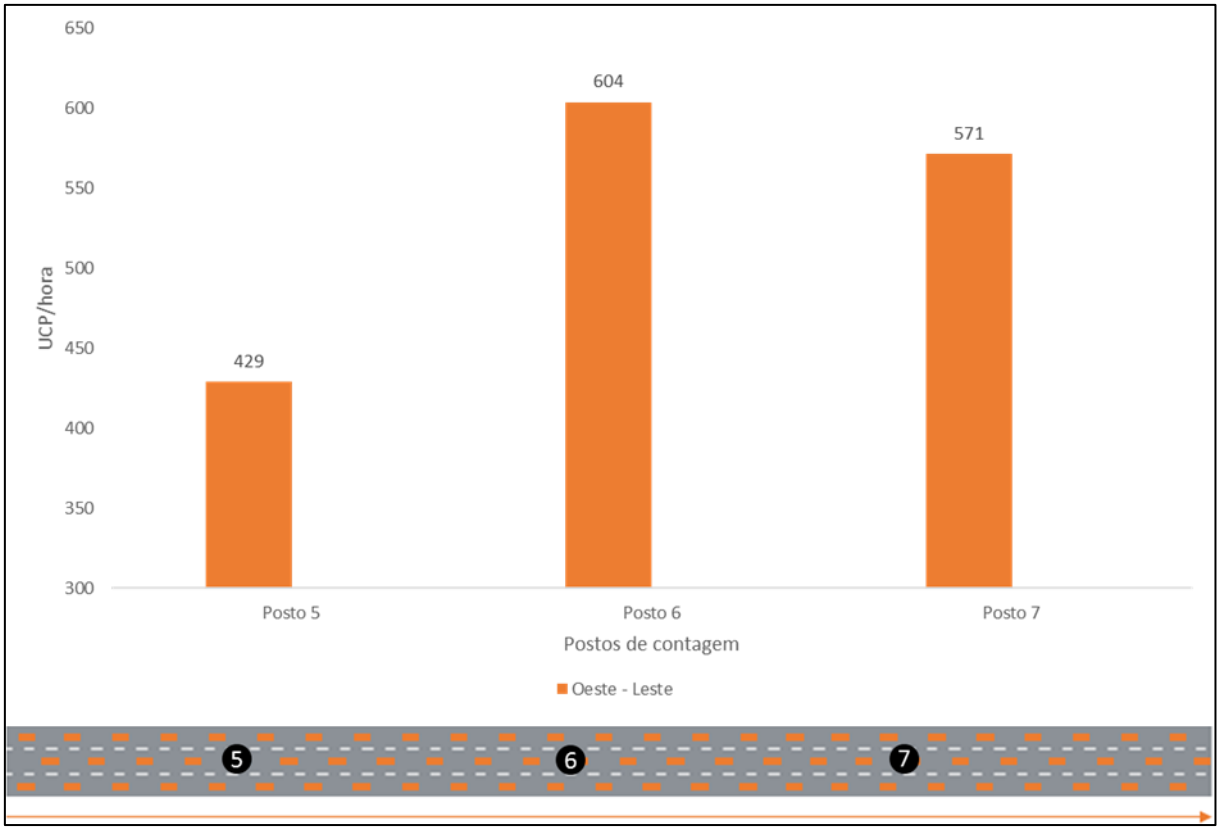
Fonte: do autor.

Gráfico 6 – Volume de UCP na avenida Júlio de Castilhos



Fonte: do autor.

Gráfico 7 – Volume de UCP nas avenidas Itália e Sinimbu



Fonte: do autor.

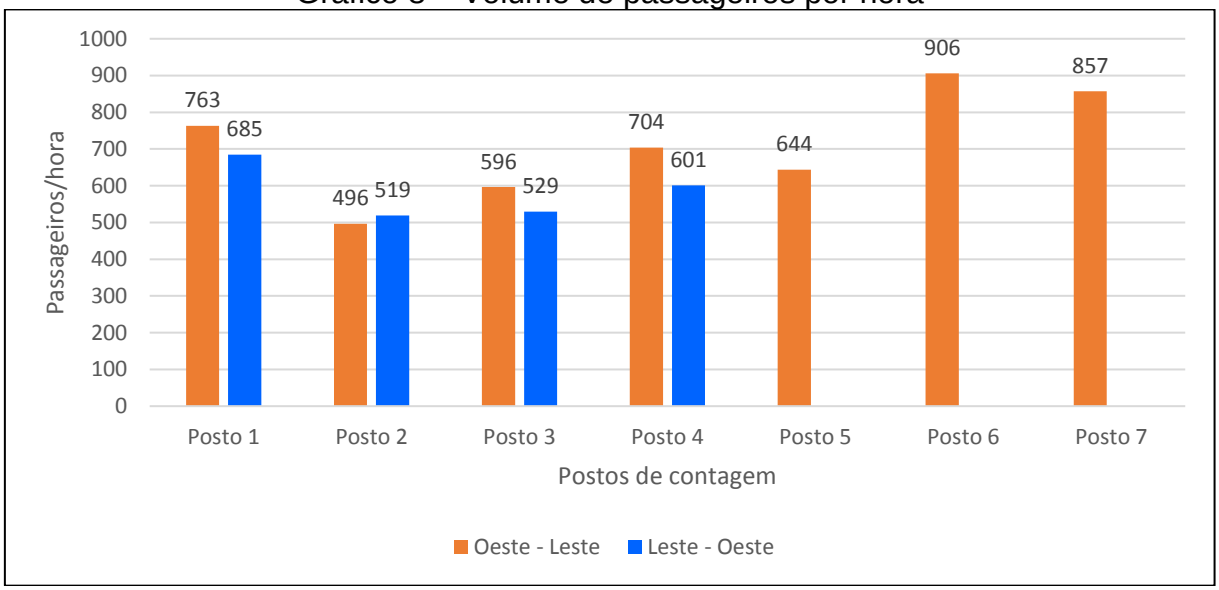
Para o dimensionamento do sistema, fez-se necessário encontrar o valor de demanda máxima a ser atendida pelo sistema VLT. Para isso, multiplicou-se os valores de UCP pela ocupação média de um carro de passeio, que é de 1,5 ocupantes por carro, segundo Vasconcellos (2012). A quantidade de passageiros transportada no sistema atual está apresentada na Tabela 18, e visualmente representada no Gráfico 8.

Tabela 18 – Cálculo da demanda de passageiros por hora

Leste-oeste			
Posto de contagem	UCP por faixa	Capacidade	Passageiros por hora
Posto 1	457	1,5	685
Posto 2	346	1,5	519
Posto 3	353	1,5	529
Posto 4	401	1,5	601
Oeste-leste			
Posto de contagem	UCP por faixa	Capacidade	Passageiros por hora
Posto 1	509	1,5	763
Posto 2	331	1,5	496
Posto 3	397	1,5	596
Posto 4	469	1,5	704
Posto 5	429	1,5	644
Posto 6	604	1,5	906
Posto 7	571	1,5	857

Fonte: do autor.

Gráfico 8 – Volume de passageiros por hora



Fonte: do autor.

4.2 DIMENSIONAMENTO DO VLT

4.2.1 Cenário I

O primeiro cenário prevê a implantação de duas vias singelas na avenida Júlio de Castilhos. O traçado será bidirecional e em linha reta, fato que limita o uso de um VLT por trilho. Dentro deste cenário são apresentadas configurações com via exclusiva e compartilhada. A Figura 63 representa o local de implantação do sistema. A Figura 64 representa graficamente a utilização deste sistema, com duas vias singelas isoladas por uma divisão física, enquanto os perfis do sistema do Cenário I estão apresentados Apêndice C.

Figura 63 – Traçado da linha

Fonte: adaptado de SEPLAN (2018).

Figura 64 – Modelo de sistema bidirecional

Fonte: UFU (2014).

Número de estações e pontos de parada (N)

O número total de estações e pontos de parada foram determinados pela Equação 1, que determina na realidade a quantidade de trechos entre paradas. Uma vez que o traçado não é circular, para encontrar o número de estações e pontos de parada para atender a esses intervalos, deve-se levar em consideração os pontos de parada nos terminais, que ficam nas extremidades da via. Para isso, após encontrar o número de trechos, deve-se somar um.

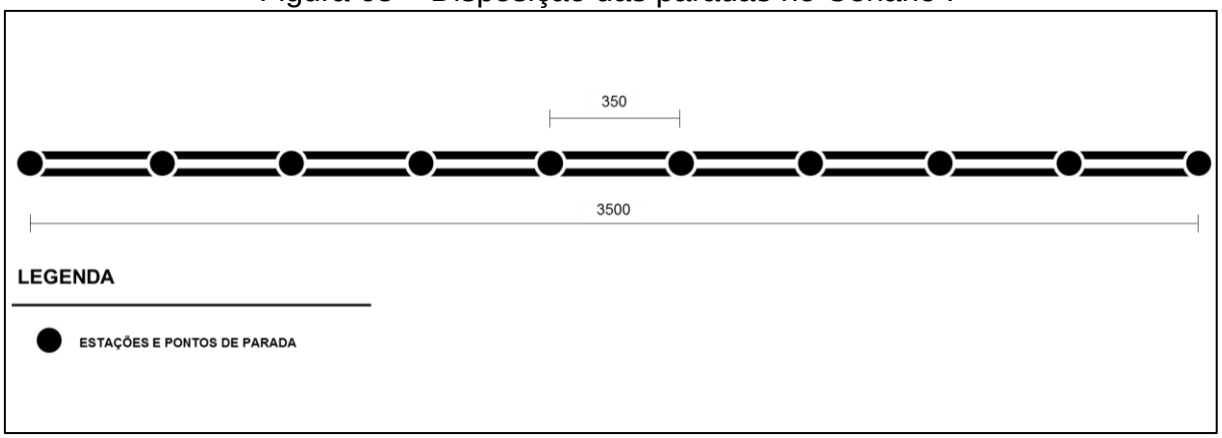
D = 3,50 km ou 3500 m;
d = 400 m.

$$N = \frac{3500m}{400m} + \tag{1}$$

$$\boldsymbol{N = 9,75 \cong 10\ paradas} \tag{1}$$

Ao distribuir os pontos de parada, a distância média entre cada um deles foi de 350 metros, conforme a Figura 65.

Figura 65 – Disposição das paradas no Cenário I



Fonte: do autor.

Determinação do intervalo (T)

$$\mathrm{n} = \ 10 - 1 = \mathbf{9\ paradas} \tag{4}$$

Nesse trecho, a velocidade é constante, pelo fato de todo o trecho estar inserido em um contexto de via compartilhada. O intervalo tempo se obtém a partir da Equação 5, onde:

D = 3,50 km;
v = 30 km/h;
n = 9 paradas;
t_p = 20 segundos.

$$\mathrm{T} = \ \left[\left(\frac{3{,}50}{30}\right) \times 60\right] + \left(\frac{9 \times 20}{60}\right) \tag{6}$$

$$\mathbf{T} = \ \mathbf{10\ minutos} \tag{6}$$

Determinação da velocidade média (V_m)

A velocidade média ($\mathrm{V_m}$) foi calculada pela Equação 8 levando em consideração o tempo total entre o trajeto e as paradas e a distância, onde:

D = 3,50 km;
T = 10 minutos ou 0,167 horas.

$$V_m = \frac{3{,}50\ km}{0{,}167\ hora} \tag{8}$$

$$v_m = \ \mathbf{21\ km/h} \tag{8}$$

Capacidade e modelo do VLT

Apesar do sistema estar situado apenas na avenida Júlio de Castilhos, utilizou-se os valores da contagem de todos os postos, com o objetivo atender a demanda das avenidas Itália e Sinimbu, aliviando o trânsito nestas vias. Uma vez que o sistema possui dois trilhos bidirecionais isolados, não será possível compartilhar o trilho com mais de um VLT, portanto, deve-se utilizar um VLT para cada um, com intervalo de dez minutos. Isso resulta em seis viagens por hora, conforme Tabela 19.

