

**ALESSANDRA YUKI KAMIMURA KOGA
ALINE AYUMI FUKUHARA
GUILHERME JUNITI HORIKAWA KITASATO
NERY MONTEZA TORRES**

**ESTUDO DO CORREDOR DE ÔNIBUS “NOVE DE JULHO”
ATRAVÉS DE FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO**

Trabalho de Formatura do Curso de
Engenharia Civil apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo

São Paulo
2017

**ALESSANDRA YUKI KAMIMURA KOGA
ALINE AYUMI FUKUHARA
GUILHERME JUNITI HORIKAWA KITASATO
NERY MONTEZA TORRES**

**ESTUDO DO CORREDOR DE ÔNIBUS “NOVE DE JULHO”
ATRAVÉS DE FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO**

Trabalho de Formatura do Curso de
Engenharia Civil apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Luiz Marte

São Paulo
2017

Catalogação-na-publicação

Koga, Alessandra Yuki Kamimura

Estudo do corredor de ônibus "Nove de Julho" através de ferramentas de simulação de tráfego / A. Y. K. Koga, A. A. Fukuhara, G. J. H. Kitasato, N. M. Torres -- São Paulo, 2017.

98 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.

1. Transporte público 2. Ônibus 3. Simulação 4. Engenharia de transportes
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II. t. III. Fukuhara, Aline Ayumi IV. Kitasato, Guilherme Juniti Horikawa V. Torres, Nery Monteza

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Evolução do Transporte Público por Ônibus em São Paulo.....	2
1.2. Panorama atual do Transporte Público em São Paulo.....	3
1.3. Etapas do Planejamento de uma Rede de Transportes.....	6
2. OBJETIVO	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1. Corredor Santo Amaro/ 9 de Julho/ Centro	9
3.1.1. Histórico.....	9
3.1.2. Caracterização do Corredor.....	9
3.2. Ferramentas ITS de Intervenções Operacionais nos Ônibus.....	17
3.2.1. Paradas forçadas para regulação (" <i>holdings</i> ").....	18
3.2.2. Serviços com Paradas Limitadas (" <i>skipstops</i> ").....	18
3.2.3. Meias - Viagens (" <i>deadheading</i> ")	19
3.2.4. Sistema de Bilhetagem Eletrônica Desembarcada.....	20
3.3. CONCEITOS SOBRE A MACROMODELAGEM.....	21
3.3.1. Macromodelo	21
3.3.2. VISUM	21
4. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO -FASE 1	23
4.1. Desenvolvimento da Rede Base	23
4.1.1. Rede Inicial	23
4.2. Levantamento de dados da rede base	28
4.2.1. Matriz Origem-Destino.....	30
4.2.2. Linhas de Ônibus.....	30
4.2.3. Características da via	44
4.3. Inserção do Corredor de Ônibus Nove de Julho	44

4.3.1. Linhas e Rotas de Ônibus.....	45
4.4. Simulação Inicial	46
5. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO - FASE 2	48
5.1. Correção do Sentido de Circulação das Linhas de Ônibus	48
5.2. Correção dos Conectores	49
5.3. Inserção do Corredor Campo Limpo/Rebouças/Centro	52
5.3.1. Identificação dos Pares OD para o Corredor Campo Limpo/Rebouças/Centro	52
5.3.2. Linhas de Ônibus.....	53
5.3.3. Características da via	67
5.3.4. Resultado da interação entre os corredores.....	67
5.4. Refinamento do Modelo	68
5.5. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES	70
5.5.1. Resultados fornecidos pelo software VISUM.....	70
5.5.2. Simulação da rede de transporte com apenas o Corredor Nove de Julho em operação.....	71
5.5.3. Simulação da rede de transporte com a adição do corredor de ônibus da Avenida Rebouças.....	72
5.5.4. Erros encontrados durante a simulação	74
5.5.5. Análise dos resultados.....	75
6. CONCLUSÃO	79
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
8. ANEXOS.....	83

RESUMO

Diariamente são geradas milhões de viagens por diferentes modos de transporte, como o metro, trem, carros e ônibus, evidenciando a grande solicitação do sistema de transporte da cidade.

Além disso, segundo dados da Pesquisa OD do Metrô e Mobilidade (2012) estima-se que aproximadamente 30% do total das viagens geradas sejam realizadas através dos ônibus, sendo este o segundo modo mais solicitado, ficando atrás apenas dos automóveis.

Este contexto justifica a necessidade do estudo da otimização do sistema de transporte público urbano como modo de melhorar a qualidade de seus serviços, incentivar a sua utilização e, conseqüentemente, melhorar a qualidade de vida da população.

Este estudo foi conduzido através da análise da alocação de viagens no corredor Nove de Julho, realizada por meio de simulações de macromodelos criados com o auxílio do software VISUM.

O objetivo deste trabalho foi estudar os limites de atuação e de funcionalidade de uma macrossimulação na análise de demanda e de atratividade de sistemas de transporte público urbano, representados pelo Corredor de Ônibus Nove de Julho.

Como resultado deste trabalho, concluiu-se que os macromodelos, por analisarem o serviço do sistema de transporte público como um todo ao invés do comportamento, individual de um veículo, mostram-se adequados para estudos voltados para a previsão de oferta e demanda de viagens em uma rede de transporte.

Palavras-Chave: Transporte público; Ônibus; Simulação; Engenharia de transportes

ABSTRACT

Millions of trips are generated by different transport mode every day, such as the subway, train, cars and buses, evidencing the great demand of the city's transportation system.

In addition, according to a survey data from Pesquisa OD do Metro e Mobilidade (2012), it is estimated that 30% of all generated trips uses buses as transportation, which is the second most used mode of transport, trailing only private cars.

These facts justify the need to develop studies about public transport optimization to encourage it's use and improve the service and population life quality.

The study presents the analysis of trips allocation at the Bus Corridor Nove de Julho using the macrossimulation software VISUM.

Therefore, the aim of this study was to find out the limits of the macrosimulation of public transport, represented by the Bus Corridor Nove de Julho.

As a result, it was concluded that the macromodel presents a general analysis of the system service, instead of data from individual vehicles, being more suitable for studies of supply and demand of trips in a transport network.

Key-words: Public Transport; Bus; simulation; transportation engineering

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Distribuição de Viagens por Modo de Transporte	4
Figura 1.2 – Passageiros transportados pelas linhas do ônibus em São Paulo (2006-2016).....	4
Figura 1.3 – Esquema de corredor de ônibus no canteiro central	5
Figura 2.1 – Localização do corredor na Região Metropolitana de São Paulo	10
Figura 2.2–Desenho esquemático do corredor de ônibus Santo Amaro – Nove de Julho – Centro na Cidade de São Paulo.	12
Figura 2.3 – Uso do Solo.....	12
Figura 2.4 – Mapa de Modos de Transporte	12
Figura 2.5– Vista do Corredor 9 de Julho.....	13
Figura 2.6 –Detalhamento das Paradas de Ônibus.....	15
Figura 2.7 –Parada no Viaduto Plínio de Queirós	15
Figura 4.1 - Rede fornecida e usada como ponto de partida da simulação.....	23
Figura 4.2 – Tabela gerada a partir do <i>FlowBundle</i>	29
Figura 4.3 – Resultado obtido a partir do FlowBundle.....	29
Figura 4.4 - Agregação das zonas	30
Figura 4.5 - Linhas Tipo por zonas de atendimento	33
Figura 4.6 - Composição de linhas do Tipo A.....	34
Figura 4.7 – Composição de linhas do Tipo B.....	35
Figura 4.8 – Composição de linhas do Tipo C.....	36
Figura 4.9 – Composição de linhas do Tipo D.....	38
Figura 4.10 – Composição de linhas do Tipo E	39
Figura 4.11 – Composição de linhas do Tipo F	40
Figura 4.12 – Composição de linhas do Tipo G	41
Figura 4.13 – Modelagem do Corredor Nove de Julho.....	46
Figura 4.14 – Resultado da Simulação Inicial	47
Figura 5.1 - Correção Sentido de Circulação no Corredor Nove de Julho.....	49
Figura 5.2 – Desenho esquemático de Caminho Mínimo encontrado	50
Figura 5.3 – Conectores utilizados na simulação preliminar	50
Figura 5.4– Nova gama de conectores utilizados para a simulação	51

Figura 5.5 – Desenho esquemático de novos caminhos mínimos encontrados.....	51
Figura 5.6- Resultado obtido a partir do <i>FlowBundle</i> para <i>Rebouças e Nove de Julho</i>	53
Figura 5.7 - Linhas Tipo por zonas de atendimento	55
Figura 5.8 - Composição de linhas do Tipo RA	56
Figura 5.9- Composição de linhas do Tipo RB	57
Figura 5.10 - Composição de linhas do Tipo RC	58
Figura 5.11 - Composição de linhas do Tipo RD	59
Figura 5.12 - Composição de linhas do Tipo RE	60
Figura 5.13 - Composição de linhas do Tipo RF	61
Figura 5.14- Composição de linhas do Tipo RG	62
Figura 5.15- Composição de linhas do Tipo RH	63
Figura 5.16- Composição de linhas do Tipo RI	64
Figura 5.17- Composição de linhas do Tipo RJ	65
Figura 5.18– Resultado da simulação de interação entre os corredores	68
Figura 5.19 – Resultado da Simulação com malha viária refinada.....	69
Figura 6.1 – Trajeto Zona 4 para Zona 38.....	70
Figura 6.2 – Percurso da Zona 1 para a Zona 12.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1– Corredores existentes na cidade	5
Tabela 2.1– Corredores existentes com PMV's	16
Tabela 4.1– Linhas de ônibus no Corredor Nove de Julho.....	31
Tabela 4.2– Paradas de ônibus atendidas por cada Tipo de linha	41
Tabela 4.3– <i>Headways</i> das Linhas Tipo.....	43
Tabela 4.4 – Capacidade Veículos.....	44
Tabela 4.5 – <i>Headway</i> aplicado para cada tipo de linha	45
Tabela 5.1– Linhas de ônibus no Campo Limpo/Rebouças/Centro	53
Tabela 5.2– Paradas de ônibus atendidas por cada Tipo de linha	66
Tabela 5.3– <i>Headways</i> das Linhas Tipo.....	66
Tabela 6.1 - Resultados obtidos na primeira simulação realizada com o software VISUM.....	71
Tabela 6.2 - Solicitações das linhas tipo determinadas pela primeira simulação no software VISUM	72
Tabela 6.3 - Resultados obtidos na segunda simulação	73
Tabela 6.4 - Solicitações das linhas de ônibus resultantes da segunda simulação ..	73
Tabela 6.5 - Impactos da implantação do Corredor Rebouças na rede de transportes	76
Tabela 6.6 - Impactos sobre o Corredor Nove de Julho com a implantação do Corredor Rebouças.....	76
Tabela 6.7 - Impactos sofridos pelas linhas tipo do Corredor Nove de Julho com a implantação do Corredor Rebouças.....	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OD – Pesquisa Origem e Destino elaborada pelo Metrô, 2007.

Pesquisa CET – Pesquisa de Monitoração da Fluidez da Companhia de Engenharia de Tráfego – CET.

CMTC – Companhia Municipal de Transportes Coletivos

CFTV – Circuito Fechado de Televisão

PMV – Painel de Mensagem Variável

SIM – Sistema Integrado de Monitoramento

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBOPE - Instituto Brasileiro de Opinião e Estatística

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade é um tema importante e complexo, especialmente em uma cidade extensa como a cidade de São Paulo. Com uma área de aproximadamente 1.500 km² e 12 milhões de habitantes, segundo dados do IBGE (2015/2016), apenas no ano de 2016 foram gerados 2.915.000 milhares de viagens no transporte público motorizado.

Uma pesquisa realizada pelo IBOPE (2016) para a Semana da Mobilidade revela que o paulista leva em média 2 horas e 58 minutos para realizar as viagens necessárias no dia. Além disso, revela-se que 51% dos usuários deixaria de utilizar os veículos particulares caso tivessem uma boa alternativa de meio de transporte.

Embora os dados acima sejam decorrentes apenas de declarações e não representem necessariamente a realidade, é possível identificar o descontentamento de uma parcela significativa da população quanto a mobilidade pela cidade.

Portanto, é inegável que, no cenário atual, seja necessário estudar o aumento da eficiência e a otimização dos meios de transportes, além incentivar o uso do transporte público através da melhoria de seus níveis de serviço. É com esta motivação que o grupo escolheu o tema do trabalho de formatura, com enfoque no corredor de ônibus mais solicitado, o corredor da Avenida Nove de Julho.

O objetivo deste trabalho é estudar os limites de atuação e de funcionalidade de uma macrossimulação no estudo isolado de um corredor de ônibus.

A condução do estudo foi realizada através da análise dos impactos na oferta e na demanda por viagens para o corredor de ônibus Nove de Julho, utilizando como ferramenta o software VISUM.

O resultado desse estudo é disposto neste relatório como produto final da disciplina 0300002 Trabalho de Formatura para Engenharia II.

1.1. Evolução do Transporte Público por Ônibus em São Paulo

Segundo (REIS, 2004) até as primeiras décadas do século XX o transporte público de São Paulo era feito basicamente através da malha ferroviária e pelas linhas de bondes elétricos, os quais começaram a ser implantadas em 1900 com a chegada da *Light*. Com a chegada da crise de energia elétrica e do sistema de transporte por bondes durante 1924, surgem na cidade as primeiras linhas de ônibus.

A partir deste período, o governo passa a investir também em infraestrutura, transporte e geração de energia fazendo com que surjam os primeiros planos de avenidas que conectam a cidade.

A partir da segunda metade do século XX, passam a atuar no Brasil importantes indústrias automobilísticas e o sistema de bondes elétricos para de expandir se tornando obsoleto, priorizando a partir daí o uso dos ônibus.

Vale lembrar a importância do ônibus para o processo de “espraçamento” urbanístico da cidade, visto que a população de baixa renda, a qual tinha acesso apenas a terrenos situados na periferia da cidade, não podiam ser atendidas pelos bondes (PEREIRA, 2017).

Como consequência da facilidade de acesso e aquisição ao transporte individual, e o crescimento da quantidade de ônibus, já em 1960 foram registrados congestionamentos na cidade.

Entre os anos 60 e 70 deram-se início aos planos de ordenação da cidade, sendo os principais deles o Metrô e o PDDI (Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado), o qual propunha uma malha de vias expressas. O último deles não foi posto em prática e o metrô se desenvolvia muito lentamente, agravando a cada ano os problemas de congestionamento (REIS, 2004).

Vasconcellos e Mendonça (2010, p. 74) citam:

“[...] No período de crescimento urbano mais intenso – décadas de 1960 a 1970 – aumentou a discussão sobre os problemas do transporte urbano, focada em dois eixos principais: o congestionamento crescente do trânsito e a precariedade dos serviços de transporte público. Nesse período, intensificaram-se os planos e ações para melhorar o transporte público, tendo-se iniciado os primeiros projetos de

integração de redes de ônibus e de construção de corredores de ônibus. A primeira experiência com corredores ocorreu em Curitiba, a partir de 1974, tendo-se seguido ações em outras cidades, principalmente Porto Alegre e São Paulo. [...]”.

Foi assim que, na década de 80, é inaugurado o primeiro corredor de ônibus implantado na cidade de São Paulo (SPTrans). Esta ferramenta surge da necessidade de priorizar o transporte coletivo, com o objetivo de melhorar a fluidez dos ônibus e o conforto dos seus usuários.