Tabela 19 – Cálculo da demanda de passageiros por viagem

Leste-Oeste				
Posto de contagem	Passageiros por hora	Intervalo (min)	Voltas por hora	Passageiros por volta
Posto 1	685	10	6	114
Posto 2	519	10	6	86
Posto 3	529	10	6	88
Posto 4	601	10	6	100
Oeste-leste				
Posto de contagem	Passageiros por hora	Intervalo (min)	Voltas por hora	Passageiros por volta
Posto 1	763	10	6	127
Posto 2	496	10	6	83
Posto 3	596	10	6	99
Posto 4	704	10	6	117
Posto 5	644	10	6	107
Posto 6	**906**	10	6	**151**
Posto 7	857	10	6	143

Fonte: do autor.

Considerando o maior resultado, de 906 passageiros por hora, e distribuindo entre seis viagens, obtém-se o total de 151 pessoas a serem transportadas em cada viagem. Logo, este valor também representa a capacidade mínima do veículo.

Dentre os modelos da Alstom encontram-se o modelo *Citadis Compact*, que transporta até 139 passageiros, capacidade inferior a demanda encontrada. No caso do *Citadis* X05, apenas a configuração com três carros (de 23,9 metros) não poderia suprir com esta demanda. Quanto ao *Citadis Spirit Light Rail Vehicle*, este é recomendado para demanda superior a 175 passageiros.

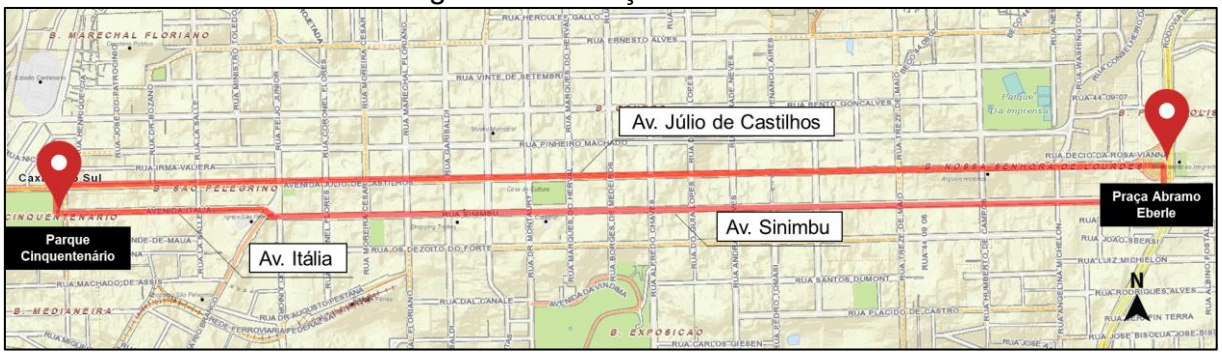
Para os modelos da Bom Sinal, todos apresentam capacidade superior à demanda encontrada. Porém a sua utilização é inviável, uma vez que possuem capacidades significativamente maiores que a demanda identificada.

4.2.2 Cenário II

Este cenário prevê a implantação do sistema em via singela em todas as avenidas estudadas, com traçado circular no sentido anti-horário, ou seja, trafegando do leste para o oeste pela avenida Júlio de Castilhos, e retornando pelas avenidas Itália e Sinimbu. Este sentido foi definido seguindo as recomendações técnicas de segurança viária, afim de evitar situação de contrafluxo nas avenidas Itália e Sinimbu.

Assim como no primeiro cenário, o Cenário II apresenta tanto a configuração com via exclusiva, como também com via compartilhada. A Figura 66 apresenta o local de implantação do sistema, enquanto a Figura 67 apresenta um modelo desse sistema. Os perfis deste cenário estão apresentados no Apêndice D.

Figura 66 – Traçado da linha



Fonte: adaptado de SEPLAN (2018).

Figura 67 – Modelo de sistema unidirecional

Fonte: UFU (2014).

Número de estações e pontos de parada (N)

O número total de estações e pontos de parada foram determinados pela Equação 1, que determina na realidade a quantidade de trechos entre paradas. Uma vez que o traçado não é circular, para encontrar o número de estações e pontos de parada para atender a esses intervalos, deve-se subtrair dois.

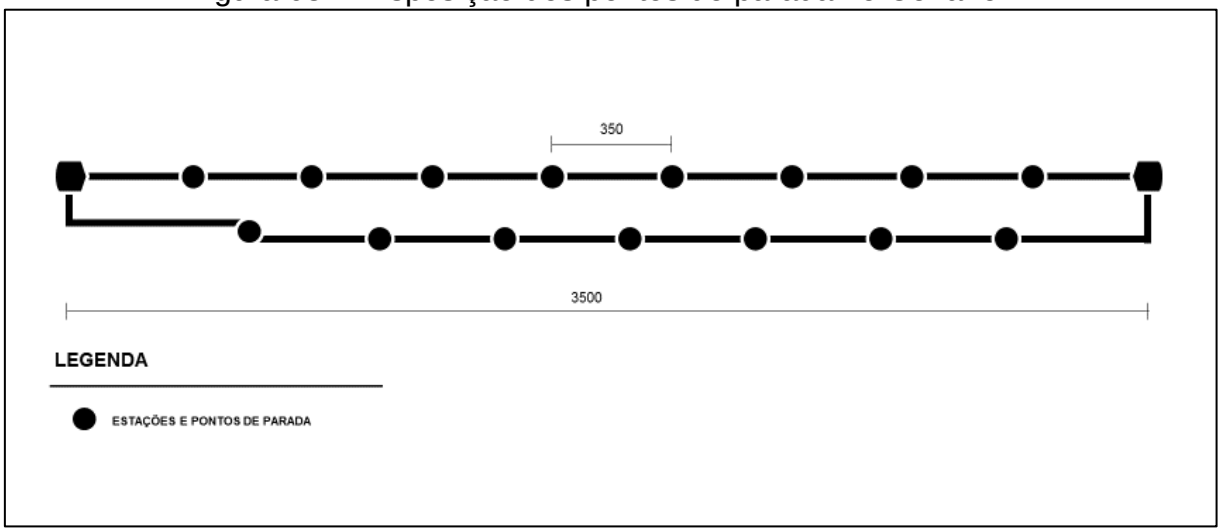
D = 3,50 km ou 3500 m;
d = 400 m.

$$N = \frac{7100m}{400m} \quad (1)$$

$$\boldsymbol{N = 17,75 \cong 18\, paradas} \quad (1)$$

Ao distribuir os pontos de parada mantendo uma distância aproximada a quatrocentos metros, obteve-se dezessete pontos de parada, conforme disposto na Figura 68.

Figura 68 – Disposição dos pontos de parada no Cenário II



Fonte: do autor.

Determinação do intervalo (T)

Nesse trecho, a velocidade máxima é variável, pelo fato de parte do percurso estar inserido em um contexto de via compartilhada, com a velocidade de 30 km/h, e no restante é de 50 km/h. Para isso, deve-se calcular a velocidade média no trecho (v_d), a partir da Equação 6, onde:

v_1 = 30 km/h;
v_2 = 50 km/h;
d_1 = 3,6 km;
d_2 = 3,5 km.

$$v_d = \frac{30 \times 3{,}6 + 50 \times 3{,}5}{7{,}1} \quad (7)$$

$$\boldsymbol{v_d = 39{,}86 \cong 40\ km/h} \quad (7)$$

O intervalo tempo se obtém a partir da Equação 5, onde:

Onde:
N = 17 paradas.

$$\mathrm{n} = 17 - 1 = \mathbf{16\ paradas} \quad (4)$$

D = 7,1 km;
$\boldsymbol{v_d}$ = 40 km/h;
n = 16 paradas;
t_p = 20 segundos.

$$\mathrm{T} = \left[\left(\frac{7{,}10}{40}\right) \times 60\right] + \left(\frac{16 \times 20}{60}\right) \quad (6)$$

$$\mathbf{T = 15{,}98 \cong 16\ minutos} \quad (6)$$

Determinação da velocidade média (V_m)

A velocidade média (V_m) foi calculada pela Equação 8, levando em consideração o tempo total entre o trajeto e as paradas e a distância, onde:

D = 7,10 km;

T = 16 minutos ou 0,267 horas.

$$V_m = \frac{7{,}10\ km}{0{,}267\ hora} \tag{8}$$

$$\boldsymbol{v_m = 26{,}6\ km/h} \tag{8}$$

Capacidade e modelo do VLT

A partir do intervalo de tempo (T), é possível obter o número de voltas que este VLT irá percorrer em uma hora. Considerando a quantidade máxima de passageiros transportados por hora da Tabela 18, de 901 passageiros, obteve-se o volume de passageiros que o VLT deverá transportar em uma volta, ou seja, sua capacidade total. Este valor é alterado de acordo com quantos veículos a frota irá operar, bem como o tempo de espera na estação, conforme Tabela 20.

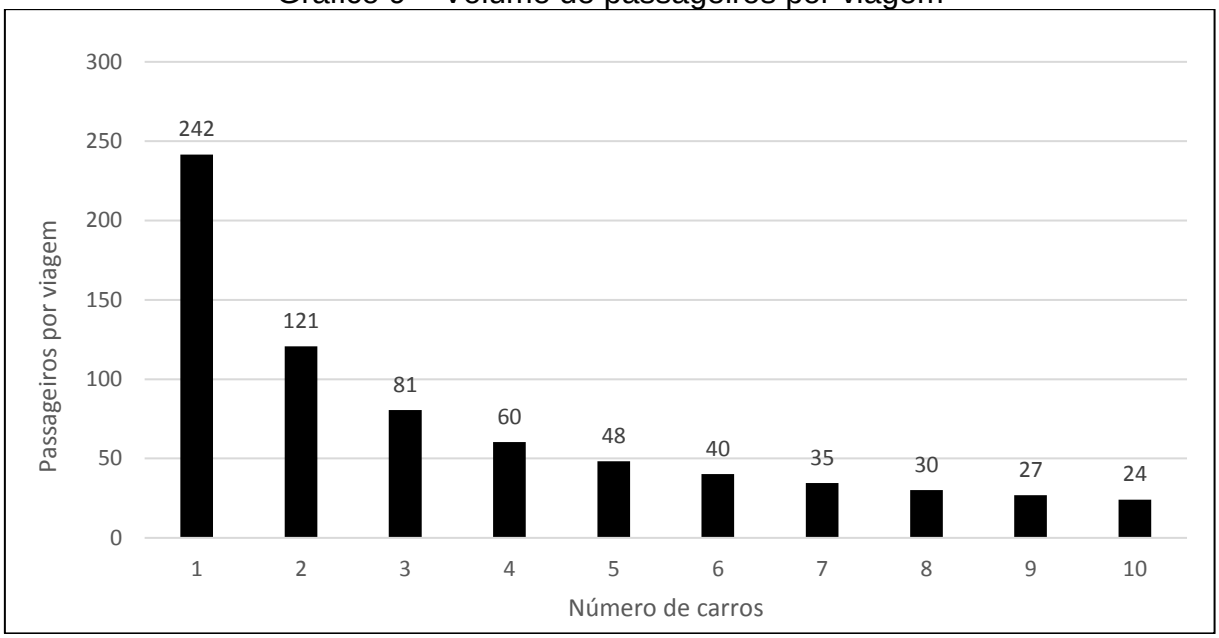
Tabela 20 – Intervalo de tempo x número de VLTs

Número de veículos	Voltas por hora	Passageiros por viagem	Tempo
1	4	242	16 minutos
2	8	121	8 minutos
3	11	81	5 minutos e 20 segundos
4	15	60	4 minutos
5	19	48	3 minutos e 12 segundos
6	23	40	2 minutos e 40 segundos
7	26	35	2 minutos e 17 segundos
8	30	30	2 minutos
9	34	27	1 minutos e 46 segundos
10	38	24	1 minutos e 36 segundos

Fonte: do autor.

O Gráfico 9 apresenta a quantidade de passageiros a ser transportada por viagem do VLT de acordo com o número de veículos operando na linha.

Gráfico 9 – Volume de passageiros por viagem



Fonte: do autor.

Uma vez que o traçado neste cenário é circular, se torna possível compartilhar o trilho com mais de um veículo. Porém, embora o aumento no número de veículos na linha torne o tempo de espera muito menor, conforme Tabela 20, se torna ineficiente a utilização de quaisquer dos modelos já apresentados, com capacidade muito superior à demanda. Em contrapartida se utilizado apenas um veículo com a capacidade próxima à demanda, de 242 passageiros, o tempo de espera entre os veículos na estação não se torna atrativo para o usuário.