1.2. Panorama atual do Transporte Público em São Paulo

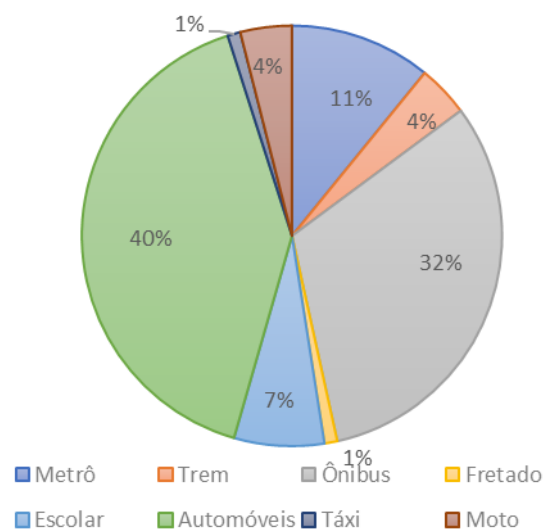
Segundo Vasconcellos e Mendonça, nas cidades dos países em desenvolvimento, um tema importante é aquele que se refere ao transporte cotidiano das pessoas (2010, p. 73), pois acelerado crescimento da população e a necessidade de transporte de cada indivíduo resultará em crescente demanda a ser atendida.

Atualmente, a população da cidade de São Paulo é atendida diariamente por linhas de metrô, trens, ônibus e por veículos particulares. Segundo dados da SPTrans (2016) são transportados em média 8 milhões de passageiros diariamente pelas linhas de ônibus do município de São Paulo.

A Figura 2.1 apresenta a distribuição de viagens por modo de transporte, segundo dados da Pesquisa OD do Metrô e Mobilidade 2012. É possível perceber a porcentagem expressiva de viagens por ônibus dentro do transporte coletivo.

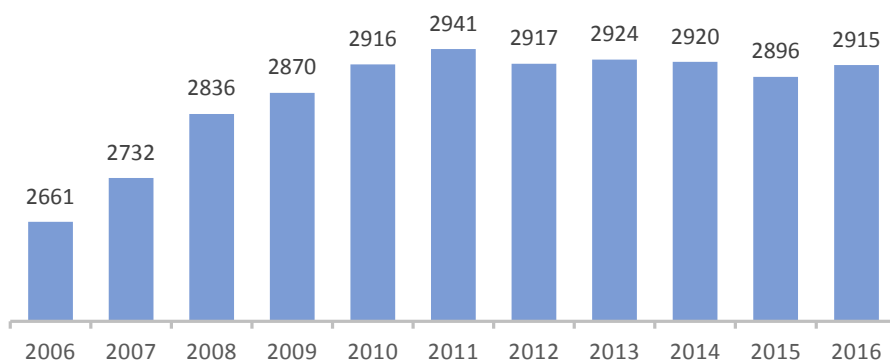
Figura 2.1 – Distribuição de Viagens por Modo de Transporte

Distribuição de Viagens por Modo de Transporte



Fonte: Dados obtidos da Pesquisas OD (2007) e Mobilidade (2012)

Além de ser o mais representativo dentre os transportes coletivos, a evolução da quantidade transportada de pessoas por este modo de transporte é crescente. A Figura 2.2 mostra a evolução do número de passageiros, em milhões, transportados por ano pelo modo de transporte “ônibus”.

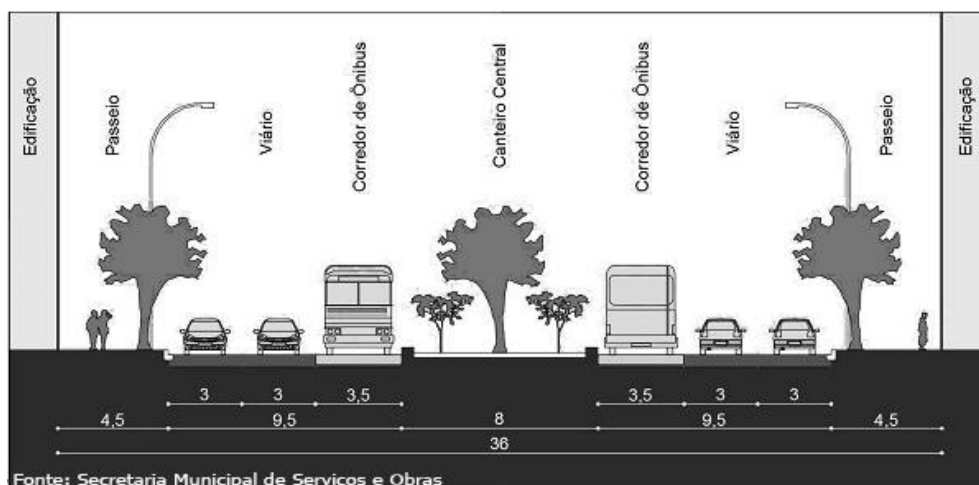
Figura 2.2 – Passageiros transportados pelas linhas do ônibus em São Paulo (2006-2016)Passageiros Transportados por Ano
(milhões)

Fonte: Dados obtido da SPTrans/ Indicadores

(<http://www.sptrans.com.br/indicadores/>)

Com o objetivo de melhorar o tráfego de ônibus e, conseqüentemente, diminuir o tempo de deslocamento dos passageiros em suas viagens, além de facilitar a circulação de pedestres nas calçadas é que surgem os corredores de ônibus. A Figura 2.3 apresenta um desenho esquemático de um corredor de ônibus com circulação no canteiro central.

Figura 2.3 – Esquema de corredor de ônibus no canteiro central



Fonte: (<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/noticias/index.php?p=2073>)

Na Tabela 2.1 encontra-se a ordem de implantação de cada um dos corredores de São Paulo e a quantidade de passageiros transportados por dia pelos mesmos. Nota-se então, que o corredor Santo Amaro/ Nove de julho/ Centro é mais solicitado.

Tabela 2.1– Corredores existentes na cidade

Corredor	Inauguração	Extensão	Passageiros (mil/dia)	Região
Pirituba/Lapa/Centro	2003	15 km	325	Noroeste
Inajar/Rio Branco/Centro	1991	13km	223	Norte
Santo Amaro/Nove de Julho/Centro	1987	11 km	609	Sul
Campo Limpo/Rebouças/Centro	2004	17km	410	Sudeste
Ibirapuera	2004	9km	451	Sul
Itapeceira/João Dias/Santo Amaro	2000	8 km	269	Sul
Parelheiros/Rio Bonito/Santo Amaro	2004	31km	390	Sul

Corredor	Inauguração	Extensão	Passageiros (mil/dia)	Região
Jardim Ângela/Guarapiranga/Santo Amaro	2004	8 km	353	Sul
Paes de Barros	1980	4 km	79	Leste
Expresso Tiradentes	2007	8 km	90	Sudeste

Fonte: Secretaria Municipal de Mobilidade e Transportes da Prefeitura de São Paulo, 2007 e atualizado pela Global BRT Data, 2016.

1.3. Etapas do Planejamento de uma Rede de Transportes

O planejamento de uma rede de transportes engloba desde a concepção e traçado da rede até o início da operação. (IBARRA ROJAS, 2015, apud PEREIRA, 2017).

Segundo CEDER, WILSON (1986 apud PEREIRA, 2017) o Planejamento de uma Rede de Transporte possui 5 etapas, que são listadas a seguir:

1) Projeto da Rede

Pode ser aplicado tanto em novos projetos como em redes já existentes. O primeiro caso engloba a escolha desde o traçado da rede até o tipo de veículo a ser utilizado. Já no segundo caso, procura-se melhorar a rede, aplicando algumas alterações em busca de otimização e eficiência.

Para um corredor de ônibus, que prioriza o tráfego do veículo tipo ônibus, a eficiência desta prática pode ser comprometida pelo excesso de linhas de ônibus.

Vale lembrar que qualquer alteração feita na rede existente causa impactos em seus usuários, e a melhor solução é a que equilibra os dois efeitos.

Os Planos de Rede podem ser feitos com base em modelos elaborados com ferramentas de simulação de tráfego como, por exemplo, o software VISUM do Grupo PTV.

2) Configuração das Frequências

De acordo com a demanda de passageiros em horas-pico é feita a determinação da frota de ônibus e a frequência que será disponibilizada para atendê-la em cada período.

3) Tabelas Horárias

As configurações das frequências servem de base para a determinação das tabelas horárias. Isso porque a etapa anterior irá mostrar informações de períodos em que será necessária uma maior ou menor frota de veículos para atender a demanda, além do número de partidas necessários.

O objetivo é utilizá-la para encontrar otimizações, como por exemplo: menores tempos de espera ou atendimento da demanda em determinado nível.

4) Programação da Frota

A determinação da quantidade de veículos necessários que devem entrar em operação para atender as viagens programadas. Isso irá depender do tipo de veículo escolhido e dos recursos disponíveis.

- Programação de Tripulação e Escala das equipes

Está relacionada às regras trabalhistas e sindicais, que definem jornadas de trabalhos e escalas de funcionários associados a uma busca por minimização de custos.

Vistas as Etapas de Planejamento de uma Rede de Transportes acima, pode-se situar o escopo do trabalho também como uma “Entrada” ao Projeto de Rede. Isto é, será feito antes da primeira etapa, criando um macromodelo de tráfego, que servirá de base para o Projeto de Rede e também para se ter uma visão geral da situação atual.

2. OBJETIVO

Neste trabalho propõe-se o estudo do corredor Nove de Julho utilizando o software de simulação de tráfego VISUM do Grupo PTV.

Esta ferramenta, através da modelagem da rede de transporte atualmente existente, permite, através de macrossimulações, a realização de estudos de oferta e demanda de modos de transporte e da utilização de vias para a rede em operação.

A ideia inicial para este trabalho era o estudo da oferta e da demanda do corredor de ônibus Nove de Julho, decorrentes de intervenções na operação das linhas de ônibus, através de macrossimulações, alterando parâmetros como números de paradas, quantidade de linhas de ônibus em operação e seus respectivos *headways*. Deste modo, com os resultados obtidos, esperava-se analisar os impactos que a implantação de ferramentas ITS proporcionariam na operação do corredor de ônibus.

Sabe-se que a macrossimulação, como o próprio nome sugere, é capaz de fornecer uma visão “macro” da operação, sendo utilizado para o estudo de grandes e complexas malhas de transporte, que apresentam inúmeras combinações de percursos, através de vias para se chegar a um destino. Portanto, pode-se inferir que os macromodelos não se mostram adequados para o estudo da operação das linhas de ônibus, inicialmente proposto para o trabalho. Ainda, suspeita-se que para o estudo de uma malha simplificada e um trecho de corredor de ônibus que não permite uma vasta gama de combinações de percursos através de vias para se alcançar um destino, a macrossimulação não seja a ferramenta mais adequada.

Deste modo, o objetivo deste trabalho se torna estudar os limites de atuação e de funcionalidade de uma macrossimulação na análise de demanda e de atratividade de sistemas de transporte público urbano, representados por um corredor de ônibus.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Corredor Santo Amaro/ 9 de Julho/ Centro

O objeto de estudo deste trabalho é o trecho da Avenida Nove de Julho (4,5 km) pertencente ao corredor de ônibus Santo Amaro – Nove de Julho – Centro de 14,8 km de extensão, que apresenta a melhor infraestrutura ao longo de toda extensão do corredor, de modo que se pode supor que neste trecho a operação das linhas de ônibus funcione com a máxima eficiência, sem a influência de fatores externos da via.

3.1.1. Histórico

Inaugurado em 1987 pela então gestora CMTc (Companhia Municipal de Transportes Coletivos), este corredor foi criado com o intuito de melhorar o fluxo dos ônibus que circulava entre as Avenidas Adolfo Pinheiro, Santo Amaro, São Gabriel e Nove de Julho.

O projeto do corredor datado de 1985 previa a operação exclusiva de trólebus. No entanto, desde o início de sua operação, 2 anos depois, o corredor foi utilizado como uma alternativa para as linhas de ônibus já existentes, disputando espaço com esses poucos veículos elétricos. Uma vez que investimentos diminuíram significativamente, resultou na substituição dos trólebus para veículos convencionais no início dos anos 2000.

Neste mesmo período o corredor de ônibus passa a ter a configuração na qual o conhecemos hoje. Isto é, alocação de paradas de embarque e desembarque do lado esquerdo, e abrigos com painéis digitais que avisam os ônibus que estão por vir.

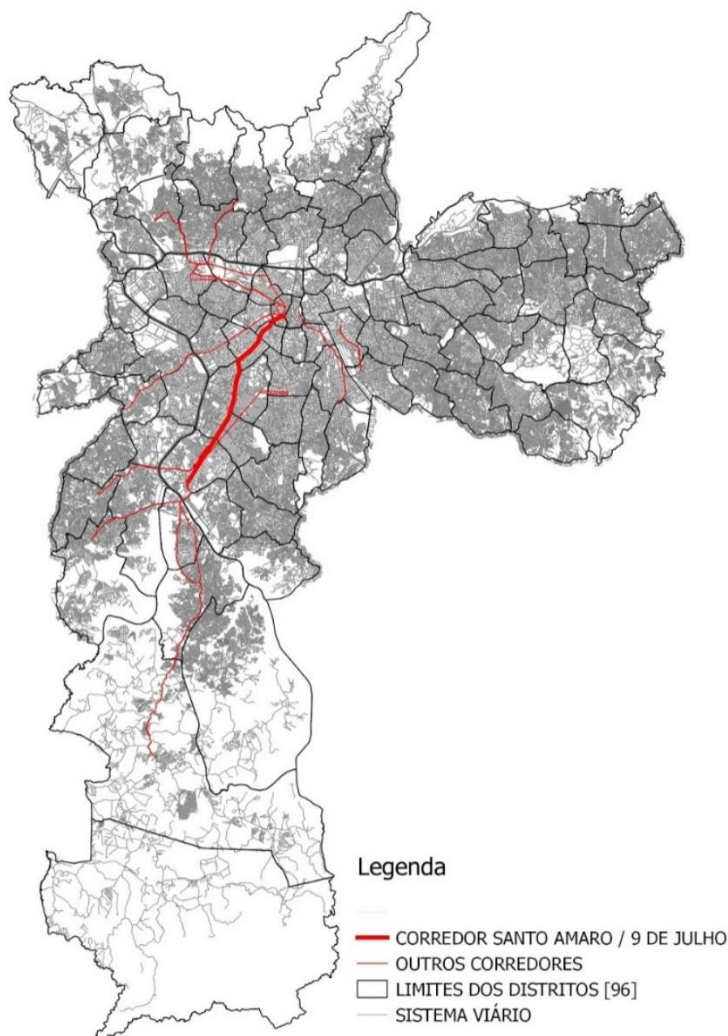
3.1.2. Caracterização do Corredor

O corredor de ônibus Santo Amaro – Nove de Julho – Centro faz a conexão CENTRO – SUL dentro da cidade de São Paulo com uma demanda diária de aproximadamente 609 mil passageiros. O corredor possui a maior demanda

segundo dados da Secretaria de Mobilidade e Transportes de São Paulo de 2007 que foram atualizados em 2016 pelo Global BRT Data.

A Figura 2.1 apresenta a Região Metropolitana de São Paulo com os diversos corredores existentes com destaque para o Corredor Nove de Julho.

Figura 2.1 – Localização do corredor na Região Metropolitana de São Paulo



Fonte: Dados Obtidos da Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento

O corredor atende a regiões de grande importância em São Paulo através de suas 25 paradas dispostas conforme a Figura 2.2.

A Figura 2.3 apresenta o mapa de Uso e Ocupação do solo da área do corredor de estudo, elaborado a partir de dados da Prefeitura de São Paulo para melhor

compreensão do perfil das áreas pelas quais o corredor percorre. Nela são identificados pólos de geração e atração de viagens listados a seguir:

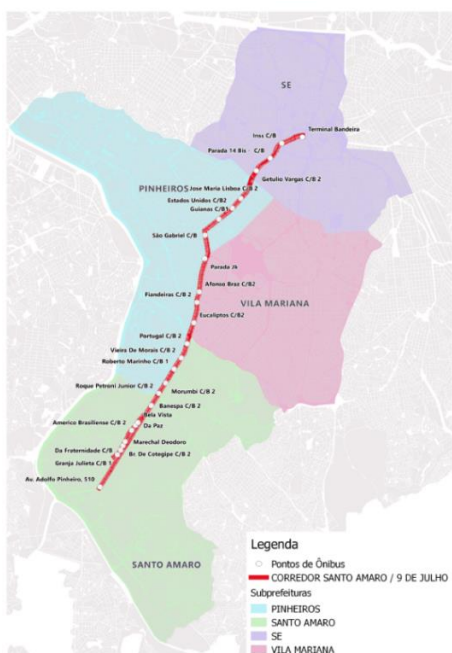
- Centro histórico de São Paulo – concentração comercial;
- Avenida Paulista – Concentração comercial e Empresarial;
- Parque do Ibirapuera;
- Jardins – Residencial;
- Faria Lima e Vila Olímpia – Concentração Empresarial;
- Santo Amaro – Concentração Comercial e Residencial;

Nota-se que o corredor liga uma área predominantemente residencial e outra empresarial, atendendo aos fluxos casa-trabalho durante o pico da manhã e trabalho-casa durante o pico da tarde.

Ainda, justificando sua alta demanda, o corredor de ônibus em questão localiza-se em uma região onde não há atendimento por transporte público de alta Capacidade (Metrô e Trem) como pode ser observado na Figura 2.4, diferentemente do Corredor Campo Limpo – Rebouças – Centro, um corredor de grande demanda e que apresenta a Linha 4 Amarela de metrô correndo paralela à Rebouças, distribuindo assim as viagens entre os dois modais.

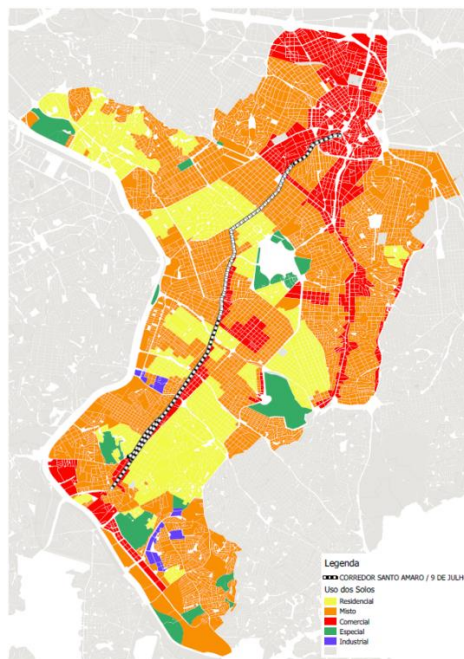
Na mesma Figura 2.4, observa-se a possibilidade de integração com outros modos de transporte, como a transferência para Linha 3 – Vermelha no Terminal Bandeira. Portanto, embora haja uma possível integração para o metrô ao longo do trajeto do corredor, esta não é uma opção totalmente aceita pelos usuários, devido à distância necessária percorrida para realizar a integração e pelo fato da linha do metro não seguir o mesmo trajeto do corredor. Desse modo, todo o restante do percurso não é atendido por outro meio de transporte se não o próprio corredor de ônibus.

Figura 2.2–Desenho esquemático do corredor de ônibus Santo Amaro – Nove de Julho – Centro na Cidade de São Paulo.



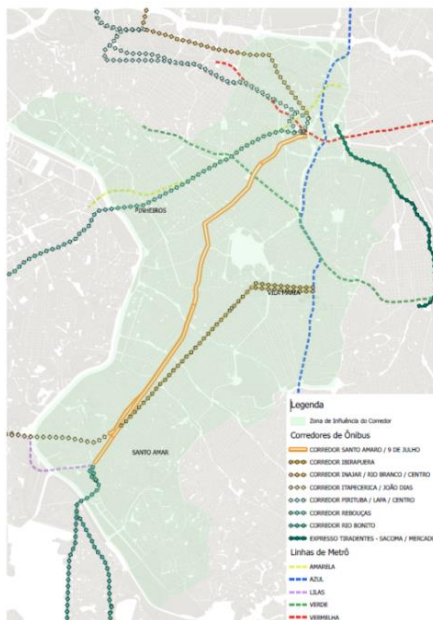
Fonte: Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento - Prefeitura de São Paulo.

Figura 2.3 – Uso do Solo.



Fonte: Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento - Prefeitura de São Paulo. Dados Geospaciais abertos 2013.

Figura 2.4 – Mapa de Modos de Transporte



Fonte: Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento - Prefeitura de São Paulo. Dados Geospaciais abertos 2013.

Ao que se refere à infraestrutura do Corredor de ônibus Santo Amaro/Nove de Julho/Centro, pode-se afirmar que o trecho correspondente à Avenida Nove de Julho é bem atendido, já que oferece as melhores características de um bom corredor de ônibus. Dentre elas podem-se citar:

- Pavimentação De Concreto - Confere resistência e durabilidade às paradas de ônibus.
- Vias largas
- Canteiro Central – Evita conflitos com os carros que desejam a conversão à direita
- Faixas de Ultrapassagem
- Paradas Abridadas – Confere conforto aos passageiros
- Fiação enterrada
- Painéis de mensagens variáveis (PMV¹)

A Figura 2.5 mostra uma parada abrigada da Avenida Nove de Julho.

Figura 2.5– Vista do Corredor 9 de Julho



Fonte: O Estado de São Paulo, 26/mar/2017

¹Um PMV (Painel de Mensagem Variável) pode exibir alerta de congestionamento a frente, notificar os motoristas sobre rotas alternativas ou apresentar uma mensagem padrão. Os operadores na Central de Controle selecionam a mensagem apropriada com base nas condições atuais de tráfego.

A Figura 2.5 evidencia um detalhamento do funcionamento de cada parada ao longo do corredor Santo Amaro - Nove de Julho - Centro. Nela, observa-se que o embarque e desembarque ao longo das Avenidas São Gabriel e Nove de Julho ocorrem quase integralmente à esquerda do veículo, através do canteiro central, gerando um menor conflito entre a circulação de veículos particulares e públicos.

No entanto, destaca-se que na parada 14 Bis, localizada no Viaduto Doutor Plínio de Queirós, Queirós, sobre a Avenida Nove de Julho, o embarque e desembarque ocorrem na calçada à calçada à direita do veículo conforme a

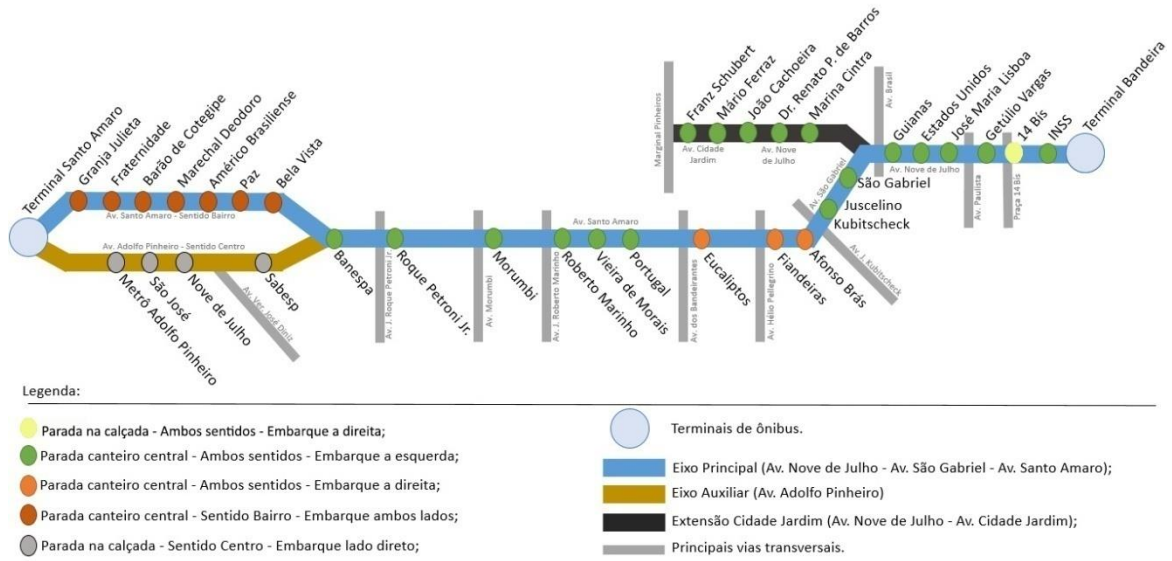
Figura 2.7.

Isso não significaria um problema caso o viaduto mantivesse sua proposta inicial de circular apenas veículos públicos. No entanto, segundo a Secretaria Especial de Comunicação, desde março de 2017 a Prefeitura de São Paulo liberou a circulação de carros particulares que transportem dois passageiros ou mais, trafegando pela faixa da esquerda.

Desse modo, cria-se um conflito entre veículos particulares e públicos à saída do viaduto, onde os ônibus tentam voltar para a faixa da esquerda, em que estão localizados os canteiros centrais e as paradas ao longo do trecho restante da avenida Nove de Julho, enquanto os veículos particulares necessitam migrar novamente à faixa da direita para sair do corredor exclusivo de ônibus.

Figura 2.6 –Detalhamento das Paradas de Ônibus

Corredor Santo Amaro - Nove de Julho - Centro



Fonte: Gustavo Bonfate, 2016

Figura 2.7 –Parada no Viaduto Plínio de Queirós



Fonte:Secretaria Especial de Comunicação da Prefeitura de São Paulo, 2017

Em relação à operação do corredor, segundo a SPTRANS (2009), ele é um dos 5 corredores considerados como “Corredores inteligentes”. Seu controle é realizado a partir de bases localizadas nos terminais ou ao longo dos corredores da seguinte forma:

- Paradas:

Por questão de segurança as paradas são monitoradas através de CFTV e as imagens são transmitidas para centrais através de rede de fibra óptica ou antenas de micro-ondas.

- Monitoramento dos veículos ao longo do corredor:

O monitoramento é feito através da tecnologia de localização GPS (Global Position System), instalados nos ônibus junto ao software SIM². Desse modo, é possível observar o deslocamento de cada ônibus na linha selecionada através do mapeamento geoprocessado.

- Informação ao usuário:

Através do monitoramento GPS ao longo do corredor, o SIM processa a informação e disponibiliza através de um algoritmo de cálculo a previsão de chegada dos próximos ônibus que deve ser informada em cada parada. Então, ele mostra informação em tempo real.

A Tabela 2.1 apresenta os corredores cidade de São Paulo que apresentam PMV's. Nela, pode ser observado que o Corredor Santo Amaro/ Nove de Julho/ Centro apresenta o segundo maior valor em quantidade de Painéis de Mensagem Variável.

Tabela 2.1– Corredores existentes com PMV's

Corredor	Quantidade de PMV's	Exibe Mensagem de Previsão
Pirituba/Lapa/Centro	60	SIM
Campo Limpo/Rebouças/Centro	16	SIM
Parelheiros/Rio Bonito/Santo	7	NÃO

²O SIM é um software para gestão do Sistema Integrado de Transporte Público da cidade de São Paulo, o qual coleta e disponibiliza continuamente informações sobre os veículos, passageiros, sistema viário e sobre as interfaces entre estes elementos.

Corredor	Quantidade de PMV's	Exibe Mensagem de Previsão
Amaro		
Santo Amaro/9 de Julho/Centro	58	SIM
Expresso Tiradentes	8	SIM
TOTAL	149	

Fonte: Informe SPTrans, 2009

Embora ofereça uma boa infraestrutura e tenha um software para gestão do Sistema Integrado de transporte público da cidade de São Paulo o corredor ônibus no trecho Nove de Julho ainda é bastante sobrecarregado, atingindo uma velocidade média de 20 km/h em horários de pico, segundo dados da SPTrans (2016). Desse modo, acredita-se que para que se consiga uma melhoria no fluxo e conforto dos usuários deste corredor a implantação de Ferramentas ITS é a solução mais indicada.

3.2. Ferramentas ITS de Intervenções Operacionais nos Ônibus

Segundo WEIGANG et al. (2001, p. 73):

“Os sistemas de Transporte Inteligentes (ITS – Intelligent Transportation Systems), em geral, são desenvolvidos para elevar o nível de satisfação dos usuários de transporte urbano. O ITS envolve uma gama de tecnologias que, quando aplicado ao nosso sistema de transporte, pode aumentar a eficiência no uso das atuais vias e redes de transportes, aumentando a segurança viária, reduzindo o congestionamento, aumentando a mobilidade, minimizando o consumo de energia e o impacto ambiental e ainda promover a produtividade. ”

Um dos objetivos mais importantes dos países em desenvolvimento, que visam aumentar a capacidade e melhorar os níveis de serviço dos ônibus urbanos, é desenvolver e incorporar ferramentas ITS.

Estas tecnologias procuram fornecer informações para que o cidadão planeje seu deslocamento.

Segundo Pereira (2017, p. 1), a aplicação do sistema não se limita à aquisição de equipamentos e sistemas, senão também em várias outras frentes, como a organização das redes e das áreas técnicas e operacionais de órgãos gestores e de operadores, a capacitação de pessoal e a adaptação de métodos operacionais que possam contribuir.

Com o surgimento das ferramentas ITS, as mais rápidas e amplamente adotadas foram, naturalmente, aquelas com resultados mais visíveis e mais sensíveis para as operadoras. A bilhetagem eletrônica é um exemplo de ferramenta ITS, onde sua introdução representou um passo significativo no processo de integração entre linhas e modais de transporte, com limite apenas temporal ou de número de embarques. Também possibilitou o emprego de tarifas diferenciadas que, sem esta ferramenta, teria sido impossível de aplicar pelo tempo e investimento necessários.

Nos itens seguintes serão apresentadas algumas possíveis intervenções ITS.

3.2.1. Paradas forçadas para regulação (“*holdings*”)

Segundo Koehler, Kraus e Camponogara (2007, p. 2) a estratégia consiste em reter o veículo por determinado tempo nos pontos, buscando reduzir a variação de tempo entre estes, e consequentemente reduzir o tempo de espera e aglomeração dos usuários.

Esta variação é conhecida como efeito de “sanfonamento” e foi estudada por Newell e Potts (1964), em ônibus que deveriam operar em intervalos regulares. Neste efeito há uma aproximação sucessiva entre dois veículos consecutivos, da mesma maneira em que há um afastamento de um terceiro veículo, tornando os intervalos cada vez mais irregulares.

A estratégia de Parada Forçada é indicada para rotas operando com espaçamentos pequenos e uniformes pois neste caso os passageiros não estão preocupados com o horário de chegada dos veículos aos pontos.

O resultado final esperado é a redução do tempo de viagem.

3.2.2. Serviços com Paradas Limitadas (“*skipstops*”)

O *skip stop* consiste em uma restrição de serviço em que se estabelecem trechos de linhas nos quais ônibus selecionados não oferecerão serviços de embarque e desembarque, isto é, parando apenas em um grupo pré-determinado de paradas.