Com vista à exequibilidade do estudo, optou-se por detalhar a opção com dois veículos na linha, com intervalo de oito minutos. Logo, a capacidade do veículo deve ser superior a 121 pessoas, potencializando o modelo *Citadis Compact* e as primeiras configurações do *Citadis* X05. No caso do *Citadis Spirit Light Rail Vehicle*, este é recomendado para demanda superior a 175 passageiros

Para os modelos da Bom Sinal, todos apresentam capacidade significativamente superior à demanda encontrada. A exemplo do que ocorreu no Cenário I, a utilização deste modelo se torna inviável. Além disso, o sistema pode ser redimensionado a qualquer momento para operar com mais ou menos veículos, de acordo com as mudanças da demanda.

4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Cada cenário proporciona vantagens e desvantagens de acordo com sua configuração, cabendo a escolha para aquele que for mais adequado em cada situação. O Cenário I apresentou um tempo de espera na estação de dez minutos, e velocidade média de 21 km/h, valores similares a outros projetos. O Cenário II por sua vez, apresentou um tempo de espera de oito minutos e velocidade média superior à 26 km/h. O traçado circular possibilita a inserção de mais veículos na via, tornando o tempo de espera ainda menor.

O Quadro 3 apresenta os dados operacionais dos cenários propostos das linhas de VLT em Caxias do Sul, onde algumas variáveis (configuração da via, largura da seção e velocidade) foram determinadas a partir da tipologia do sistema em cada cenário e outras como capacidade de passageiros, número de composições e tipo de alimentação definidas a partir de uma escolha técnica.

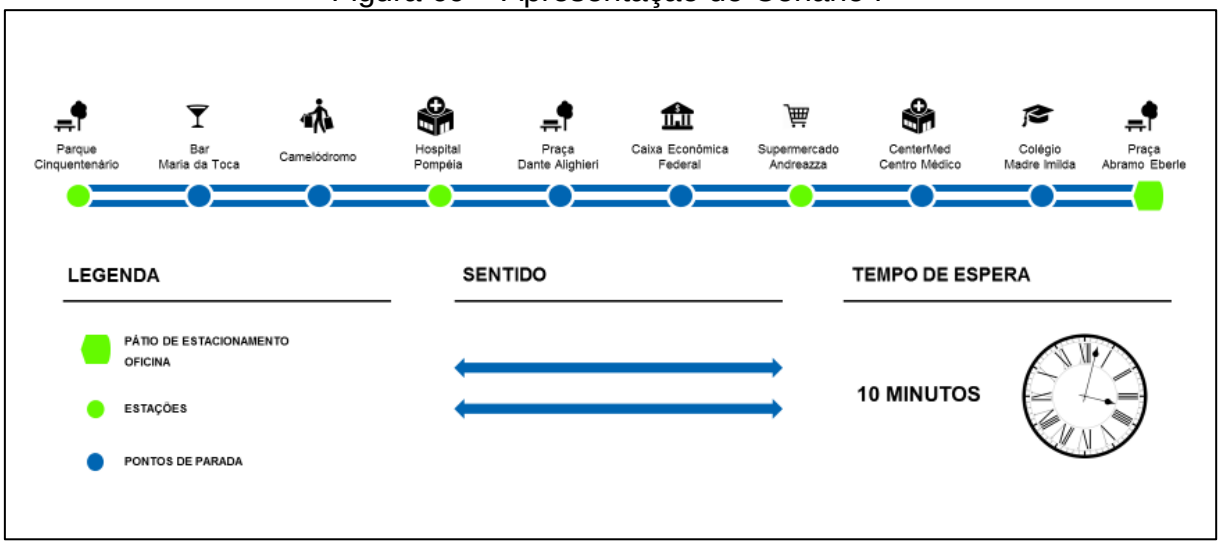
Quadro 3 – Características operacionais do VLT - Caxias do Sul

Características Técnicas	**Cenário I**	**Cenário II**
Avenidas	Júlio de Castilhos	Júlio de Castilhos Itália Sinimbu
Configuração da via	2 vias singelas em linha reta	1 via singela circular
Sentido	Bidirecional	Sentido único
Extensão (km)	3,60	7,10
Declividade Máxima	5,38%	5,71%
Largura da seção (m)	2,65	2,65
Velocidade Média (km/h)	21	26,6
Velocidade Máxima (km/h)	30	50
Capacidade de passageiros	151	121
Traçado	Em nível	Em nível
Frota operante	2	2
Modelos possíveis e recomendados	*Citadis* X05 *Citadis Spirit Light Rail Vehicle*	*Citadis Compact* *Citadis X05*
Alimentação	Elétrica (sem catenária) APS ou Supercapacitores	Elétrica (sem catenária) APS ou Supercapacitores

Fonte: do autor.

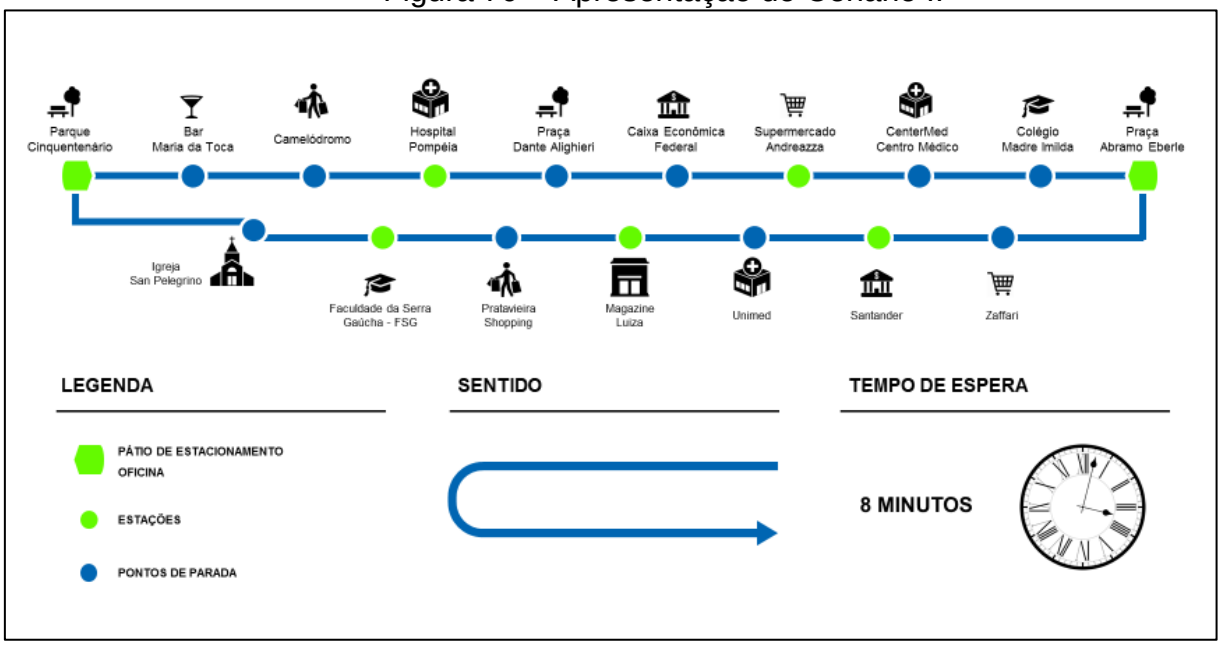
As Figuras 69 e 70 apresentam um resumo destes cenários bem como os pontos de paradas e estações sugeridos.

Figura 69 – Apresentação do Cenário I



Fonte: do autor.

Figura 70 – Apresentação do Cenário II



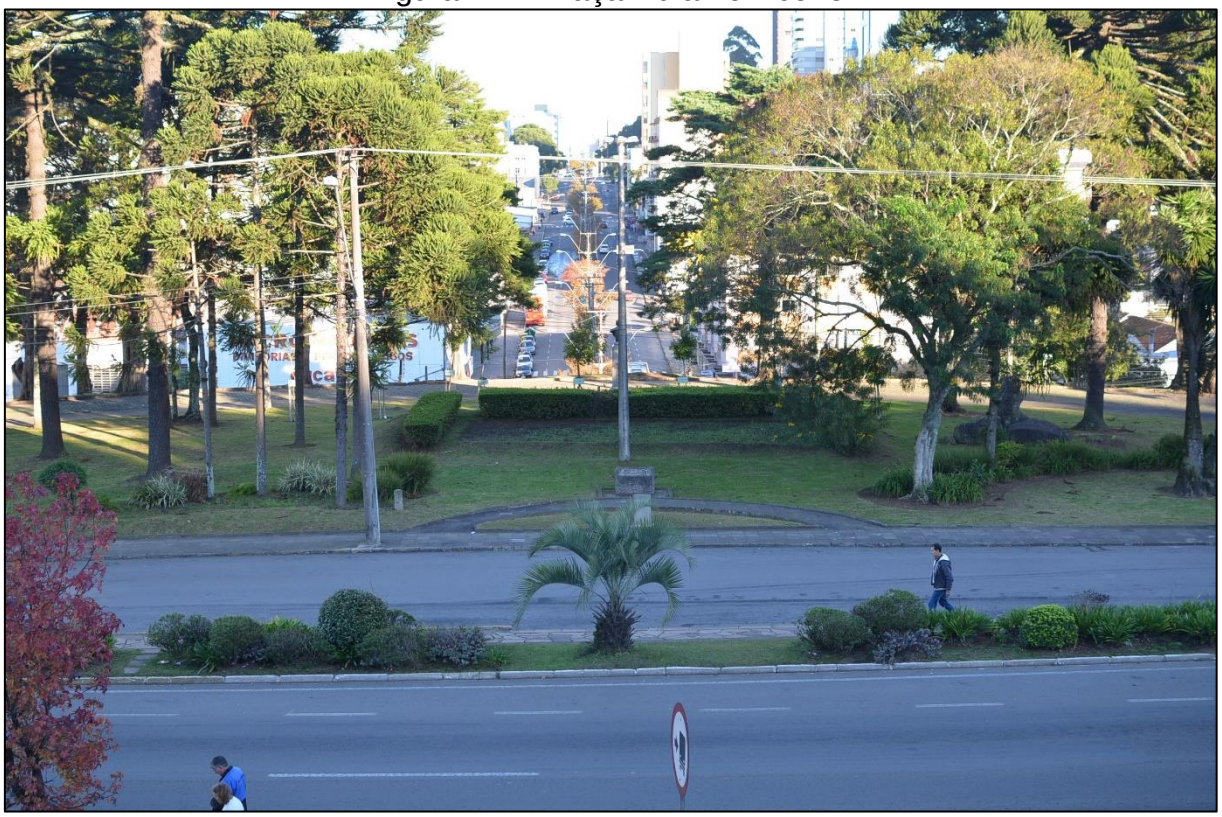
Fonte: do autor.

4.4 ESTRUTURA COMPLEMENTAR

Para o funcionamento ideal do sistema, faz-se necessário implantação de diversos elementos externos ao VLT em si. Entre os elementos obrigatórios, estão o dos pátios e oficinas de manutenção, além é claro de garagem para os carros do sistema, afim de manter a integridade dos mesmos.

O terreno escolhido para abrigar as instalações é a praça Abramo Eberle, representado pela Figura 71 , pela facilidade de injeção do veículo na via, e por possuir uma área com capacidade de abrigar a frota, com 4300 metros quadrados.

Figura 71 – Praça Abramo Eberle



Fonte: do autor.

Além disso, atenta-se para outras formas de elementos, que podem corroborar para a reurbanização dos locais afetados, como o caso de ciclovias, elementos que podem realizar a integração entre modais de transporte, como a inserção de uma passarela que ligue o terminal da praça Abramo Eberle (região leste) com o EPI Imigrante, seguindo normas do BRASIL (2016).

A Figura 72 representa ilustração da passarela, enquanto a Figura 73 representa a distância entre o terminal do VLT adotado neste estudo e o EPI Imigrante, fazendo a integração dos diferentes modais.

Figura 72 – Exemplo de passarela

Fonte: BRASIL (2016).