Esta restrição pode ser programada, onde se estabelecem quais ônibus terão tais restrições, antes que entrem em operação, e pode ser dinâmica, onde a

determinação é feita enquanto o ônibus está em operação de acordo com a necessidade.

Esta ferramenta tem por objetivo regularizar intervalos, conceito explicado brevemente na ferramenta acima, reduzir o tempo de parada e aumentara oferta em trechos de maior demanda.

A redução nos tempos de parada e a limitação de paradas tem como benefício a redução no tempo total da viagem para os passageiros e para o tempo de ciclo na linha. Tem como consequência o aumento de velocidade do serviço que poderá ser operado por uma frota menor, mantendo o nível de serviço e reduzindo os custos.

Entretanto, a vantagem para os passageiros é relativa, pois, embora existam ganhos de tempo pelos passageiros nas paradas selecionadas para serem atendidas, também existe um aumento no tempo de espera dos passageiros nas paradas não atendidas.

3.2.3. Meias - Viagens ("*deadheading*")

A estratégia meia viagem pode ser considerada uma variação da estratégia de paradas limitadas. Ela consiste na restrição de serviço em que o ônibus vai percorrer um trecho ou toda a linha sem atender a demanda de passageiros no sentido de menor solicitação, ou até mesmo utilizar trajetos diferentes com menores tempos de percurso.

O objetivo, semelhante às ferramentas apresentadas anteriormente, é de melhorar a regularidade de intervalos no sentido mais carregado e, consequentemente, reduzir o tempo de ciclo. Como na alternativa de "*skip-stops*", o tamanho da frota também poderá ser reduzido mantendo o nível de serviço nas paradas atendidas.

É importante entender que esta estratégia deve ser aplicada preferencialmente em linhas pendulares, ou seja, onde a demanda em um sentido é muito maior que no outro sentido. Isto porque esta ferramenta representa um acréscimo no tempo de espera dos passageiros que aguardam o ônibus no trecho menos carregado, devido a diminuição da frequência dos ônibus nas paradas não atendidas, refletindo em um desconforto para esses passageiros.

3.2.4. Sistema de Bilhetagem Eletrônica Desembarcada

Esta ferramenta consiste na cobrança pela viagem antes de entrar no veículo. Isto é, o passageiro paga ao entrar na plataforma de embarque e desembarque, e não mais ao entrar no ônibus, semelhante ao que ocorre em serviços de alta capacidade como metrô e trem.

Desse modo, o embarque e o desembarque tornam-se muito mais rápidos, visto que todas as portas de um lado do veículo poderiam ser utilizadas.

Esta estratégia iria mitigar o efeito de “sanfonamento”, o qual é agravado com a maior demora no tempo de embarque das pessoas, que se acumularam em uma parada em que o espaço de tempo entre veículos foi maior.

Além disso, a diminuição no tempo de ciclo deste veículo significaria uma maior eficiência da linha e consequentemente a redução de custos do operador.

Dentre os inconvenientes desta estratégia poderia ser o alto custo de implantação, caso fosse necessária uma adaptação de estrutura em todas as paradas atendidas pelo ônibus. Porém, uma implantação parcial deste sistema, no qual a adaptação da infraestrutura de bilhetagem só fosse introduzida apenas nos trechos de alta demanda, poderia ser uma solução viável, uma vez que os custos de implantação diminuiriam.

3.3. CONCEITOS SOBRE A MACROMODELAGEM

3.3.1. Macromodelo

A simulação de tráfego pode ser realizada através de modelos matemático computacionais, os quais tentam replicar o comportamento de um sistema de interesse através de equações matemáticas (ORTUZAR e WILLUMSEN, 2011).

Para este estudo inicial foi escolhida a utilização de um macromodelo da Rede de Transporte de uma área da cidade de São Paulo que contenha o objeto de estudo deste trabalho. Esta escolha foi feita para que se tenha um entendimento geral de como funciona a distribuição da demanda atual pela rede modelada.

Para isso utilizou-se o software de macro modelagem VISUM 2016 do grupo PTV, disponibilizado aos membros do grupo na versão “tesis” para a utilização com fins acadêmicos

3.3.2. VISUM

Para uma melhor compreensão da metodologia utilizada para a simulação do Corredor Nove de Julho, serão apresentados a seguir termos frequentemente usados na linguagem de estruturação de redes de transportes:

- Links

Os “links” representam as vias na Rede de Sistemas de Transportes. Eles conectam as interseções no Sistema de Transporte Privado ou as paradas nos Sistema de Transporte Público. Um “link” também representa o caminho de um nó para outro, onde cada sentido é considerado como objeto independente na rede, embora possuam a mesma identificação.

Para cada “link” devem ser especificados os tipos de transporte que podem trafegar, além de poder bloquear vias para determinado tipo de transporte, ou definir sentido único na via.

- Nós

Os nós determinam a localização de cruzamentos de vias. São os elementos de início e fim dos “links” onde ocorrem conversões no sistema de transporte particular ou de transporte público. Podem ainda ser definidas impedâncias para os nós, influenciando na busca por rotas e na atribuição dos resultados.

- Zonas

As zonas são a origem e o destino das demandas, isto é, cada uma das viagens ocorre em uma zona e termina em outra. Elas ainda integram o Modelo da Rede de Transportes à matriz de Origem e Destino que contém as demandas (viagens).

Cada zona pode ser designada a um polígono que representa a sua extensão espacial. Cada uma dessas zonas contemplará um centroide, ponto que representa o local de origem e de destino de viagens geradas no modelo.

Também podem ser armazenadas nestas zonas informações como número de habitantes, quantidades de empregos, ou centros de compras que servem como dados de entrada para o cálculo da distribuição das demandas.

- Matriz

Na estruturação do modelo deste trabalho, foi utilizada uma matriz de demanda (matriz OD). Em matrizes OD (Origem-Destino), a demanda é mostrada por número de viagens que ocorre de uma Zona de Origem para uma Zona de Destino. A distribuição temporal das demandas de viagens é descrita por tempo de início e séries de tempos que são consideradas para os Transportes Públicos e Privados. Ambos são objetos independentes entre si.

- Conectores

Os conectores são elementos responsáveis pelo “carregamento” do modelo através da interligação das zonas à rede de transporte. O conector garante esta interligação conectando o centroide de uma zona a um nó da rede de transporte.

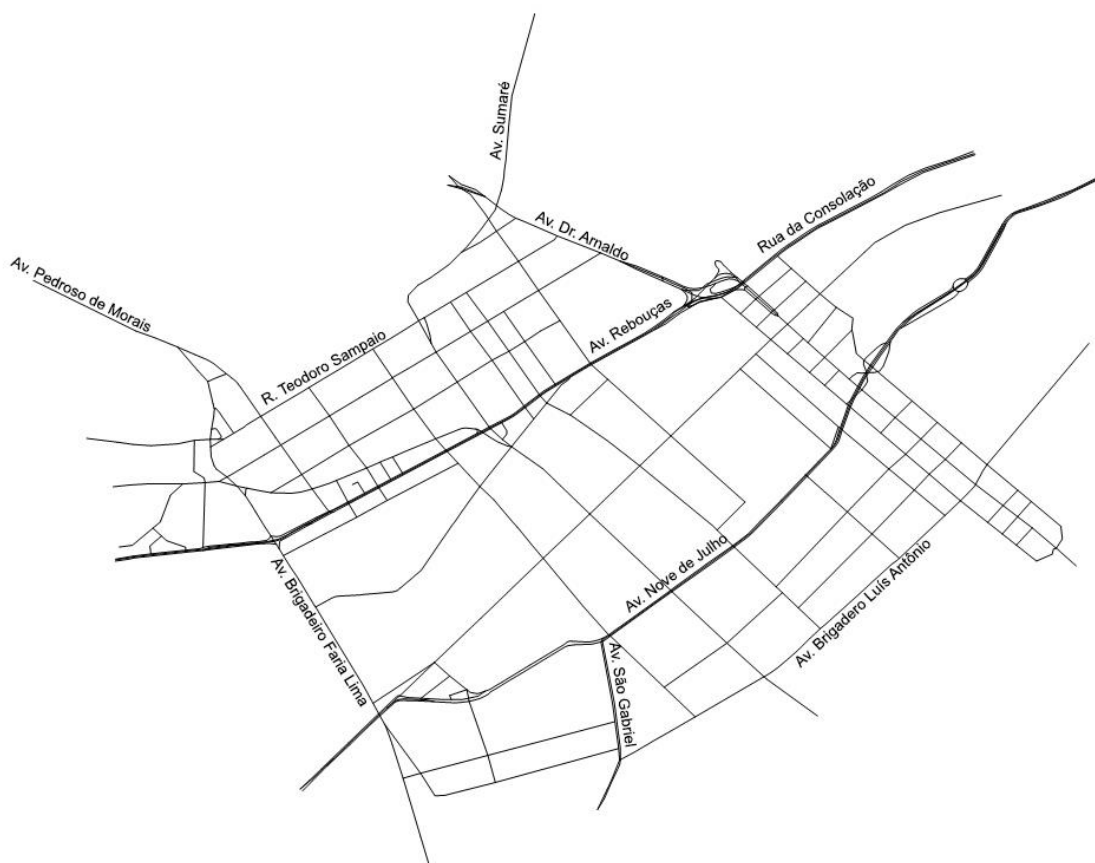
4. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO -FASE 1

4.1. Desenvolvimento da Rede Base

4.1.1. Rede Inicial

O estudo do corredor Nove de Julho utilizou a rede calibrada para o transporte privado, elaborada no Trabalho de Formatura “Elaboração de Um Modelo Macroscópico de Tráfego”. A rede usada como ponto de partida pode ser observada na Figura 4.1.

Figura 4.1 - Rede fornecida e usada como ponto de partida da simulação



Fonte: Elaboração de um Modelo Macroscópico de Tráfego, 2017

Tendo a rede sido desenhada e calibrada para o uso do transporte privado, foi necessário inserir o corredor de estudo na rede de modo que este apresentasse um comportamento próximo do real.

A representação do corredor na rede foi feita a partir de links paralelos aos links de transporte privado, que possuem o corredor, compartilhando as mesmas características nos cruzamentos com as vias transversais.

4.1.1.1. Elaboração da rede inicial

Antes de iniciar a utilização da Rede Inicial modelada para Transportes Privado em “Elaboração de Um Modelo Macroscópico de Tráfego” é importante que se entenda as principais considerações e simplificações feitas em sua elaboração. Desse modo, será possível identificar quais adaptações deverão ser feitas para que se atenda a nova proposta de trabalho e o quão preciso serão os resultados gerados em simulações futuras, quando comparados à realidade.

A seguir serão listadas as principais considerações e etapas de modelagem feitas no modelo inicial segundo MUSSO, ALBERNAZ, TONUS, BOUCHER (2017).

- Elaboração da Rede

Extração da Rede viária de São Paulo na plataforma *Open Street Maps* que englobe vias de importância, tais como: Avenida Nove de Julho, Avenida Rebouças, Rua Cardeal Arcoverde, Avenida Brigadeiro Luiz Antônio.

Para a simplificação do modelo foram desconsideradas outras vias expressas de maior importância, tais como: as vias Marginais Tietê e Pinheiros, a Avenida 23 de Maio, o Corredor Leste Oeste e a via Elevada João Goulart.

Os limites da rede modelada coincidem com o entorno dos pontos de contagem da Pesquisa de Monitoração de Fluidez da CET para possibilitar a posterior calibração de validação dos resultados.

Além disso, foram consideradas vias locais paralelas às principais para que os conectores não sejam inseridos diretamente nas principais, para que desse modo o modelo realize as escolhas de rotas.

- Zoneamento

Foi utilizado como base para a escolha do zoneamento aquele fornecido pela Pesquisa OD³. A partir dele foram identificadas as zonas internas e externas à rede elaborada.

Para uma maior simplificação as zonas externas foram agregadas por exigirem um menor nível de detalhe a medida em que se afastam das zonas de estudo.

Também foram consideradas zonas de borda que se localizam em uma zona intermediária entre as zonas internas e externas.

Através destas simplificações as 460 zonas definidas na Pesquisa OD originais, se formaram 88 zonas.

- Tratamento dos dados

A partir dos dados coletados da Pesquisa da CET foram identificados os horários de pico da Manhã e da tarde que representam as viagens da Pesquisa OD.

Os volumes da Pesquisa CET estão em veículos equivalentes, já que uma moto possui um impacto menor que um veículo regular, assim como um caminhão tem um impacto maior que um veículo regular.

Com o tratamento dos dados da Pesquisa CET determinou-se que a hora pico da manhã corresponde ao intervalo das 7:30 as 8:30, enquanto a hora pico da tarde corresponde ao intervalo das 17:30 as 18:30. Admitiu-se a seguir uma faixa de hora pico ampliada corresponde ao intervalo das Entre 6:30 e 9:30 para o período da manhã e das 16:30 e 19:30 para o período da tarde.

O fator hora pico é a razão entre o número de viagens geradas durante as horas pico da manhã e da tarde e o número de viagens geradas durante as suas respectivas faixas de hora pico ampliadas.

³A Pesquisa OD (Pesquisa Origem Destino) realizada na RMSP pelo Metrô no ano de 2007. Tem por objetivo o levantamento de informações atualizadas sobre as viagens realizadas pela população da Metrópole em dia útil típico

Para cada intervalo horário, da faixa de hora pico ampliada que não seja correspondente a hora pico, multiplicou-se o número total de viagens geradas pelo fator de hora pico calculado. Deste modo, o número de viagens - correspondente à faixa de hora pico ampliada - é a somatória dos novos valores encontrados com o número de viagens gerados durante a hora pico.

Em seguida, foram desconsideradas da matriz quaisquer viagens ocorridas entre zonas externas ou zonas de borda, pois admite-se que estas viagens seriam realizadas fazendo uso das vias expressas que não estão representadas no modelo.

- Parâmetros de rede

Os parâmetros de capacidade - como: velocidade de fluxo livre e número de faixas, que por hipótese é proporcional à capacidade da via, foram associados aos “links”.

Em vias que contenham corredores exclusivos para ônibus, foi desconsiderada a faixa em questão por se tratar de um modelo para transporte privado.

Foram ainda atribuídas funções de atraso às manobras nos nós da rede, dado ao fato que as conversões à esquerda são mais demoradas que à direita. Além disso quanto maior a quantidade veículos que queiram realizar tal conversão, mais demorada será em comparação à uma conversão de fluxo livre.

- Alocação de viagens

A alocação das viagens no modelo foi feita através do VISUM, inserindo a Matriz OD encontrada no modelo.

Para isso, foi utilizado o modelo “equilibrium” de acordo com o princípio de Wardrop:

“Todo usuário da rede escolhe sua rota de tal forma que a impedância em todas as rotas alternativas é a mesma, e a escolha de qualquer outra rota iria aumentar seu tempo pessoal de viagem (user optimum)” (PTV, 2016).

- Ajuste da rede

Os resultados de alocação das viagens na rede se mostraram incoerentes, dado que em vias reconhecidamente problemáticas, praticamente não havia veículos

circulando. Além disso, essa comprovação poderia ser feita ainda através dos pontos de contagem da Pesquisa de Monitoração de Fluidez da CET.

Para melhorar a representatividade desta rede, foram feitos ajustes nos parâmetros de “links”, nós e conectores até que se chegou em uma representatividade satisfatória do modelo. Para estudar esta evolução foi utilizada a regressão linear entre os volumes de tráfego alocados nos “links” do modelo e os volumes reais contados na Pesquisa de Monitoração de Fluidez da CET, e quanto maior a proximidade ao valor um (1), maior seria a representatividade.