Figura 73 – Localização da Praça Abramo Eberle e do EPI Imigrante

Fonte: adaptado de Google (2018).

5 CONCLUSÕES

Após análise da área de estudo, dos dados de contagem de veículos e do dimensionamento do sistema, é possível afirmar que o VLT na região central de Caxias do Sul é uma opção tecnicamente viável para ambos os cenários estudados neste projeto. Os dois cenários apresentaram boas características geométricas, tanto no caso do greide máximo quanto da largura, atendendo por tanto as normas vigentes.

A escolha pelo Cenário I se torna mais atraente quando do uso de via exclusiva para o VLT, tornando a via uma espécie de praça alongada ao longo da via. Já a escolha pelo Cenário II se mostrou mais funcional, uma vez que com uma pista exclusiva para o VLT obtém-se uma velocidade média maior. Além disso, oferece a possibilidade de inserção de mais veículos na linha, de acordo com a demanda de usuários e o tempo de espera que se deseja obter.

Ambos os cenários propostos, se implantados, geram impacto no atual cenário das vias. O transporte individual seria o mais impactado, como no caso das vias de estacionamento suprimidas em alguns perfis e impacto na entrada e saída nos imóveis situados ao longo das vias, no Cenário II. Além desses impactos, a escolha de cada cenário traz desvantagens, sendo necessária uma melhor análise e investimento para sua viabilidade.

Entre as principais desvantagens do Cenário I está a impossibilidade de inserção de outro veículo no mesmo trilho, devido ao seu traçado em linha reta e a relocação dos postes de tubulação longitudinal como telefonia e iluminação, afim de evitar que coincida com o traçado.

O Cenário II por sua vez apresenta uma situação de contrafluxo na chegada ao terminal situado na Praça Abramo Eberle, onde o veículo precisaria trafegar por setenta metros em sentido contrário ao trânsito, na BR-116. Essa situação não é recomendada pelo aumento de riscos de acidente.

Outro aspecto desfavorável à adesão desse sistema consiste na preferência do usuário pelo transporte individual, aliada à imagem negativa do atual do transporte coletivo. Portanto, faz-se necessário uma mudança de comportamento nos usuários, incentivados a partir da oferta de um novo modal de transporte coletivo, mais confortável, eficiente e servindo ainda como elemento de reurbanização dos centros das cidades que o adotaram.

5.1 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se para um trabalho futuro a realização de um estudo que considere o trecho de aproximadamente um quilômetro em linha reta entre o Parque Cinquentenário, adotado pelo estudo como um terminal do VLT, até o EPI Floresta. Esta nova linha além de incrementar o sistema sobre trilhos, poderia realizar uma conexão completa entre os dois EPIs, oferecendo ao usuário uma segunda opção de transporte no eixo leste-oeste.

A Figura 74 representa na cor verde o traçado dessa nova linha, enquanto o traçado na cor azul representa o traçado da Linha 1, sugerido no Cenário II. Neste caso, o Parque Cinquentenário poderia ser transformado em uma estação que realiza a conexão entre as duas linhas.

Figura 74 – Sugestão da Linha 2 do VLT

Fonte: adaptado de SEPLAN (2018).

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. **Em Goiânia, projeto do VLT está pronto**. 2012. Disponível em: <http://www.mobilize.org.br/noticias/2314/em-goiania-projeto-do-vlt-esta-pronto.html> Acesso em 10 de novembro de 2017.

ALOUCHE, P.L. **VLT: um transporte moderno, sustentável e urbanisticamente correto para as cidades brasileiras**. 2008. Disponível em <http://biblioteca.aeamesp.org.br/smns/ 14SMTF0809T09.pdf>. Acesso em: 19 de setembro de 2017.

ALSTOM. **Citadis Compact - Product sheet.** 2012. Disponível em: <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/trains/products/citadis/> Acesso em: 5 de outubro de 2017.

_____. **Citadis Spirit light rail vehicle – Brochure.** 2013. Disponível em: <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/trains/products/citadis-spirit-LRV/> Acesso em: 5 de outubro de 2017.

_____. **Citadis X05 – Brochure.** 2014. Disponível em: <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/trains/products/citadis/> Acesso em: 5 de outubro de 2017.

_____. **Citadis X05 - Product sheet.** 2016. Disponível em: <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/trains/products/citadis/> Acesso em: 5 de outubro de 2017.

_____. **VLT de Dubai.** 2017. Disponível em: <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/integrated-solutions/products/urban-integrated-solutions/> Acesso em 5 de outubro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14035: Veículo leve sobre trilhos – Requisitos para material rodante.** 2017.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTADORES DE PASSAGEIROS SOBRE TRILHOS - ANPTrilhos. **Mobilidade Sustentável.** 2015. Disponível em: <http://anptrilhos.org.br/wp-content/uploads/2016/10/VLT-Mobilidade-Sustentavel.pdf> Acesso em: 3 de outubro de 2017.

BERNARDES, F. F. **Veículos Leves sobre Trilhos no Brasil: Análise Metodológica e Estudo de Caso - Fortaleza e Rio de Janeiro.** 2015. Disponível em: <files-server.antp.org.br/_.../2015/.../63D8F4EA-22F5-4E4B-A93C-F6EA371300E4.pdf> Acesso em 4 de agosto de 2017.

_____. **Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) – proposta de implantação para o transporte público em Uberlândia/MG.** 2015. Disponível em: <www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/31459/18503> Acesso em 4 de agosto de 2017.

BOM SINAL. **Produtos.** 2017. Disponível em: <https://www.bomsinal.com/produtos.html> Acesso em: 5 de outubro de 2017.

BOUYGUES CONSTRUCTION. **VLT REIMS.** 2017. Disponível em: <http://www.bouygues-construction.com/groupe/filiales/bouygues-entreprises-france-europe>. Acesso em 4 de outubro de 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Caderno Técnico para Projetos de Mobilidade Urbana - Veículo Leve sobre Trilhos**. SeMob, Brasília, 2016. Disponível em: <https://d.pr/oLpT> Acesso em 2 de agosto de 2017.

BRT BRASIL. **O que é BRT?** Disponível em: <http://brtbrasil.org.br/index.php/brt/oquebrt#.WhXKZVWnHDc> Acesso em 22 de novembro de 2017.

CAXIAS DO SUL. **Plano Diretor de Caxias do Sul.** 2017. Disponível em: <https://www.caxias.rs.gov.br/_uploads/planejamento/Plano-diretor__Mapas__Anexo-01--atualizado.pdf> Acesso em 6 de novembro de 2017.

_____. **Sistema Integrado de Mobilidade (SIM Caxias) – Como Funciona o SIM Caxias.** 2016. Disponível em: <https://www.caxias.rs.gov.br/sim_caxias/texto.php?codigo=1052> Acesso em 3 de novembro de 2017.

_____. **Sistema Integrado de Mobilidade (SIM Caxias) – Pontos de Parada.** 2016. Disponível em: <https://www.caxias.rs.gov.br/sim_caxias/texto.php?codigo=1031> Acesso em 3 de novembro de 2017.

COMPANHIA BRASILEIRA DE TRENS URBANOS – CBTU. **Sistema Recife.** 2014. Disponível em: <http://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/sistemas-cbtu/recife> Acesso em 5 de agosto de 2017.

_____. **Mapa da linha de Maceió.** 2014. Disponível em: <http://www.cbtu.gov.br/index.php/pt/mapa-da-linha-maceio> Acesso em 22 de novembro de 2017.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN - **Resolução 585.** 2016.

_____. **MANUAL BRASILEIRO DE SINALIZAÇÃO DE TRÂNSITO - VOLUME V - SINALIZAÇÃO SEMAFÓRICA.** 2014. Disponível em: <http://meusite.mackenzie.br/professor_cucci/ManualSemaforos2014.pdf> Acesso em 17 de maio de 2018.

CRUZ, W. S. **Veículo leve sobre trilhos: solução ou problema para o transporte público nas cidades brasileiras de médio porte?** 2013. Disponível em: <files-server.antp.org.br/_.../10/.../E9439937-9066-42FD-A262-83C2355BAE20.pdf> Acesso em 4 de agosto de 2017.

DE OLIVEIRA, G. C. **Análise dos níveis de serviço do tráfego em vias urbanas de Caxias do Sul / RS.** 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de Estudo de Tráfego.** 2006. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/manual_estudos_trafego.pdf> Acesso em 5 de novembro de 2017.

DIÁRIO DE GOIÁS. **Obra do VLT vai desapropriar imóveis residenciais e comerciais na Avenida Anhanguera.** 2014. Disponível em: <https://diariodegoias.com.br/politica/8049-obra-do-vlt-vai-desapropriar-imoveis-residenciais-e-comerciais-na-avenida-anhanguera> Acesso em 8 de junho de 2018.

DÖRRBECKER, M. **Montpellier tramway map.** 2016. Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8d/Montpellier_tramway_map.png> Acesso em 22 de novembro de 2017.

ECO DESENVOLVIMENTO. **Conheça obras de VLT que podem melhorar a mobilidade das cidades brasileiras.** 2013. Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2013/julho/obras-de-vlt-podem-melhorar-mobilidade-urbana-das> Acesso em 22 de novembro de 2017.

EMBARQ Brasil. **Impactos da Redução dos Limites de Velocidade em Áreas Urbanas.** 2015. Disponível em: <http://d.pr/f/bYeq#> Acesso em 4 de outubro de 2017.

EMPRESAS METROPOLITANAS DE TRANSPORTES URBANOS - EMTU. **VLT da Baixada Santista.** 2014. Disponível em: <http://www.emtu.sp.gov.br/emtu/redes-de-transporte/corredores-terminais/vlt-da-baixada-santista/estacoes-do-vlt.fss> Acesso em 5 de outubro de 2017.

FIGUEIREDO, A.C. **Projetos baseados em veículo leve sobre trilhos em operação e implantação**. 2010. Disponível em: <http://www.etufor.ce.gov.br/PDFs%5Cv_encontro_qualidade%5Cromulo_fortes_metrofor.pdf>. Acesso em 19 de setembro de 2017.

GAZETA WEB. **Sinalização do VLT em Jaraguá terá reforço.** 2018. Disponível em: <http://gazetaweb.globo.com/gazetadealagoas/noticia.php?c=321007> Acesso em 14 de junho de 2018.

GOOGLE. **Horário de pico do Parque Cinquentenário.** 2017. Disponível em: <https://goo.gl/HmfyA2> Acesso em 7 de novembro de 2017.

_____. **Horário de pico do Parque Getúlio Vargas.** 2017. Disponível em: <https://goo.gl/asxXBF> Acesso em 7 de novembro de 2017.

_____. **Maps.** 2018. Disponível em: <https://goo.gl/AWRvDy> Acesso em 18 de junho de 2018.

HOSPITAL POMPEIA. **Memória.** 2017. Disponível em <http://www.pompeia.org.br/pages/memoria/> Acesso em 7 de novembro de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE**. Frota de veículos de Caxias do Sul.** 2016. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/caxias-do-sul/pesquisa/22/28120?tipo=grafico&ano=2012&indicador=28122> Acesso em 6 de novembro de 2017.

_____. **População de Caxias do Sul.** 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/caxias-do-sul/panorama> Acesso em 6 de novembro de 2017.

LOBO, R. **Paris testa oitava linha de VLT.** 2014. Disponível em: <http://viatrolebus.com.br/2014/11/paris-testa-oitava-linha-de-vlt/> Acesso em 22 de novembro de 2017.

LORENZETO, R. **Mapa do Rio Grande do Sul**. 2006. Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/archive/1/1a/20060607031108%21RioGrandedoSul_MesoMicroMunicip.svg> Acesso em 6 de novembro de 2017.

MACEDO, F.; ARROYO, A. **Supertrens - VLT – Veículos Leves sobre Trilhos.** 2016. Disponível em <http://www.tramway.com.br/Veiculo%20Leve%20Sobre%20Trilhos%20V4.pdf>. Acesso em: 19 de setembro de 2017.

MELLO, K.; MENDONÇA, A. V. **VLT é inaugurado com área de lazer na avenida Rio Branco.** 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/06/vlt-e-inaugurado-com-area-de-lazer-na-avenida-rio-branco-centro-do-rio.html> Acesso em 5 de outubro de 2017.