Tomou-se ainda o cuidado de conectar os centroides das zonas externas entre eles. Isto porque estas zonas estão afastadas das extremidades da rede, e são viagens que podem ser feitas através de vias expressas que circundam a rede e que não são consideradas no modelo.

Além disso, conectar as Zonas internas a nós internos na rede, considerando que as viagens entre zonas ocorrem preferencialmente pelas vias principais. No entanto, para evitar “links” sobrecarregados, foram eliminados os conectores ligados diretamente a estas vias ou muito próximas delas.

Com auxílio de ferramentas como *Shortest Path* de *FlowBundle* foi possível identificar vias pouco ou muito carregadas indevidamente, ou a origem de viagens que a sobrecarregam, e a partir desses resultados ajustar o modelo.

- Calibração da Matriz

Através da função *TFlowFuzzy* (que é análoga ao *FlowBundle*) do VISUM a matriz de viagens é ajustada de modo que as viagens que ocorrem em determinados elementos da rede se aproximem ao máximo de valores pré-determinados por meio de processos iterativos.

A *TFlowFuzzy* reconhece todos os pares OD, também as demandas dos determinados links, e corrige essas demandas até que a soma delas tenha uma diferença mínima entre o volume atingido e o valor de volume contado atribuído a esse link, dentro de uma margem de tolerância indicada previamente. Esse é o processo iterativo que a função executa.

Para o modelo inicial foram utilizados os volumes de contagem da Pesquisa de Monitoração de Fluidez da CET.

4.2. Levantamento de dados da rede base

Com base na rede inicial foi feita uma análise de como os links, das vias que compõem o corredor de estudo, seriam utilizados e quais seriam as principais zonas que seriam atendidas. Para isto, foi utilizada a função *FlowBundle* do VISUM.

A função *FlowBundle* tem como objetivo mostrar todos os caminhos que passam pelos objetos da rede selecionados. Os dados são detalhados em zona de origem, zona de destino, tipo de sistema de transporte e o volume de passageiros ou veículos.

Assim, a partir da matriz Origem-Destino de transporte privado, foram calculados os pares OD que passam pelos links das vias do corredor e seus respectivos volumes. Foi admitido então, por simplificação, que os pares OD que passam pelas vias que possuem o corredor de estudo serão os pares OD admitidos na matriz OD⁴ para o transporte público.

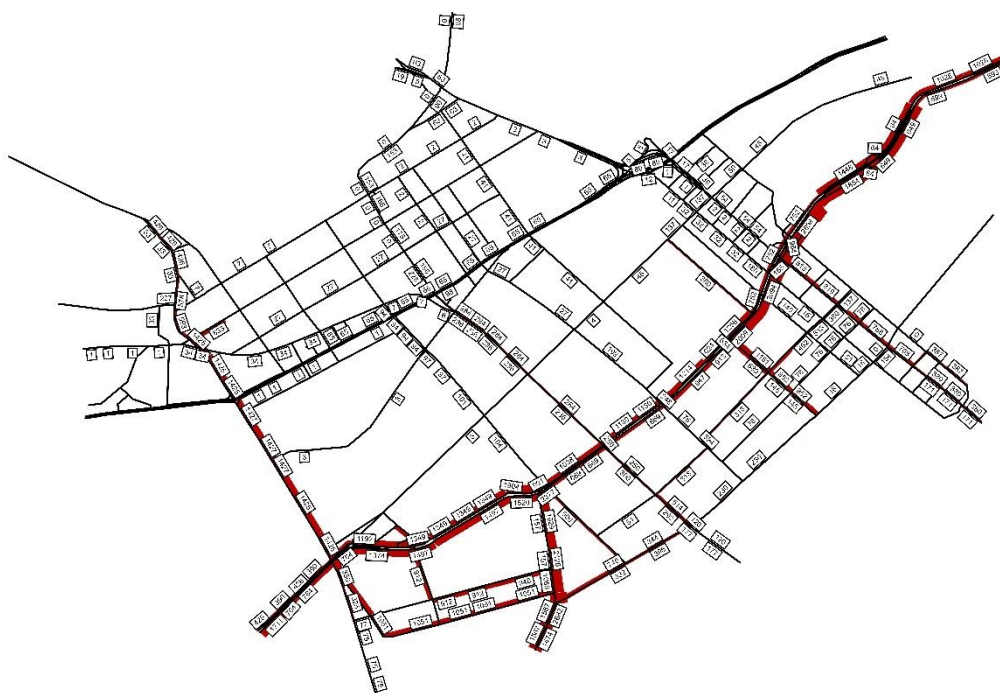
A Figura 4.2 e a Figura 4.3 apresentam os resultados obtidos a partir da função *FlowBundle*.

⁴ A Matriz OD é o resultado da Pesquisa OD, onde todas as viagens são computadas em uma matriz detalhada por zona de Origem e Destino

Figura 4.2 – Tabela gerada a partir do *FlowBundle*

Count	4287	OrigZoneNo	DestZoneNo	PathIndex	Index	LinkNo	FromNodeNo	ToNodeNo
1		1	26	1				
2					1	12817	6840	6839
3					2	12924	6839	6947
4					3	12925	6947	3596
5					4	12653	3596	6838
6					5	12656	6838	3655
7					6	6382	3655	3783
8					7	6542	3783	3967
9					8	6770	3967	4053
10					9	6784	4053	4107
11					10	6848	4107	4391
12					11	6878	4391	4432
13					12	6882	4432	4438
14					13	12380	4438	6746
15		2	26	1				
16					1	12736	6868	6850
17					2	12690	6850	6750
18					3	12391	6750	6751
19					4	12390	6751	4053
20					5	6784	4053	4107
21					6	6848	4107	4391
22					7	6878	4391	4432
23					8	6882	4432	4438
24					9	12380	4438	6746
25		2	26	2				

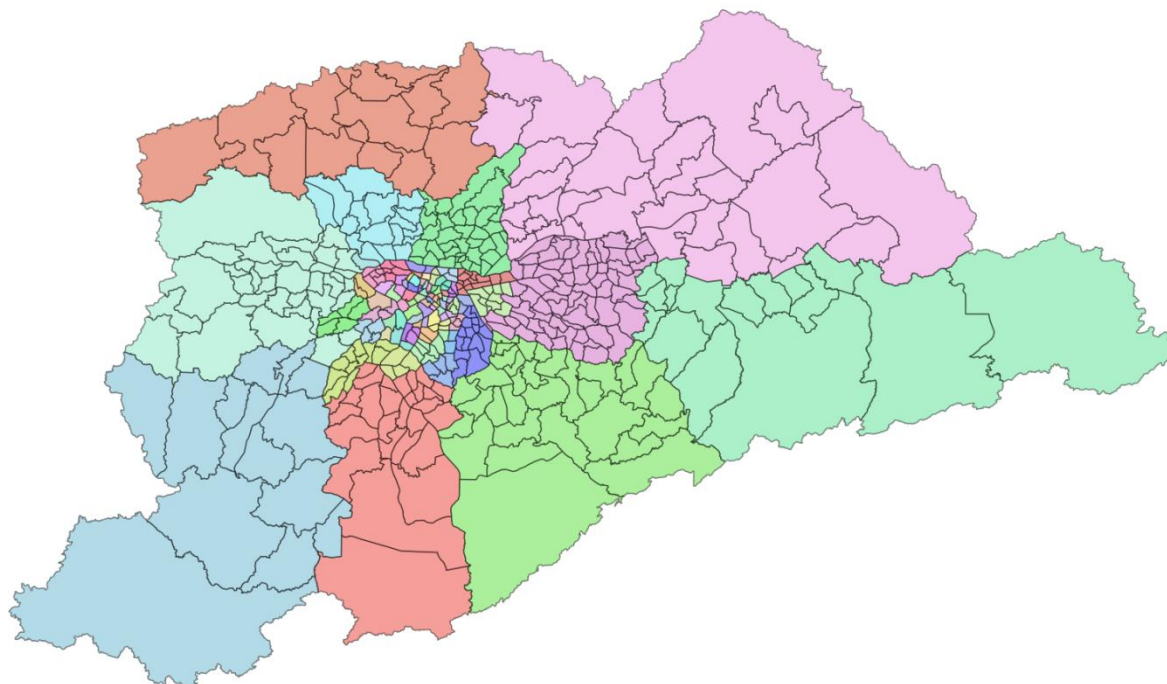
Figura 4.3 – Resultado obtido a partir do *FlowBundle*



4.2.1. Matriz Origem-Destino

A Matriz Origem-Destino usada como base foi a Matriz OD da Pesquisa Origem e Destino 2007 do Metro. Para a compatibilização dos dados com as zonas consideradas no modelo, as 480 zonas consideradas na pesquisa foram agregadas em 88 zonas, de acordo com o Trabalho de Formatura “Elaboração de Um Modelo Macroscópico de Tráfego”. Na Figura 4.4 pode ser observada a agregação das zonas consideradas no modelo onde as zonas de cores iguais serão agrupadas tornando-se uma única zona. Fica claro que quanto mais afastado do centro (onde se encontra a rede modelada) menor o nível de detalhes exigido com zonas muito maiores do que as do centro.

Figura 4.4 - Agregação das zonas



Fonte: Dados Obtidos da Pesquisa Origem-Destino, 2007

Além disso, a matriz Origem-Destino utilizada foi manipulada de modo a apresentar valores não-nulos apenas para os pares OD levantados pela função *FlowBundle*.

4.2.2. Linhas de Ônibus

A partir de dados fornecidos pela SPTrans sobre o itinerário dos ônibus, foram encontradas 27 linhas que passam em algum momento pelo Corredor Nove de Julho. As linhas de ônibus são listadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1– Linhas de ônibus no Corredor Nove de Julho

Número	Nome
106A-10	METRÔ SANTANA / ITAIM BIBI
609F-10	CHÁC. SANTANA / TERM. PRINC. ISABEL
609F-21	CHÁC. SANTANA / ANHANGABAÚ
6200-10	TERM. STO. AMARO / TERM. BANDEIRA
6250-10	JD. JAQUELINE / TERM. BANDEIRA
6262-10	CEASA / TERM. BANDEIRA
6291-10	INOCOOP CAMPO LIMPO / TERM. BANDEIRA
6338-10	JD. MIRIAM / TERM. PRINC. ISABEL
6358-10	JD. LUSO / TERM. BANDEIRA
6366-10	JD. MIRIAM / TERM. BANDEIRA
6400-10	TERM. JOÃO DIAS / TERM. BANDEIRA
6403-10	TERM. JOÃO DIAS / TERM. PQ. D. PEDRO II
6414-10	SOCORRO / TERM. BANDEIRA
6422-10	VL. CRUZEIRO / TERM. BANDEIRA
6450-10	TERM. CAPELINHA / TERM. BANDEIRA
6450-51	VALO VELHO / TERM. BANDEIRA
6451-10	TERM. CAPELINHA / TERM. BANDEIRA
6451-21	TERM. CAPELINHA / PÇA. 14 BIS
6475-10	JD. VAZ DE LIMA / TERM. BANDEIRA
6500-10	TERM. STO. AMARO / TERM. BANDEIRA
6505-10	TERM. GUARAPIRANGA / TERM. BANDEIRA
6913-10	TERM. VARGINHA / TERM. BANDEIRA
7600-10	SHOP. MORUMBI / METRÔ ARMÊNIA
8605-10	TERM. CAMPO LIMPO / TERM. BANDEIRA
8610-10	JD. PAULO VI / TERM. BANDEIRA
N701-11	TERM. STO. AMARO / TERM. PQ. D. PEDRO II
N839-11	METRÔ BUTANTÃ / METRÔ VL. MARIANA

Fonte: SPtrans

Para cada linha foram obtidos dados de horários de operação, programação horária de partidas - por sentido - nos terminais, tempo estimado de viagem em diferentes dias da semana e períodos, e itinerário das linhas.

4.2.2.1. Agrupamento das Linhas de Ônibus

Com o intuito de simplificar e facilitar a manipulação dos dados das 27 linhas levantadas, estas foram agrupadas em Linhas Tipo. Para isso, identificaram-se as zonas de atendimento de cada linha, de acordo com o zoneamento estabelecido no item anterior.

A Figura 4.5 mostra o esquema de estudo para o agrupamento das linhas por cores e letras (Linhas Tipo A B, C, D, E, F, G) de acordo com as semelhanças de zonas atendidas por cada uma delas.

Figura 4.5 - Linhas Tipo por zonas de atendimento

		A	A	A	A	B	C	A	D	D	D	E	A	E	E	E	E	A	A	A	E	E	E	E	F	F	E	G
	Número da Linha	106A-10	609F-10	609F-21	6200-10	6250-10	6262-10	6291-10	6338-10	6358-10	6366-10	6400-10	6403-10	6414-10	6422-10	6450-10	6450-31	6451-10	6451-21	6475-10	6500-10	6505-10	6913-10	7600-10	8605-10	8610-10	N701-11	N839-11
Zonas	1																											
	2																											
	3																											
	4																											
	5																											
	6																											
	7																											
	8																											
	9																											
	10																											
	11																											
	12																											
	13																											
	14																											
	15																											
	16																											
	17																											
	18																											
	19																											
	20																											
	21																											
	22																											
	23																											
	24																											
	25																											
	26																											
	27																											
	28																											
	29																											
	30																											
	31																											
	32																											
	33																											
	34																											
	35																											
	36																											
	37																											
	38																											
	39																											
	40																											
	41																											
	42																											
	43																											
	44																											
	45																											
	46																											
	47																											
	48																											
	49																											
	50																											
	51																											
	52																											
	53																											
	54																											
	55																											
	56																											
	57																											
	58																											
	59																											
	60																											
	61																											
	62																											
	63																											
	64																											
	65																											
	66																											
	67																											
	68																											
	69																											
	70																											
	71																											
	72																											
	73																											
	74																											
	75																											
	76																											
	77																											
	78																											
	79																											
	80																											
	81																											
	82																											
	83																											
	84																											
	85																											
	86																											
	87																											
	88																											

Fonte: Própria

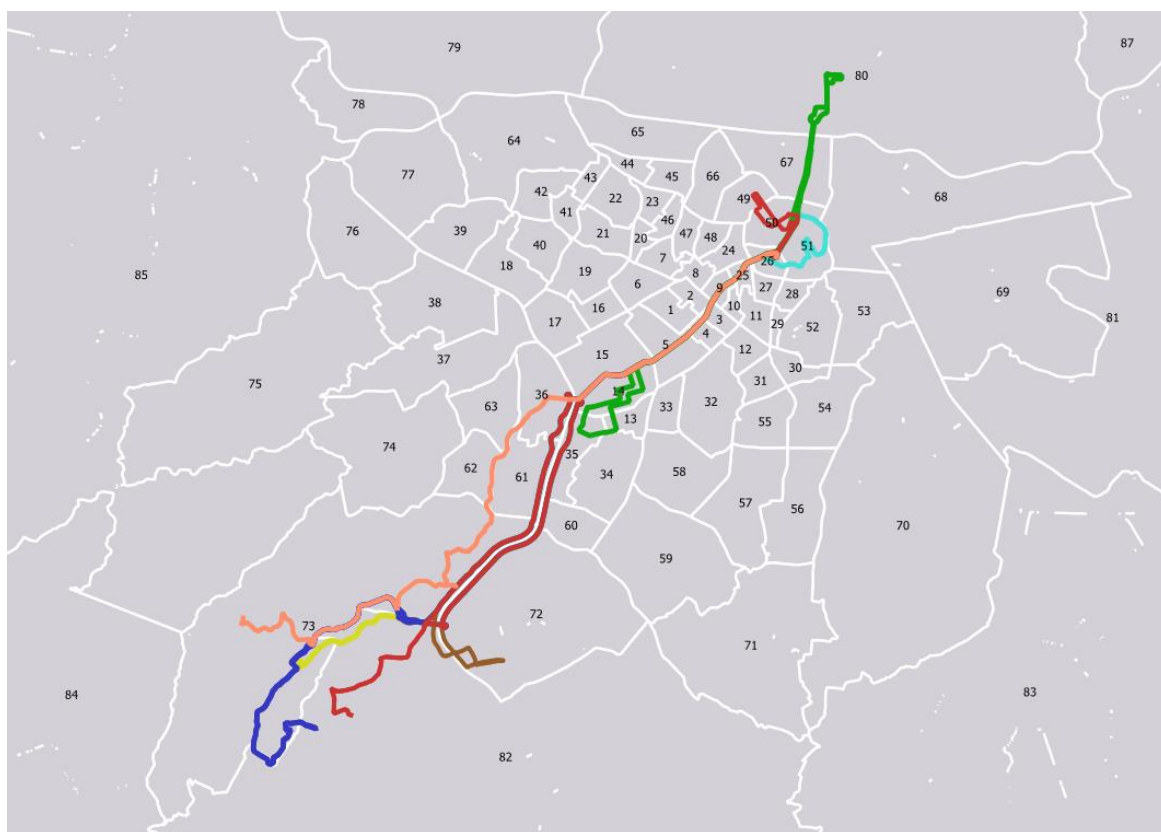
Além das zonas de atendimento de cada linha, também foram levadas em consideração para o agrupamento as paradas atendidas ao longo do corredor. O resultado após esta análise foram as mesmas 7 Linhas Tipo identificadas na Figura 4.5.