MENDES, K. **Sem vagas para estacionar, clientes sumiram da Avenida Rio Branco, em Caxias.** 2016. Disponível em: < http://pioneiro.clicrbs.com.br/rs/geral/noticia/2016/09/sem-vagas-para-estacionar-clientes-sumiram-da-avenida-rio-branco-em-caxias-7448449.html> Acesso em 7 de novembro de 2017.

METRÔ DE FORTALEZA – METROFOR. **Metrô de Sobral fica pronto em dez meses.** 2017. Disponível em: <http://www.metrofor.ce.gov.br/index.php/noticias/43786-noticia-importada-330> Acesso em 13 de setembro de 2017.

MOBILIZE. **Corredores Estruturais do VLT de Cuiabá.** 2017. Disponível em: <http://www.mobilize.org.br/mapas/45/corredores-estruturais-do-vlt-de-cuiaba.html> Acesso em 10 de outubro de 2017.

_____. **Paris testa oitava linha de VLT.** 2014. Disponível em: <http://www.mobilize.org.br/noticias/7347/paris-testa-oitava-linha-de-vlt.html> Acesso em 5 de junho de 2018.

MUGNOL, B. **Parque Cinquentenário de Caxias do Sul voltará a ter os portões fechados.** 2010. Disponível em: <http://pioneiro.clicrbs.com.br/rs/geral/cidades/noticia/2010/08/parque-cinquentenario-de-caxias-do-sul-voltara-a-ter-os-portoes-fechados-3000836.html> Acesso em 7 de novembro de 2017.

ODEBRECHT. **VLT Goiânia.** 2017. Disponível em: <http://www.odebrecht-transport.com/pt-br/atuacao/mobilidade-urbana/vlt-goiania> Acesso em 1 de outubro de 2017.

O GLOBO. **São Paulo tem média de 1,4 ocupante por carro.** 2011. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/sao-paulo-tem-media-de-14-ocupante-por-carro-2695421> Acesso em 15 de abril de 2018.

PIONEIRO. **Visate anuncia prejuízo no primeiro semestre em Caxias do Sul.** 2017. Disponível em: <http://pioneiro.clicrbs.com.br/rs/geral/noticia/2017/08/visate-anuncia-prejuizo-no-primeiro-semestre-em-caxias-do-sul-9860514.html> Acesso em 22 de novembro de 2017.

POLIS. **Onward Paris Metro!** 2013. Disponível em: <http://www.thepolisblog.org/2013/01/onward-paris-metro.html?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed:+thepolisblog/pBWc+(polis)> Acesso em 22 de novembro de 2017.

PORTAL DO GOVERNO. **Começam as obras do VLT na Baixada Santista**. 2013. Disponível em: <http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/ultimas-noticias/comecam-as-obras-do-vlt-na-baixada-santista-1/> Acesso em 8 de junho de 2018.

PORTAL G1. **Governo rompe negociações com consórcio para retomada das obras do VLT na Grande Cuiabá.** 2017. Disponível em: <https://g1.globo.com/mato-grosso/noticia/governo-rompe-negociacoes-com-consorcio-para-retomada-das-obras-do-vlt-na-grande-cuiaba.ghtml> Acesso em 14 de setembro de 2017.

_____. **VLT de Sobral começa a funcionar em operação comercial nesta quarta-feira.** 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/ceara/noticia/2016/12/vlt-de-sobral-comeca-funcionar-em-operacao-comercial-nesta-quarta-feira.html> Acesso em 7 de setembro de 2017.

PRATAVIERA SHOPPING CENTER. **O Shopping.** 2017. Disponível em: <http://www.prataviera.com/o_prataviera> Acesso em 7 de novembro de 2017.

QUALIDADE URBANA. **VLT de Brasília.** 2010. Disponível em: <http://qualidadeurbana.blogspot.com/2010/04/vlt-de-brasilia-abril-2010.html> Acesso em 7 de junho de 2018.

REVISTA FERROVIÁRIA. **VLT da Baixada Santista.** 2010. Disponível em: <http://www.revistaferroviaria.com.br/index.asp?InCdEditoria=16&InCdMateria=11771> Acesso em 11 de junho de 2018.

RIBEIRO, A. **Diferença entre VLT e BRT.** 2017. Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/diferenca-entre-vlt-brt.htm> Acesso em 22 de novembro de 2017.

RIO DE JANEIRO. **Veículo Leve sobre Trilhos – VLT.** 2017. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/secpar/vlt> Acesso em 8 de junho de 2018,

SECRETÁRIA DE INFRAESTRUTURA DO ESTADO DO CEARÁ - SEINFRA. **VLT de Sobral: Mais de 100 mil passageiros transportados durante operação assistida.** 2015. Disponível em: <http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/noticias/21-metro-de-sobral/1431-vlt> Acesso em 4 de outubro de 2017.

_____. **VLT de Sobral: VLT Parangaba-Mucuripe.** 2016. Disponível em: <http://www.seinfra.ce.gov.br/vlt/conheca-vlt.html> Acesso em 4 de outubro de 2017.

SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO - SEPLAN. **Mapa público.** 2018. Disponível em: <http://geopublico.caxias.rs.gov.br:8814/geocaxias/map?config=src/webgis/config/map/config-all.xml> Acesso em 18 de junho de 2018.

SEGALLA, V. **"Foi euforia do momento", diz deputado sobre trem bilionário da Copa.** 2015. Disponível em: <https://esporte.uol.com.br/futebol/ultimas-noticias/2015/10/14/foi-euforia-do-momento-diz-deputado-sobre-trem-bilionario-da-copa-em-mt.htm?cmpid=copiaecola> Acesso em 24 de agosto de 2017.

TISOTT, R. V. **A família Eberle e o início do desenvolvimento industrial de Caxias do Sul.** 2011. Disponível em: <http://www.snh2011.anpuh.org/resources/anais/14/1312987431_ARQUIVO_AfamiliaEberleeoiniciododesenvolvimentoindustrialdeCaxiasdoSul.pdf> Acesso em 4 de novembro de 2017.

TRANSFERR. **VLT de Natal e João Pessoa operam com modernos comandos!** 2015. Disponível em: <https://transferr.wordpress.com/2015/06/29/vlt-de-natal-e-joao-pessoa-operam-com-modernos-comandos/> Acesso em 7 de junho de 2018.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD - TRB. **Track Design Handbook for Light Rail Transit.** 2012. Disponível em: <http://www.trb.org/Main/Blurbs/169437.aspx> Acesso em 14 de setembro de 2017.

TRANSPORTS DE L'AGGLOMÉRATION DE MONTPELLIER - TAM. **Tramway.** 2017. Disponível em: <http://www.tam-voyages.com/presentation/?rub_code=1&thm_id=3> Acesso em 22 de novembro de 2017.

TRANSPORTE PRESS. **Bom Sinal compra geradores Cummins.** 2013. Disponível em: <http://www.transportepress.com/vlt-bom-sinal-compra-grupos-geradores-da-cummins/> Acesso em 7 de junho de 2018.

TRIPADVISOR. **Montpellier: Public Transportation.** 2016. Disponível em: <https://www.tripadvisor.com/mgo-g187153-s303?rev=3> Acesso em 22 de novembro de 2017,

UEZ, P. C.; CÉSAR, P. A. B.; BISOL, L. E. **Interpretação e educação patrimonial: estudos de valores constituintes da arquitetura de Caxias do Sul (RS).** 2012. Disponível em: bac<https://www.ucs.br/ucs/eventos/seminarios_semintur/semin_tur_7/arquivos/05/Uez_Cesar_Bisol.pdf> Acesso em 7 de novembro de 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU. **Estudo prévio de viabilidade técnica para a implantação de veículo leve sobre trilhos – VLT em Uberlândia-MG - Livro i.** 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/16249> Acesso em 14 de junho de 2018.

UNITED NATIONS STATISTICS DIVISION - UNSD. **City population by sex, city and city type. 2014.** Disponível em: <http://data.un.org/Data.aspx?d=POP&f=tableCode%3A240#POP> Acesso em 22 de novembro de 2017.

VASCONCELLOS, E. A. **Mobilidade Urbana e Cidadania.** 2012.

VIAÇÃO SANTA TEREZA – VISATE. **A EMPRESA.** 2013. Disponível em: <http://www.visate.com.br/2012/home.php?link=Institucional&sublink=A%20Empresa> Acesso em 6 de novembro de 2017.

_____. **CRONOLOGIA.** 2013. Disponível em: <http://www.visate.com.br/2012/home.php?link=Institucional&sublink=Cronologia> Acesso em 6 de novembro de 2017.

_____. **TRANSPORTE COLETIVO.** 2013. Disponível em: <http://www.visate.com.br/2012/home.php?link=Informações%20e%20Serviços&sublink=Transporte%20Coletivo> Acesso em 22 de novembro de 2017.

VLT Brasil. **VLTs no Mundo.** 2010. Disponível em: <https://veiculolevesobretrilhos.wordpress.com/vlts-no-mundo/> Acesso em 22 de novembro de 2017.

WAISMAN, J. **Veículos Leves sobre Trilhos (VLT) no Brasil: semelhanças e diferenças entre os projetos.** 2015. Disponível em: <files-server.antp.org.br/_.../06/.../1D56A37C-09D3-4ABE-980F-C1330F7EF869.pdf> Acesso em 4 de outubro de 2017.

APÊNDICE A – CONTAGENS MÁXIMAS SENTIDO LESTE-OESTE

DATA

13/04/2018

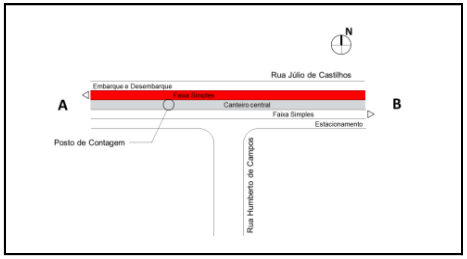
DIA DA SEMANA

S	T	Q	Q	S	S
				■	

TRECHO

A	Avenida Júlio de Castilhos	B

MAPA DE SITUAÇÃO



POSTO DE CONTAGEM

Nº 1

TURNO

12:00 - 13:00	
17:00 - 18:00	■

SENTIDO

A → B	
B → A	■

PERÍODO (hrs)	CARROS	MOTOS	ÔNIBUS	PESADOS
12:00 às 12:15	086	06	09	01
12:15 às 12:30	096	08	05	00
12:30 às 12:45	095	04	06	00
12:45 às 13:00	109	08	08	02

DATA

20/04/2018

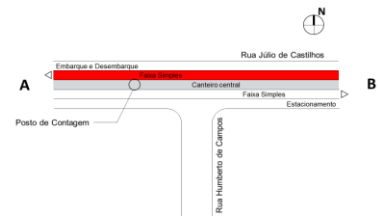
DIA DA SEMANA

S	T	Q	Q	S	S
				■	

TRECHO

A	Avenida Júlio de Castilhos	B

MAPA DE SITUAÇÃO



POSTO DE CONTAGEM

Nº 2

TURNO

12:00 - 13:00	
17:00 - 18:00	■

SENTIDO

A → B	
B → A	■

PERÍODO (hrs)	CARROS	MOTOS	ÔNIBUS	PESADOS
12:00 às 12:15	071	05	00	02
12:15 às 12:30	088	05	00	00
12:30 às 12:45	091	05	00	00
12:45 às 13:00	083	06	00	01

DATA: 24/04/2018

DIA DA SEMANA: S | **T** | Q | Q | S | S

TRECHO: **A** Avenida Júlio de Castilhos **B**

MAPA DE SITUAÇÃO

POSTO DE CONTAGEM: **Nº 3**

TURNO: 12:00 - 13:00 | **17:00 - 18:00**

SENTIDO: A → B | **B → A**

PERÍODO (hrs)	CARROS	MOTOS	ÔNIBUS	PESADOS
12:00 às 12:15	075	11	00	00
12:15 às 12:30	085	15	00	00
12:30 às 12:45	080	18	00	00
12:45 às 13:00	092	19	00	00

DATA

04/05/2018

DIA DA SEMANA

S	T	Q	Q	S	S
				■	

TRECHO

A	Avenida Júlio de Castilhos	B

MAPA DE SITUAÇÃO

POSTO DE CONTAGEM

Nº 4

TURNO

12:00 - 13:00	
17:00 - 18:00	■

SENTIDO

A → B	
B → A	■

PERÍODO (hrs)	CARROS	MOTOS	ÔNIBUS	PESADOS
12:00 às 12:15	088	05	00	01
12:15 às 12:30	078	04	00	00
12:30 às 12:45	110	06	00	00
12:45 às 13:00	114	11	00	00

APÊNDICE B – CONTAGENS MÁXIMAS SENTIDO OESTE-LESTE

DATA

13/04/2018

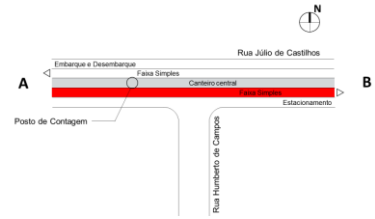
DIA DA SEMANA

S	T	Q	Q	S	S
				■	

TRECHO

A	Avenida Júlio de Castilhos	B

MAPA DE SITUAÇÃO



POSTO DE CONTAGEM

Nº 1

TURNO	12:00 - 13:00	
	17:00 - 18:00	■

SENTIDO	A → B	■
	B → A	

PERÍODO (hrs)	CARROS	MOTOS	ÔNIBUS	PESADOS
12:00 às 12:15	093	04	00	02
12:15 às 12:30	108	04	01	02
12:30 às 12:45	125	02	00	06
12:45 às 13:00	154	04	00	01

DATA: 17/04/2018

DIA DA SEMANA: S | T | Q | Q | S | S

TRECHO: A — Avenida Júlio de Castilhos — B

MAPA DE SITUAÇÃO

POSTO DE CONTAGEM: Nº 2

TURNO: 12:00 - 13:00 | 17:00 - 18:00

SENTIDO: A → B | B → A

PERÍODO (hrs)	CARROS	MOTOS	ÔNIBUS	PESADOS
12:00 às 12:15	065	06	00	03
12:15 às 12:30	070	09	00	02
12:30 às 12:45	080	10	00	01
12:45 às 13:00	093	08	00	00

DATA

27/04/2018

DIA DA SEMANA

S	T	Q	Q	S	S
				■	

TRECHO

A	Avenida Júlio de Castilhos	B

MAPA DE SITUAÇÃO

POSTO DE CONTAGEM

Nº 3

TURNO	12:00 - 13:00	
	17:00 - 18:00	■

SENTIDO	A → B	■
	B → A	

PERÍODO (hrs)	CARROS	MOTOS	ÔNIBUS	PESADOS
12:00 às 12:15	100	17	00	00
12:15 às 12:30	092	15	00	01
12:30 às 12:45	084	14	00	00
12:45 às 13:00	094	25	00	01

DATA

04/05/2018

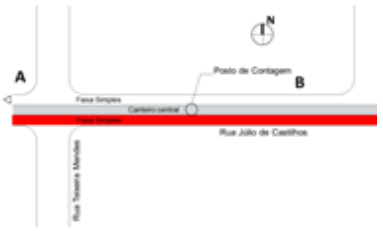
DIA DA SEMANA

S	T	Q	Q	S	S
				■	

TRECHO

A	Avenida Júlio de Castilhos	B

MAPA DE SITUAÇÃO



POSTO DE CONTAGEM

Nº 4

TURNO

12:00 - 13:00	
17:00 - 18:00	■

SENTIDO

A → B	■
B → A	

PERÍODO (hrs)	CARROS	MOTOS	ÔNIBUS	PESADOS
12:00 às 12:15	077	08	00	01
12:15 às 12:30	112	03	00	00
12:30 às 12:45	138	08	00	00
12:45 às 13:00	133	03	00	00

DATA

11/05/2018

DIA DA SEMANA

S	T	Q	Q	S	S
				■	

TRECHO

A	Avenida Itália e Sinimbu	B

MAPA DE SITUAÇÃO

POSTO DE CONTAGEM

Nº 5

TURNO	12:00 - 13:00	
	17:00 - 18:00	■

SENTIDO	A → B	■
	B → A	

PERÍODO (hrs)	CARROS	MOTOS	ÔNIBUS	PESADOS
17:00 às 17:15	291	17	06	01
17:15 às 17:30	314	12	07	01
17:30 às 17:45	290	13	06	04
17:45 às 18:00	301	16	09	02

DATA

21/07/2017

DIA DA SEMANA

S	T	Q	Q	S	S

TRECHO

A	Avenida Sinimbu	B

MAPA DE SITUAÇÃO

POSTO DE CONTAGEM

Nº 6

TURNO	12:00 - 13:00	
	18:00 - 19:00	■

SENTIDO	A → B	■
	B → A	

PERÍODO (hrs)	CARROS	MOTOS	ÔNIBUS	PESADOS
12:00 às 12:15	420	32	09	02
12:15 às 12:30	396	27	11	01
12:30 às 12:45	412	24	15	03
12:45 às 13:00	425	28	16	04

DATA

14/07/2017

DIA DA SEMANA

S	T	Q	Q	S	S
				■	

TRECHO

A	Avenida Sinimbu	B

MAPA DE SITUAÇÃO

POSTO DE CONTAGEM

Nº 7

TURNO	12:00 - 13:00	
	17:00 - 18:00	■

SENTIDO	A → B	■
	B → A	

PERÍODO (hrs)	CARROS	MOTOS	ÔNIBUS	PESADOS
12:00 às 12:15	372	25	22	10
12:15 às 12:30	406	29	19	04
12:30 às 12:45	335	34	20	04
12:45 às 13:00	349	27	23	05