Expõe-se a seguir o detalhamento de cada Linha Tipo:

- Linhas Tipo A

A Figura 4.6 representa os trajetos de cada linha de ônibus. Estas linhas têm um percurso similar, partindo do sudoeste da cidade, ingressando no corredor de estudo na parada Marina Cintra e nele seguindo até o Terminal Bandeira no centro.

Figura 4.6 - Composição de linhas do Tipo A

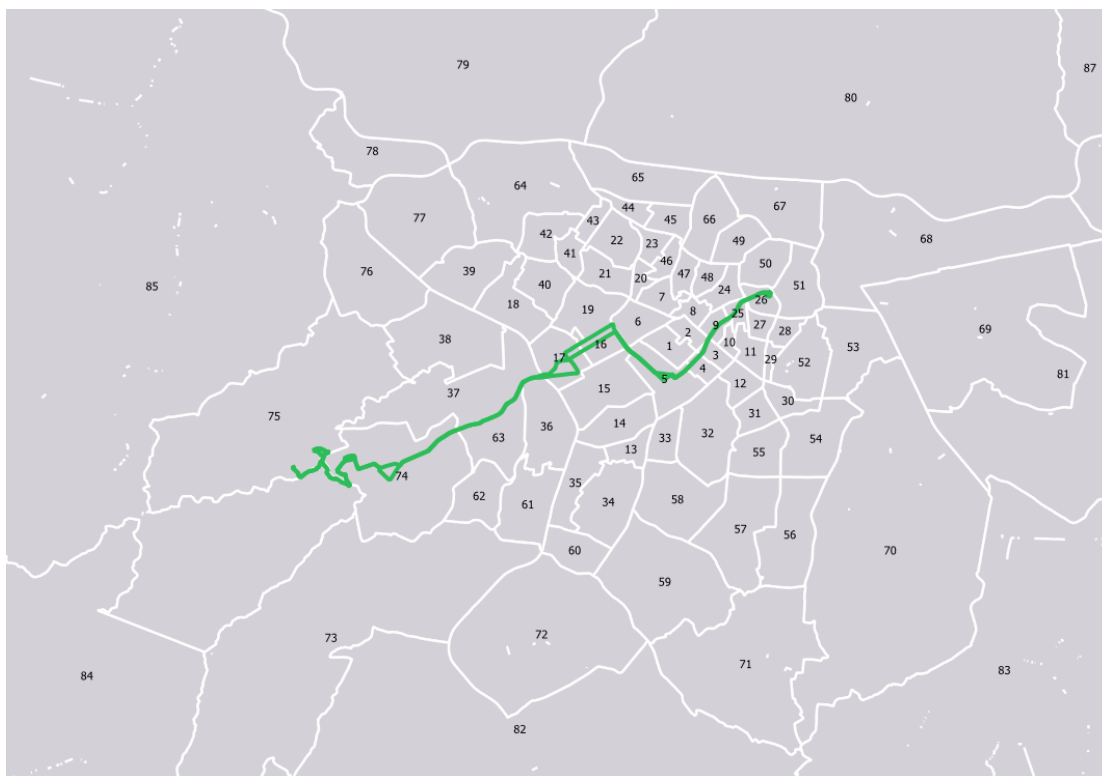


Fonte: Dados Obtidos da Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo B

A Figura 4.7 representa os trajetos da linha Tipo B. Esta linha parte da região Sudoeste e segue para o centro da cidade. O ingresso no corredor de estudo ocorre na parada Guianas seguindo até o Terminal Bandeira.

Figura 4.7 – Composição de linhas do Tipo B

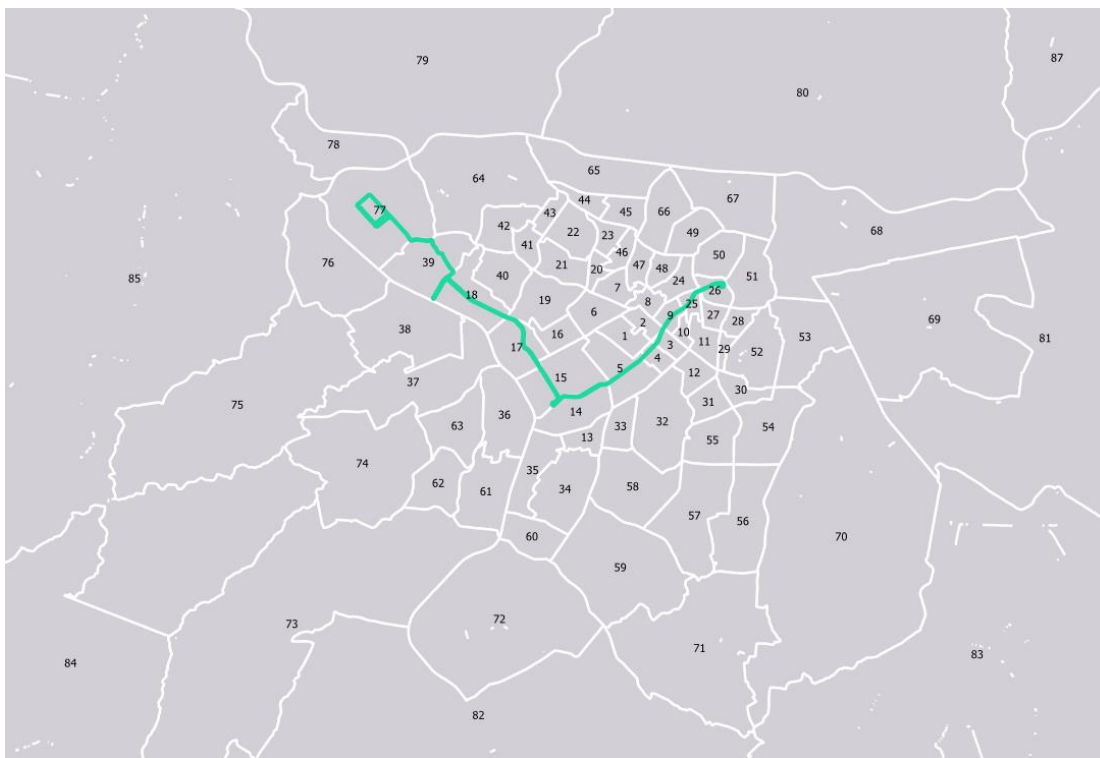


Fonte: Dados Obtidos da Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo C

A Figura 4.8 representa os trajetos da linha do Tipo C. Esta linha ingressa no corredor de estudo na parada Marina Cintra e percorre o corredor até o Terminal Bandeira. Esse tipo de linha, ainda que ingresse no corredor na mesma Parada que as Linhas Tipo A, serão consideradas diferentes por percorrerem rotas diferentes antes de ingressarem no corredor de estudo, atendendo à diferentes demandas. A linha Tipo C começa na região Noroeste da cidade e segue para o centro da cidade.

Figura 4.8 – Composição de linhas do Tipo C

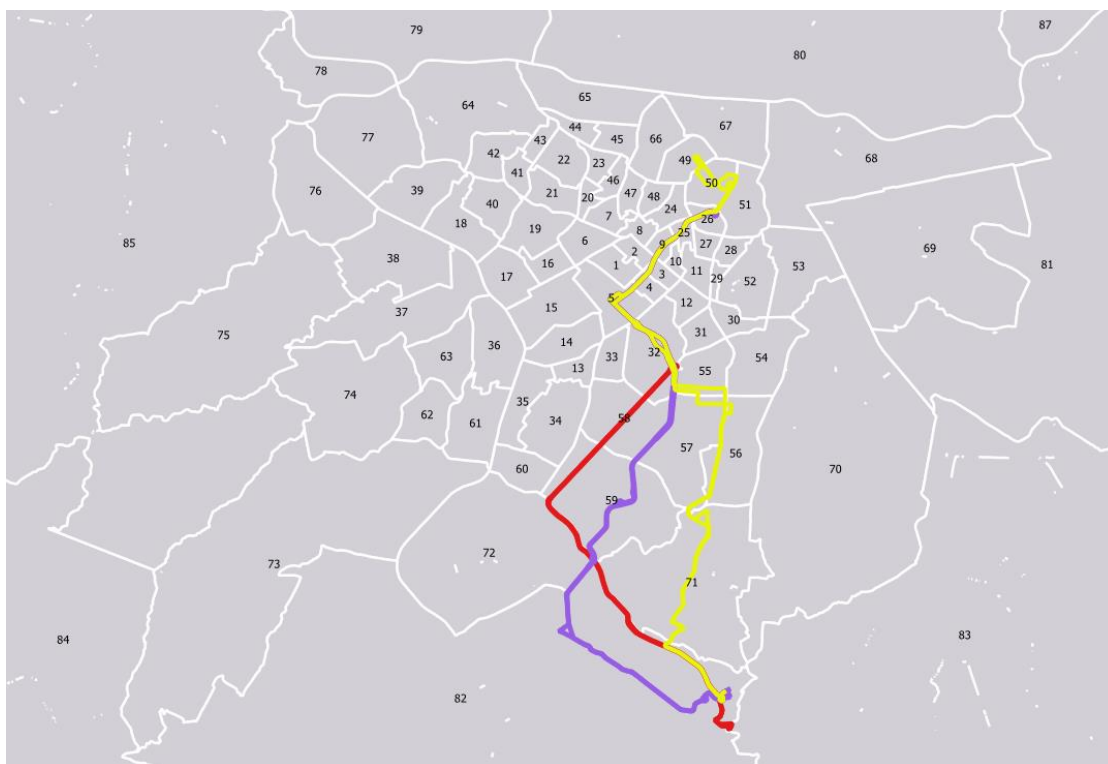


Fonte: Dados Obtidos da Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo D

A Figura 4.9 representa os trajetos das 3 linhas do Tipo D. Essas linhas ingressam no corredor de estudo na parada Guianas e o percorrem até o Terminal Bandeira. A parada de ingresso no corredor é a mesma que as Linhas tipo B, porém percorrem rotas diferentes. As linhas tipo D começam na região Sudeste ao invés de Sudoeste como as Linhas tipo B.

Figura 4.9 – Composição de linhas do Tipo D

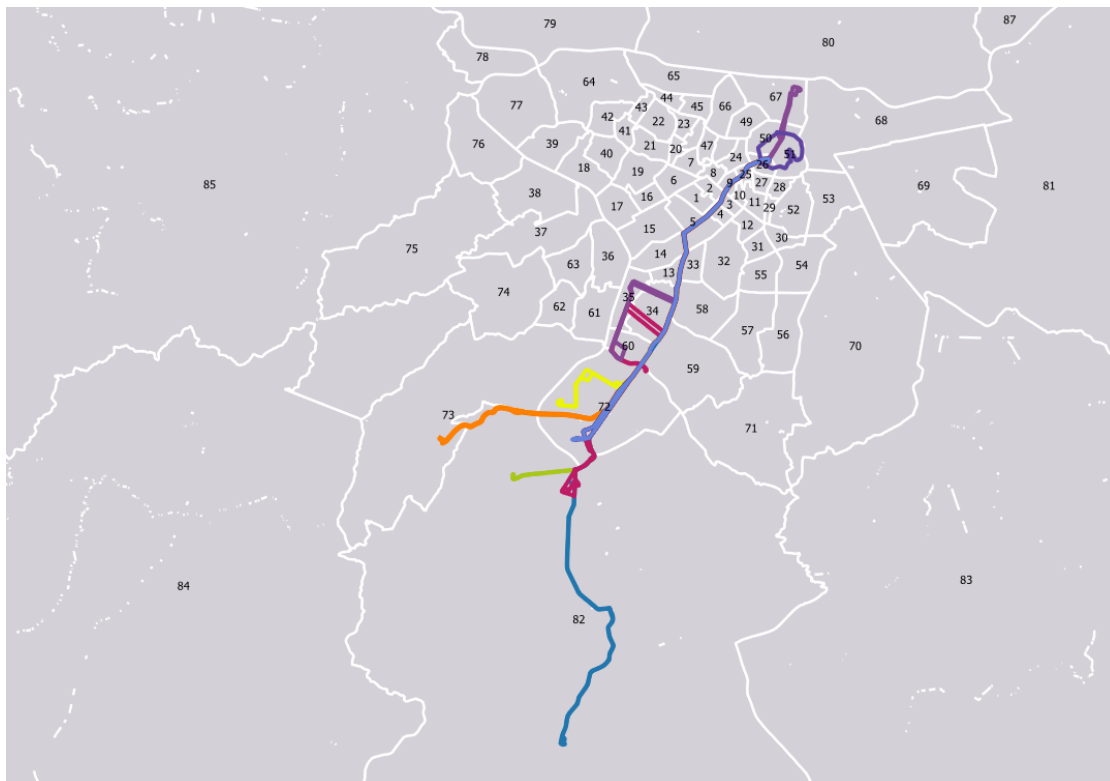


Fonte: Dados Obtidos da Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo E

A Figura 4.10 representa as rotas das dez linhas do Tipo E. Essas linhas ingressam no corredor de estudo na parada J. K. e seguem no corredor até o Terminal Bandeira. A rota inicia na região Sul e segue até o centro da cidade.