APÊNDICE C – APRESENTAÇÃO DO CENÁRIO

Perfil I - Via exclusiva

Perfil I - Via exclusiva com estação

Perfil I - Via compartilhada

Perfil I - Via compartilhada com estação

Perfil II – Via exclusiva

Perfil II – Via exclusiva com estação

Perfil II – Via compartilhada

Perfil II – Via compartilhada com estação

Perfil III – Via exclusiva

Perfil III – Via exclusiva com estação

Perfil IV – Via exclusiva

APÊNDICE D – APRESENTAÇÃO DO CENÁRIO I

Perfil I - Via exclusiva

Perfil I – Via exclusiva com estação

Perfil I - Via compartilhada

Perfil I – Via compartilhada com estação

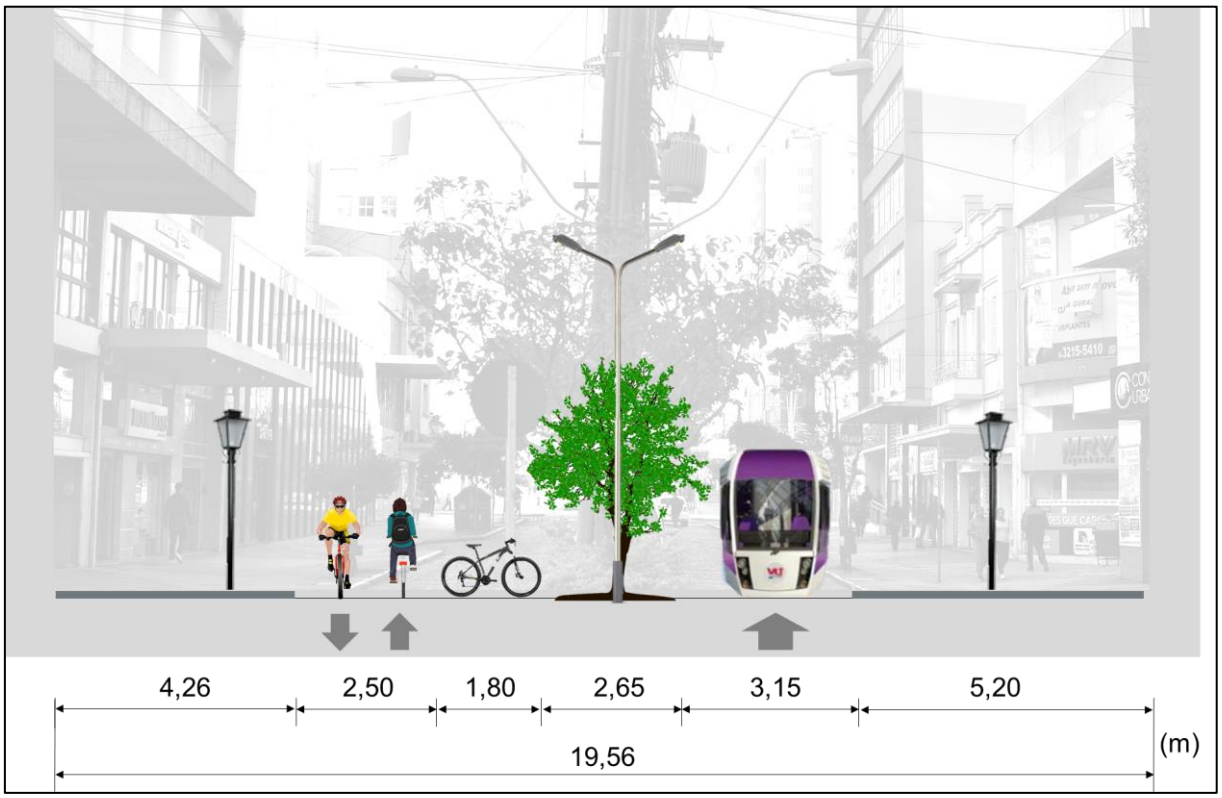
Perfil II - Via exclusiva

Perfil II – Via exclusiva com estação

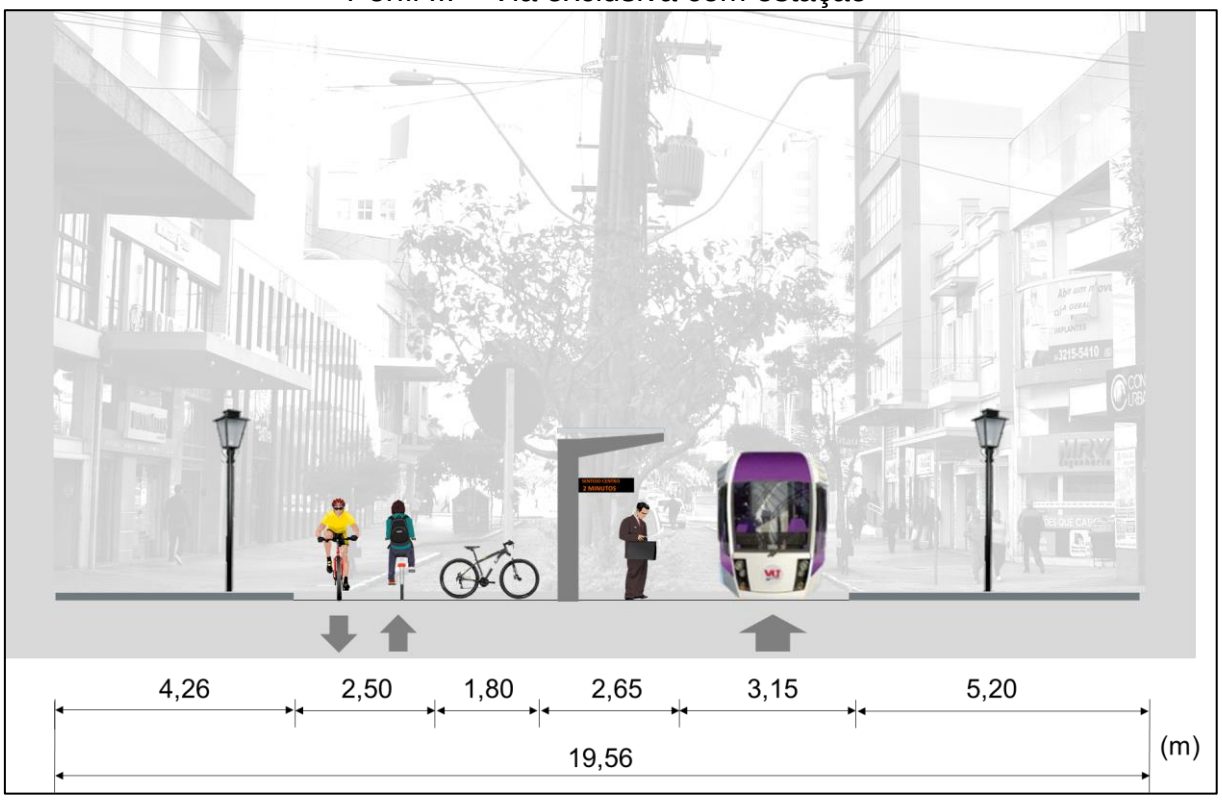
Perfil II - Via compartilhada

Perfil II – Via compartilhada com estação

Perfil III – Via exclusiva

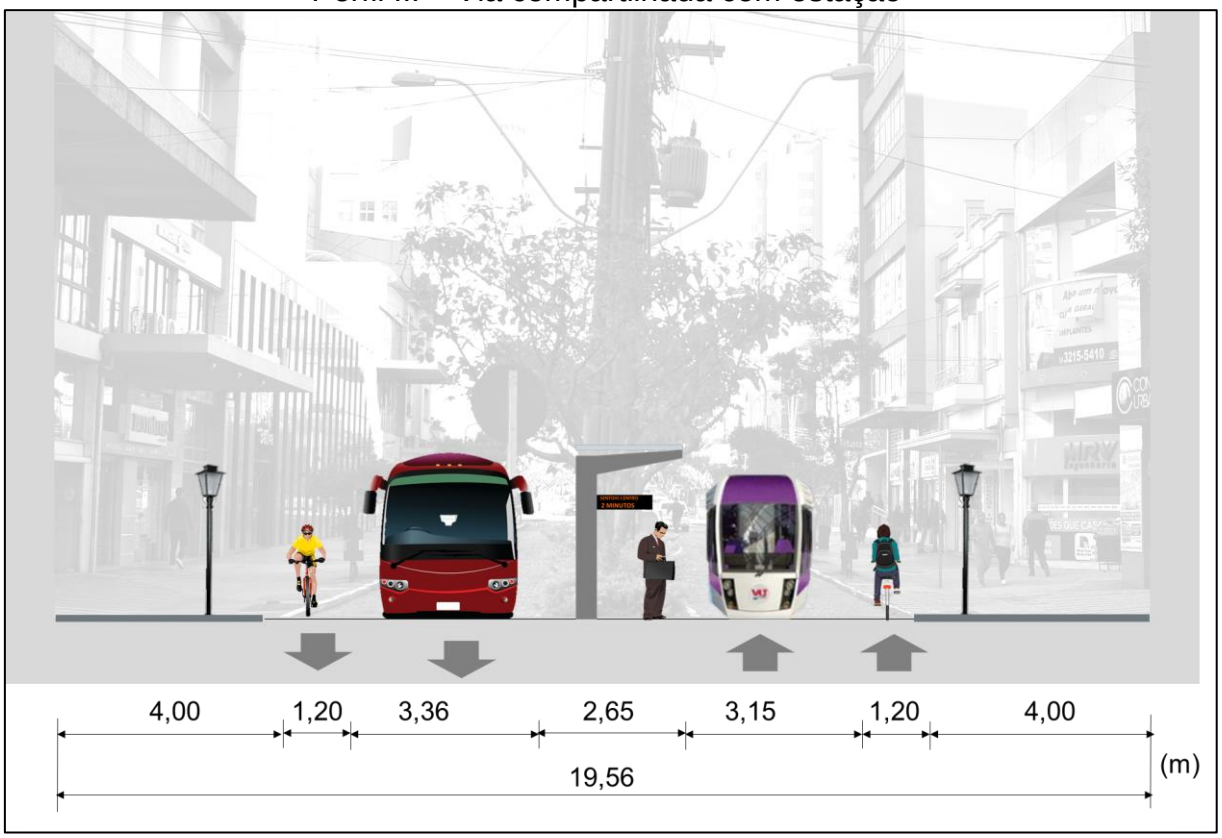


Perfil III – Via exclusiva com estação



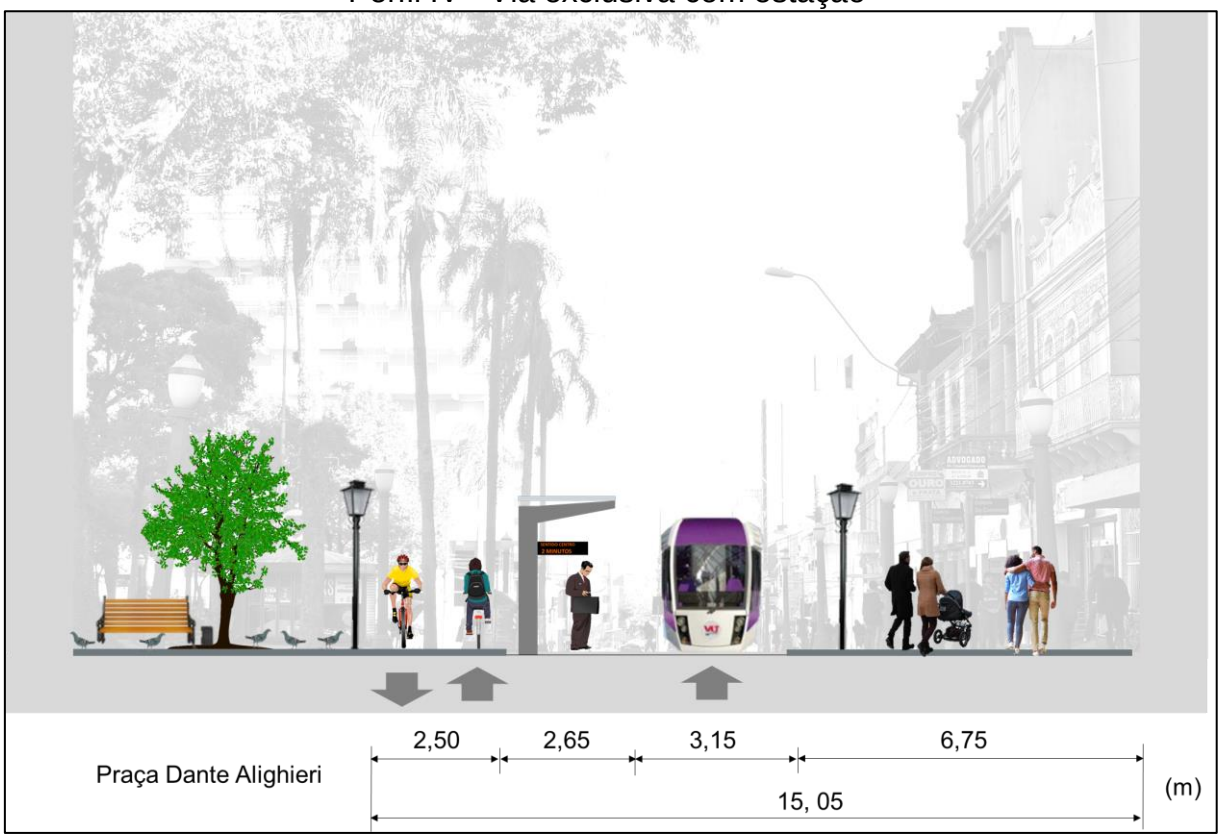
Perfil III - Via compartilhada

Perfil III – Via compartilhada com estação

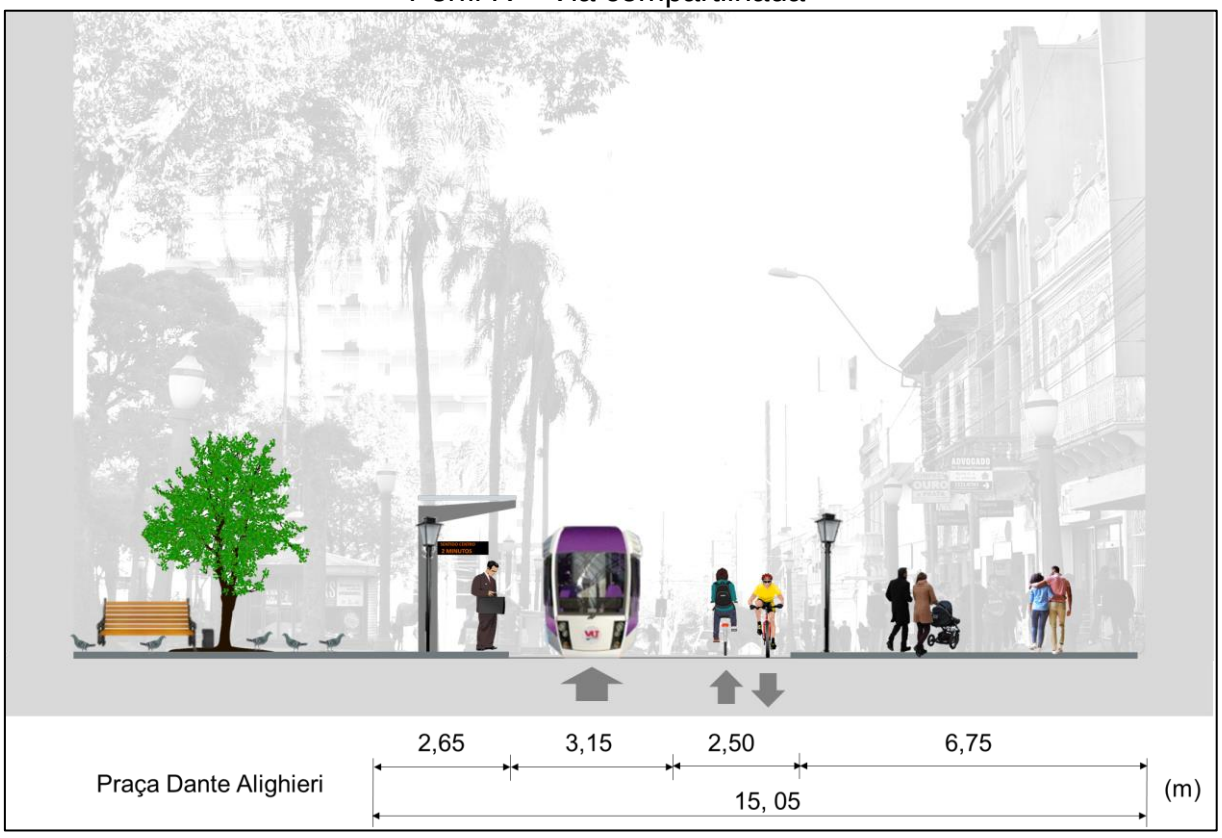


Perfil IV - Via exclusiva

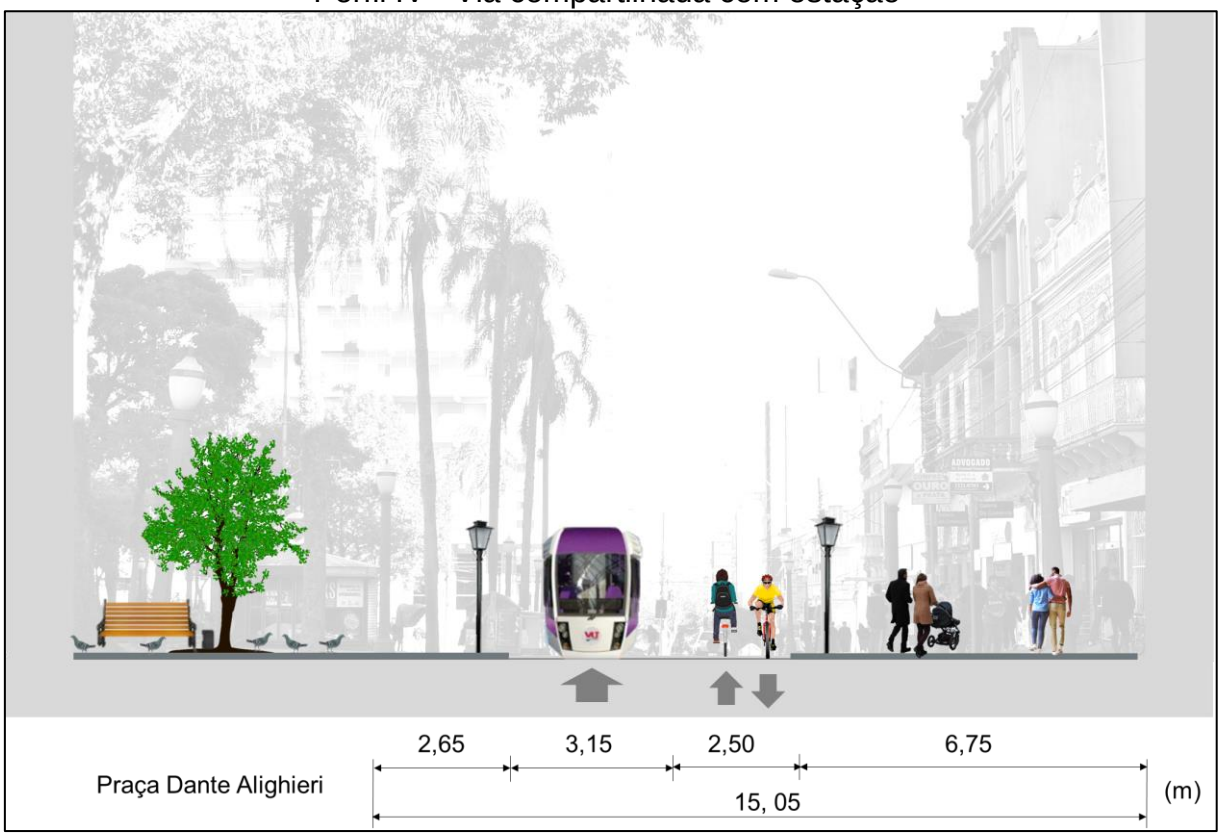
Perfil IV - Via exclusiva com estação



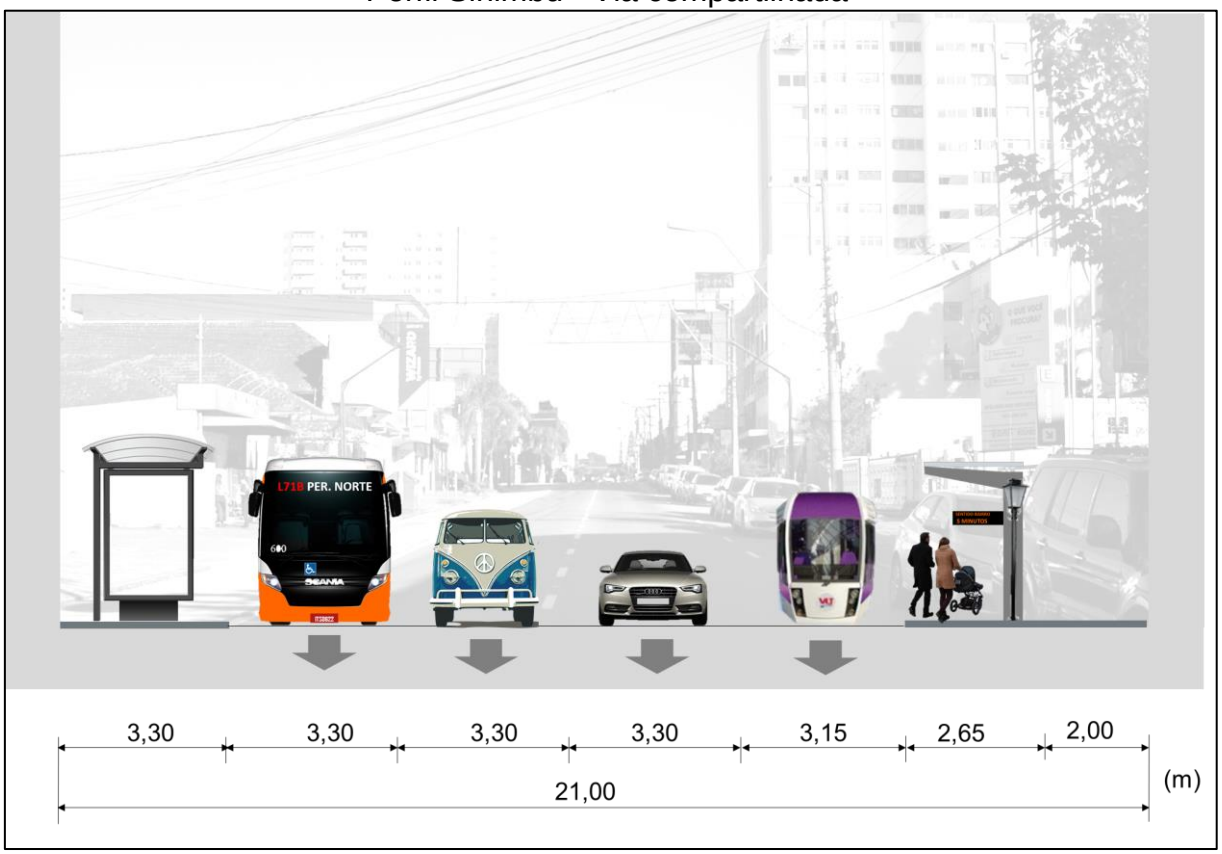
Perfil IV - Via compartilhada



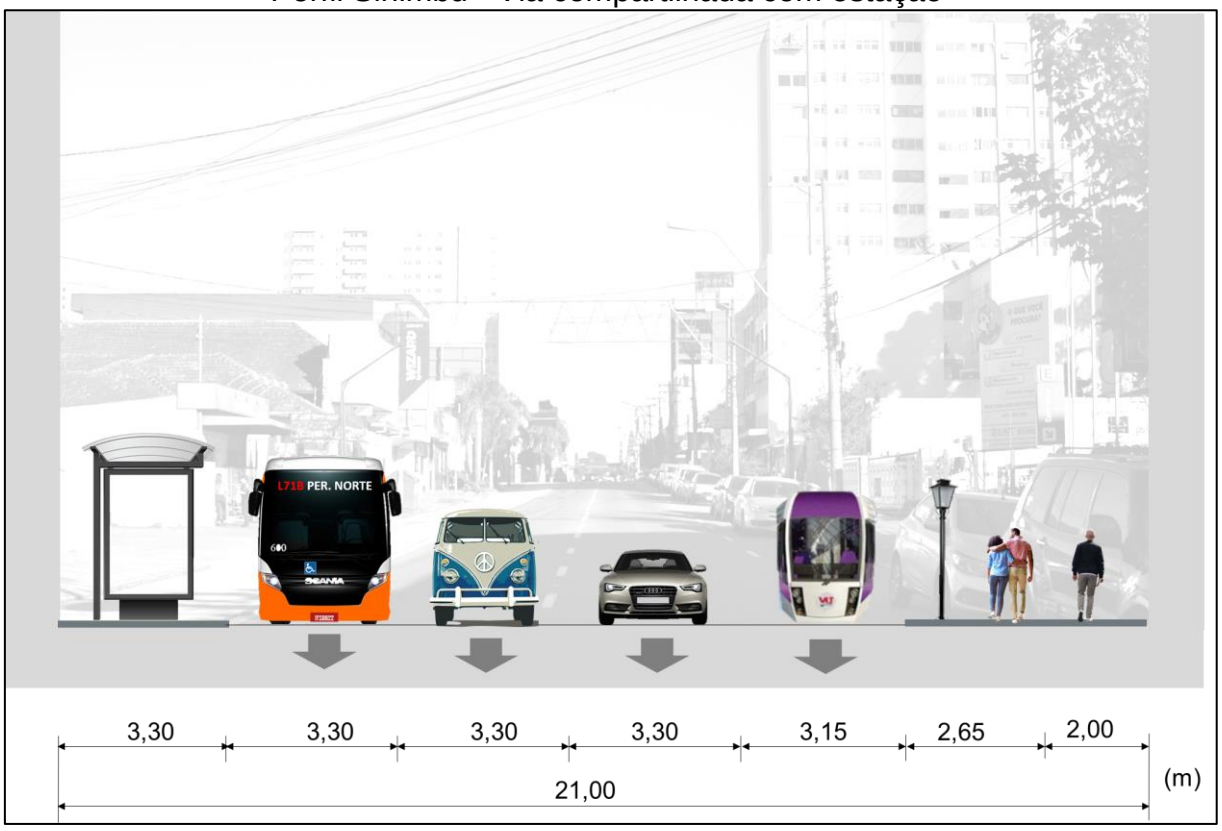
Perfil IV - Via compartilhada com estação



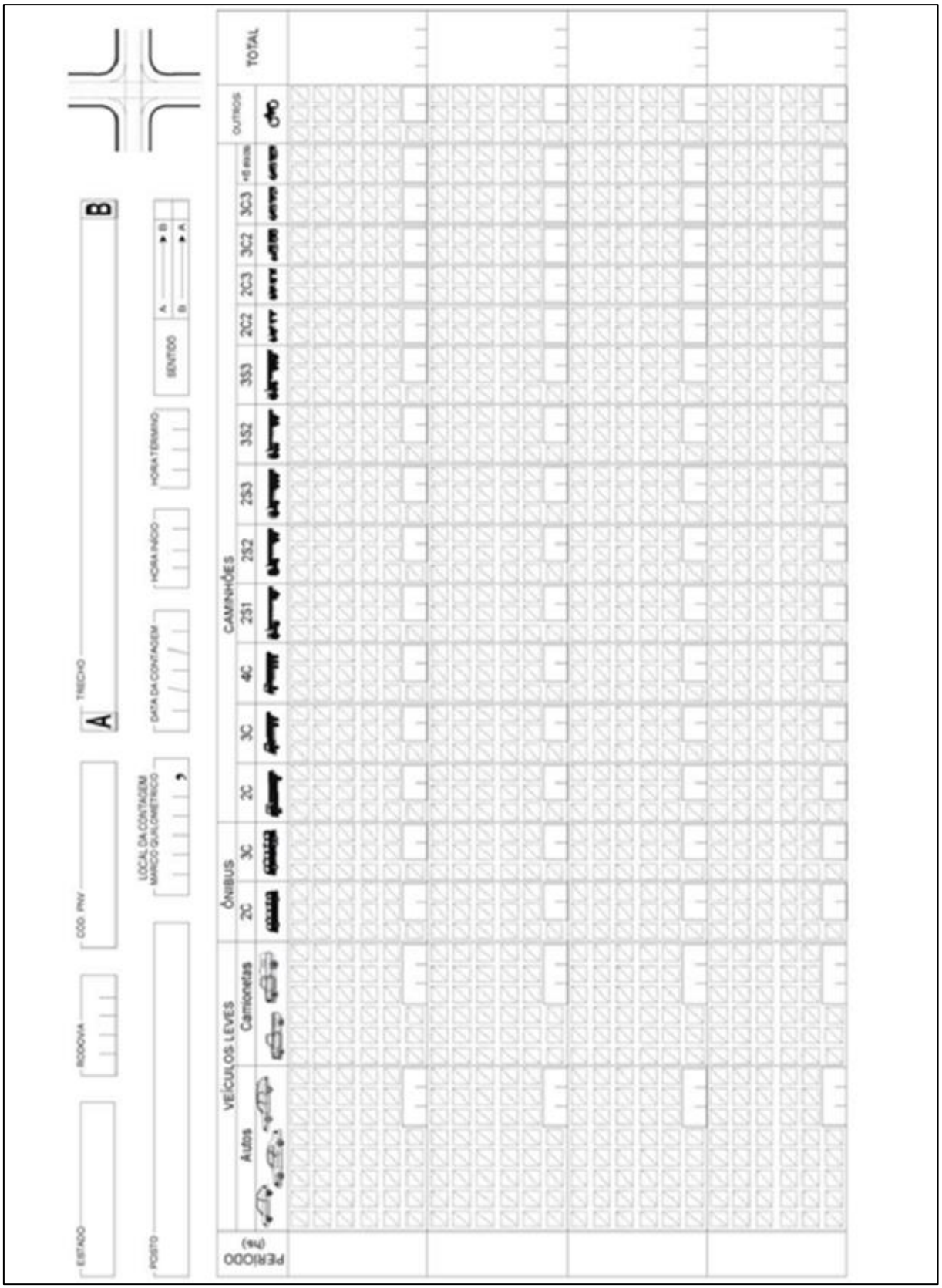
Perfil Sinimbu - Via compartilhada



Perfil Sinimbu - Via compartilhada com estação



ANEXO A – FICHA DE CONTAGEM VOLUMÉTRICA I



Fonte: DNIT (2006).