Figura 4.10 – Composição de linhas do Tipo E

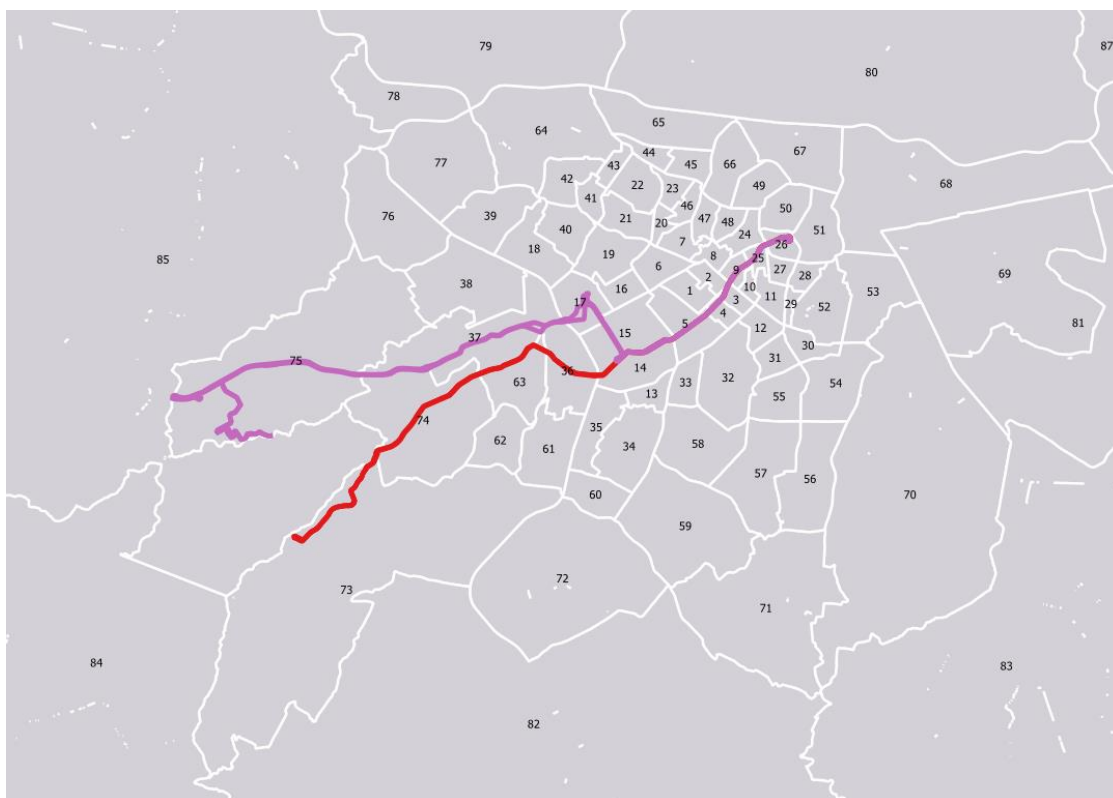


Fonte: Dados Obtidos da Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo F

A Figura 4.11 representa as rotas das duas linhas do Tipo F. Essas linhas ingressam no corredor de estudo na parada Marina Cintra e seguem até o Terminal Bandeira. As linhas Tipo F ainda que ingressem no corredor na mesma parada que as Linhas Tipo A e Tipo C, são consideradas diferentes por atenderem regiões diferentes, antes de ingressar no corredor. As linhas do Tipo F começam na região Sudoeste da cidade e seguem para o centro.

Figura 4.11 – Composição de linhas do Tipo F

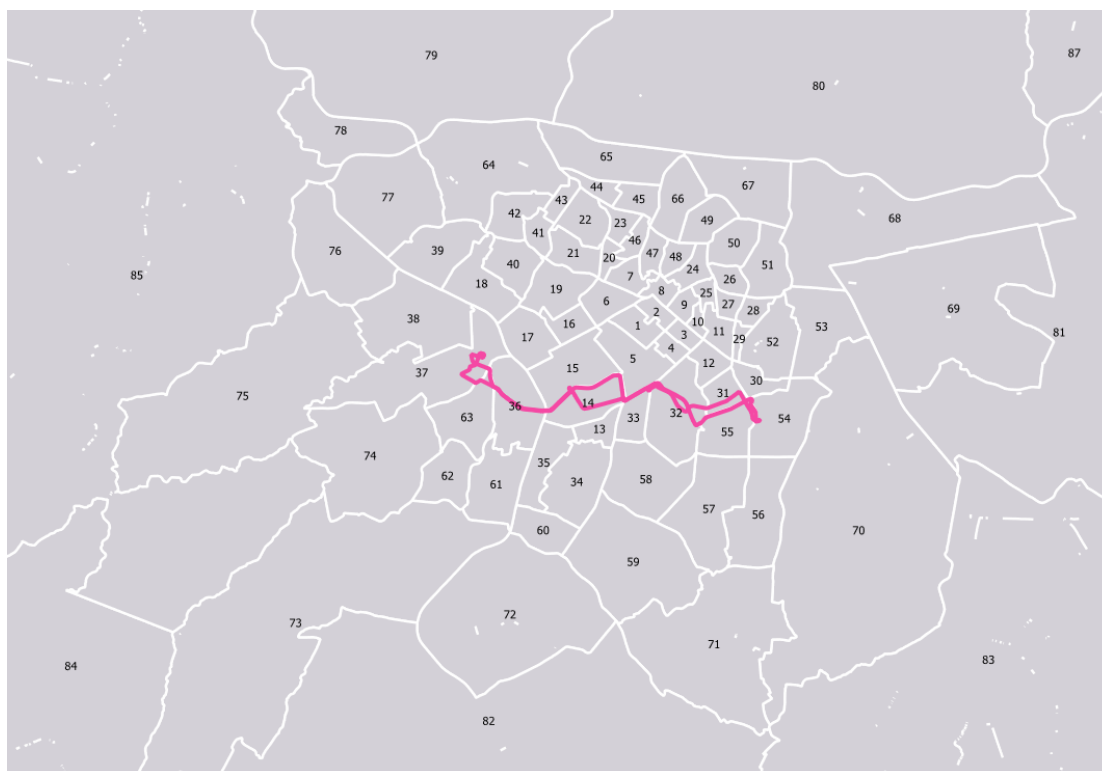


Fonte: Dados Obtidos da Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo G

A Figura 4.12 representa a rota da linha do Tipo G. Essa linha ingressa no corredor de estudo na parada J. K. e atende apenas a esta parada e a São Gabriel no sentido bairro.

Figura 4.12 – Composição de linhas do Tipo G



Fonte: Dados Obtidos Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

Após a apresentação das rotas de cada uma das linhas, tem se a seguir a Tabela 4.2 com a lista de pontos que cada tipo de linha vai atender no percurso do corredor de estudo.

Tabela 4.2– Paradas de ônibus atendidas por cada Tipo de linha

Paradas atendidas	Linha Tipo						
	A	B	C	D	E	F	G
J. K.					X		X

Paradas atendidas	Linha Tipo						
	A	B	C	D	E	F	G
São Gabriel					X		X
Marina Cintra	X		X			X	
Guianas	X	X	X	X	X	X	
Estados Unidos	X	X	X	X	X	X	
José M. Lisboa	X	X	X	X	X	X	
Getúlio Vargas	X	X	X	X	X	X	
14 Biss	X	X	X	X	X	X	
INSS	X	X	X	X	X	X	
Terminal Bandeira	X	X	X	X	X	X	

Fonte: SPTrans, 2017

4.2.2.2. Determinação dos “*Headways*”

Para a determinação dos intervalos de tempo entre veículos (*headways*), em cada tipo de linha, foram utilizados dados disponíveis pela SPTrans (2017) com os horários e números de partidas distribuídas ao longo do dia, para cada linha de ônibus que passe no trecho do corredor em estudo.

A partir desses dados foi selecionado um intervalo de 3 horas nas Horas Pico da manhã, e calculado o número de partidas por hora, através de uma média simples. Este processo foi feito para cobrir o intervalo de horas pico considerado pela pesquisa OD do Metrô (2007), entre 6:30h e 8:30h, e ao mesmo tempo levar em conta a variação do número de partidas ao longo desse período e as imprecisões do ponto de entrada no modelo de simulação.

Desse modo, para as linhas de ônibus que seguem sentido centro utilizaram-se os dados de partida contidos no intervalo das 5:00h às 8:00h. Já para as que seguem no sentido sul/sudoeste, utilizaram-se os dados de partida contidos no intervalo das 6:00h às 9:00h.

Esta diferenciação entre as horas consideradas foi feita devido ao trajeto das linhas e o ponto de entrada dos veículos dentro do modelo de simulação e do trecho do corredor em estudo.

No sentido Sul/Sudoeste os terminais de partida se encontram todos muito próximos à Avenida Nove de Julho. Desse modo, pode-se considerar diretamente os dados no intervalo de hora pico adotado pela Pesquisa OD, isto é, entre 6:30h e 8:30h, mas com intervalo de 3 horas tornando-se das 6:00h às 9:00h.

No sentido centro as linhas de ônibus começam muito distantes do trecho da Avenida Nove de Julho, e em muitos casos o ponto de partida nem se encontra dentro da área modelada. Por este motivo foi adotado o mesmo intervalo adiantado em 1 hora em relação ao sentido contrário, admitindo que este é o tempo de trajeto que o veículo levaria até chegar no trecho de interesse do corredor.

A Tabela 4.3 a seguir apresenta os *headways* calculados para cada tipo de Linha:

Tabela 4.3– Headways das Linhas Tipo

Tipo	Headway (sentido centro)	Headway (sentido bairro)
A	52 seg	1 min
B	15 min	20 min
C	12 min	10 min
D	3 min e 32 seg	5 min
E	57 seg	1 min e 2 seg
F	3 min e 45 seg	5 min
G	-	-

Fonte: Dados obtidos da SPTrans (2017)

Podem ser observados *headways* muito distintos entre cada Linha Tipo. Um dos motivos para que isso ocorra é a quantidade de linhas agrupadas em cada uma delas. Linhas Tipo com maior número de partidas por hora apresentam um menor *headway* e vice-versa.

A Linha Tipo G, que é composta pela linha N839-11, tem operação exclusivamente noturna, isto é, fora do período da simulação (pico da manhã). Desse modo, o número de partidas é nulo e consequentemente, o valor de seu *headway* também é.

4.2.3. Características da via

Os links que compõem o corredor de ônibus Nove de Julho possuem as seguintes características:

- Link bidirecional com uma faixa por sentido;
- Velocidade máxima de 50 km/h;
- Veículos permitidos: Ônibus;
- Capacidade Veículo-Tipo: 136passageiros

A valor da capacidade do Veículo-Tipo foi adotado de acordo com o “Relatório de Avaliação do Impacto da Utilização dos Corredores exclusivos de ônibus por táxis e outros veículos” (2013). Ele foi estipulado a partir da ponderação de cada tipo de veículo na de acordo com a Tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Capacidade Veículos

Tipo de ônibus	Capacidade (passageiros)
Convencional	98
Articulado	120
Biarticulado	190

Fonte: Prefeitura de São Paulo, SPTrans, CET, 2013

(https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/173100/mod_resource/content/7/Relatorio%20CET%20Taxi%20X%20Faixa.pdf)

4.3. Inserção do Corredor de Ônibus Nove de Julho

O corredor de ônibus da avenida Nove de Julho foi representado através de um traçado paralelo à representação das vias comuns do trecho, com as características descritas no item 4.2.3. A via inicia-se na Avenida São Gabriel na altura da intersecção com a Avenida Antônio Lacerda, acessa a Avenida Nove de Julho, passando pelo túnel Daher Elias Cutait, percorrendo o viaduto Plínio de Queiroz e terminando no Terminal Bandeira.

Ao longo do traçado do corredor, foram posicionados os Stop Points referentes às paradas de ônibus consideradas no item 4.2.

4.3.1. Linhas e Rotas de Ônibus

Associou-se a cada uma das sete linhas tipo de ônibus criadas, um veículo do tipo “ônibus” de capacidade total de 136 passageiros.

A cada uma das linhas criadas, associaram-se duas rotas (“*lineroute*”), uma percorrendo o sentido bairro-centro e a outra percorrendo o sentido centro-bairro. Todas as rotas foram criadas de forma a atender a todas as paradas de ônibus do trecho da via que percorrem.

Às *lineroutes* geradas atribuiu-se um *headway* atuante durante um intervalo de duas horas (6:30 às 8:30), correspondente ao intervalo de tempo coberto pela matriz OD (utilizada no modelo) para o transporte público. A relação entre as linhas de ônibus e o número de viagens realizadas durante o período considerado encontram-se na Tabela 4.5.

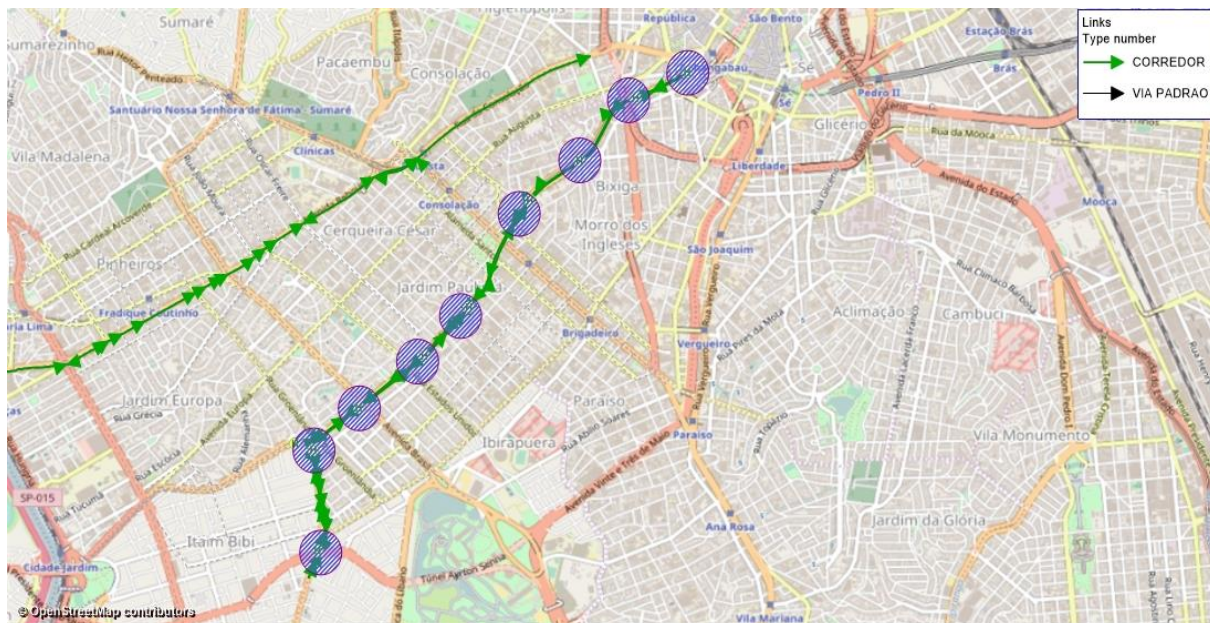
Tabela 4.5 –Headway aplicado para cada tipo de linha

Tipo	Headway (p/ Centro)	Número de viagens	Headway (p/ Sul/Sudeste)	Número de viagens
A	52 seg	142	1 min	121
B	15 min	9	20 min	7
C	12 min	11	10 min	13
D	3 min e 32 seg	34	5 min	25
E	57 seg	127	1 min e 2 seg	117
F	3 min e 45 seg	33	5 min	25

4.4. Simulação Inicial

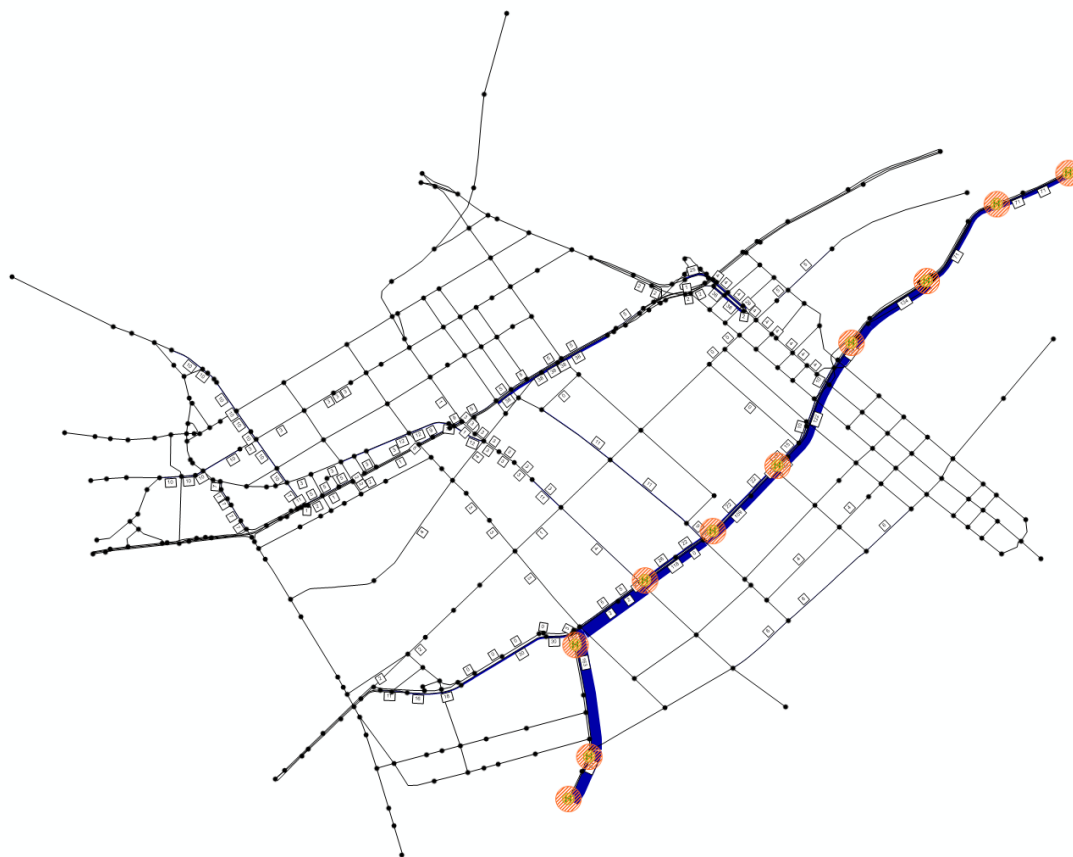
Ao término da modelagem do Corredor de ônibus Nove de Julho, foi obtido o seguinte modelo, com dados de todas as linhas e pontos de parada como apresentado na Figura 4.13.

Figura 4.13 – Modelagem do Corredor Nove de Julho



Deste modo, foi possível realizar uma simulação preliminar do modelo, onde os resultados não foram condizentes com a realidade, apresentando apenas um sentido de carregamento para o transporte público (sentido Bairro-Centro). Além disso, os resultados gerados não puderam avaliar a competitividade entre o corredor e as diversas vias existentes, tendo o Corredor Nove de Julho como única via de circulação de passageiros como apresentado na Figura 4.14. A partir destes resultados, é apresentada no item 5 a maneira pela qual se buscou aperfeiçoar o modelo para que este representasse resultados mais verídicos.

Figura 4.14 – Resultado da Simulação Inicial



5. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO - FASE 2

Visto os resultados anteriores, foram feitas diversas investigações e propostas de novas alternativas para que o modelo representasse um resultado mais próximo da realidade. A sequência de ações foram as seguintes:

- Correção do sentido de circulação das linhas de ônibus;
- Correção dos conectores;
- Inserção do Corredor Campo Limpo / Rebouças / Centro;
- Refinamento do modelo;

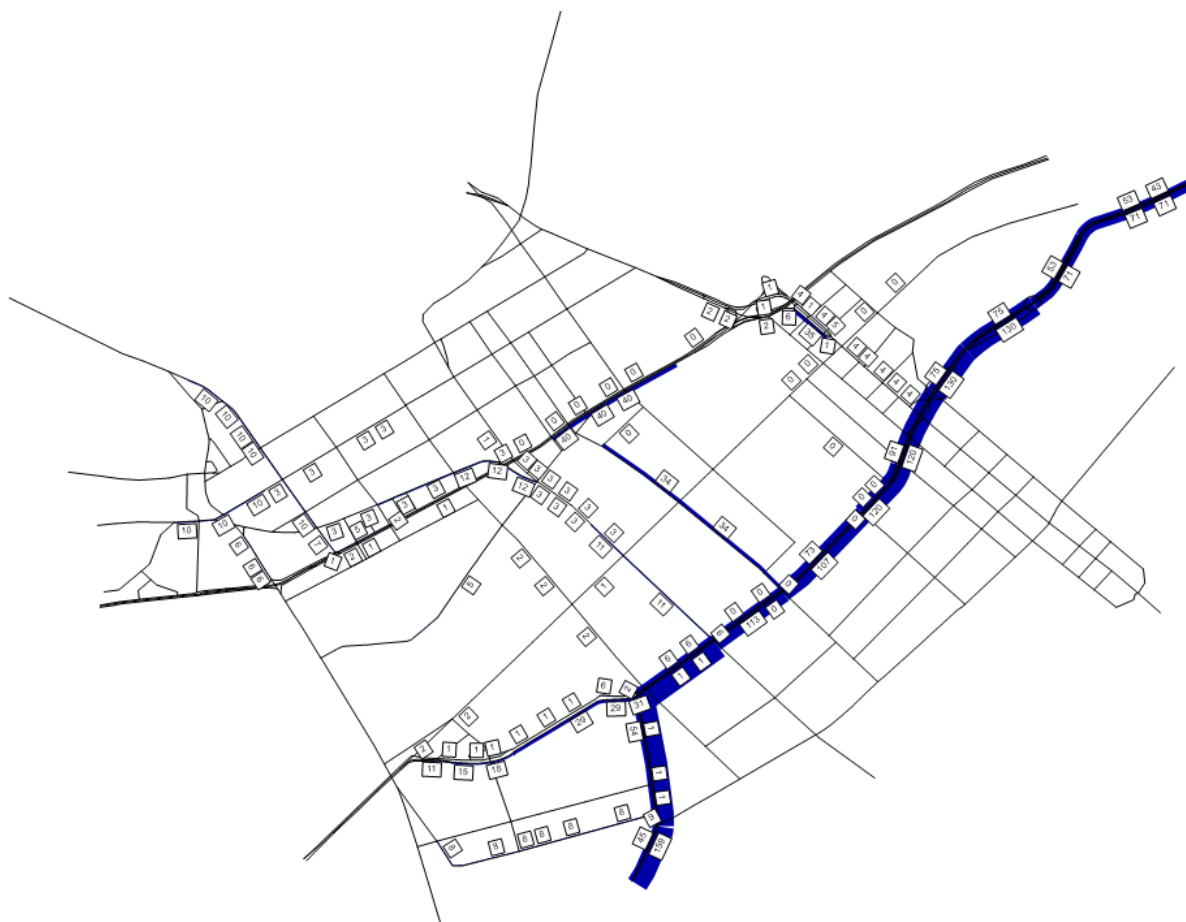
É importante ressaltar que cada ação foi seguida de uma simulação para conferência de resultados.

5.1. Correção do Sentido de Circulação das Linhas de Ônibus

Primeiramente buscou-se descobrir o motivo pelo qual os carregamentos de viagens da simulação ocorriam apenas no sentido Bairro-Centro. À princípio suspeitou-se que o problema estaria nos conectores que ligavam as zonas à rede. Entretanto, após diversas tentativas descobriu-se que as linhas de ônibus haviam sido criadas de maneira equivocada, apenas em um sentido.

As linhas foram criadas novamente nos dois sentidos e o novo resultado da simulação pode ser observado na Figura 5.1, agora com carregamento em ambos os sentidos.

Figura 5.1 - Correção Sentido de Circulação no Corredor Nove de Julho



5.2. Correção dos Conectores

Durante a simulação preliminar, foram criados inúmeros conectores pensando que seria a melhor maneira para que as zonas fossem conectadas à rede. Por outro lado, como pode ser observado na Figura 4.14, as viagens alocadas no modelo encontraram caminhos que passavam somente pelo corredor, isto é, o par OD de uma zona A para uma zona B encontrou como caminho mais atrativo à sequência conector ligando a zona A ao ponto de ônibus inicial, Corredor de Ônibus e conector ligando o ponto de Ônibus final à zona B. Isto ocorria devido ao fato de haver um número considerável de conectores ligando as zonas à rede, como mostrado na Figura 5.3, de forma que o pedestre tinha a opção de chegar ao corredor de ônibus diretamente por conectores. A Figura 5.2 representa esquematicamente este caminho.

Figura 5.2 – Desenho esquemático de Caminho Mínimo encontrado

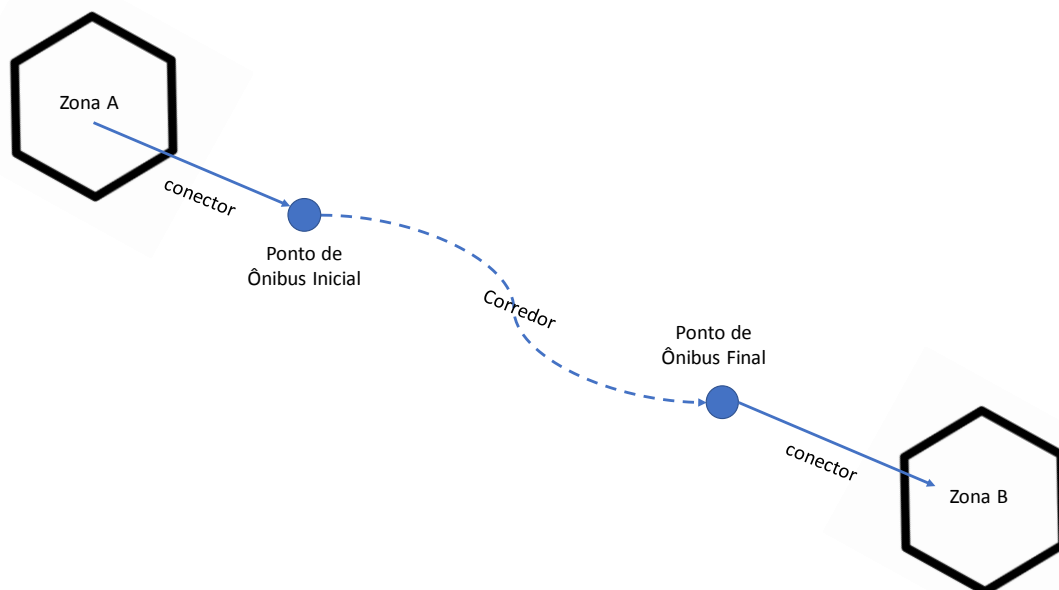
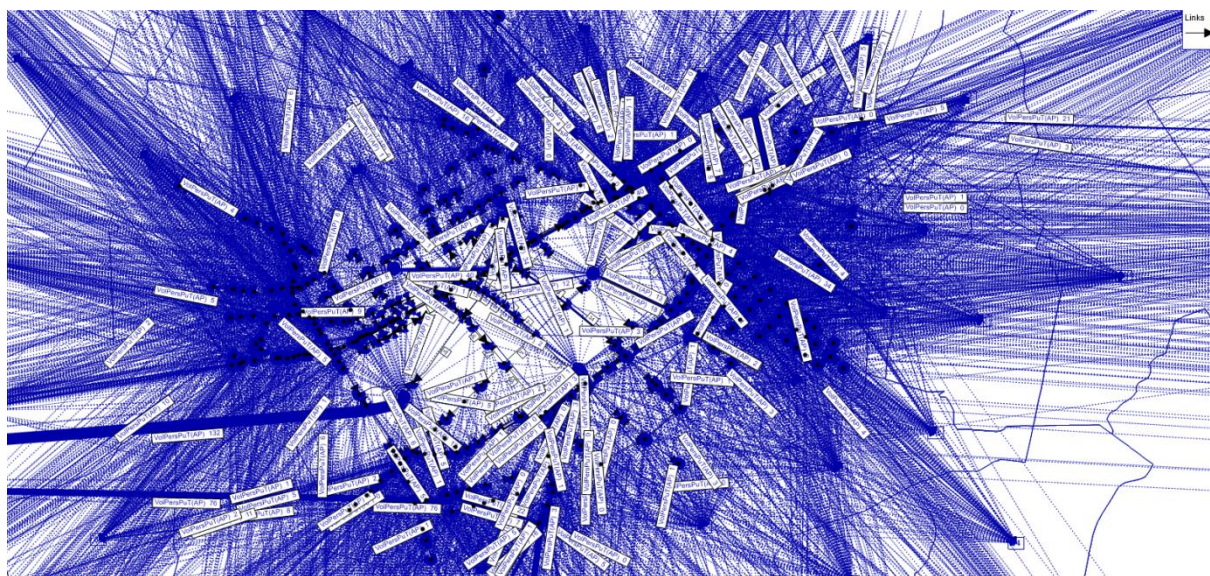


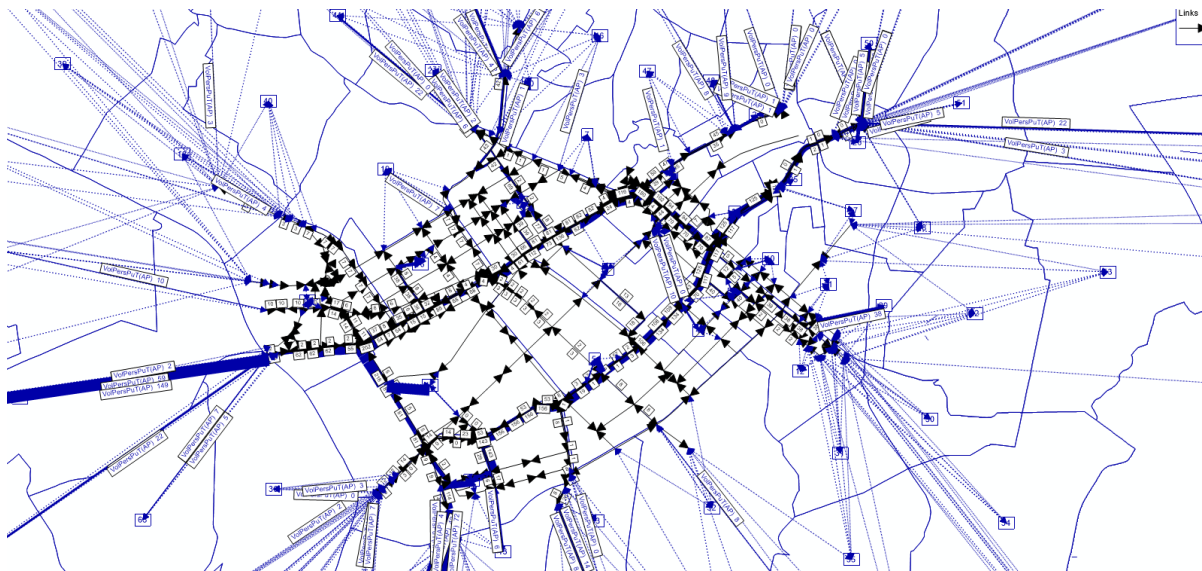
Figura 5.3 – Conectores utilizados na simulação preliminar



Como solução optou-se pela criação de conectores limitando-se o comprimento máximo desses. Assim, os conectores foram ligados aos limites da rede e o pedestre escolheria o melhor caminho, caminhando pelas vias da rede até chegar ao ponto de ônibus e também caminhando do ponto de ônibus até o limite da rede para então

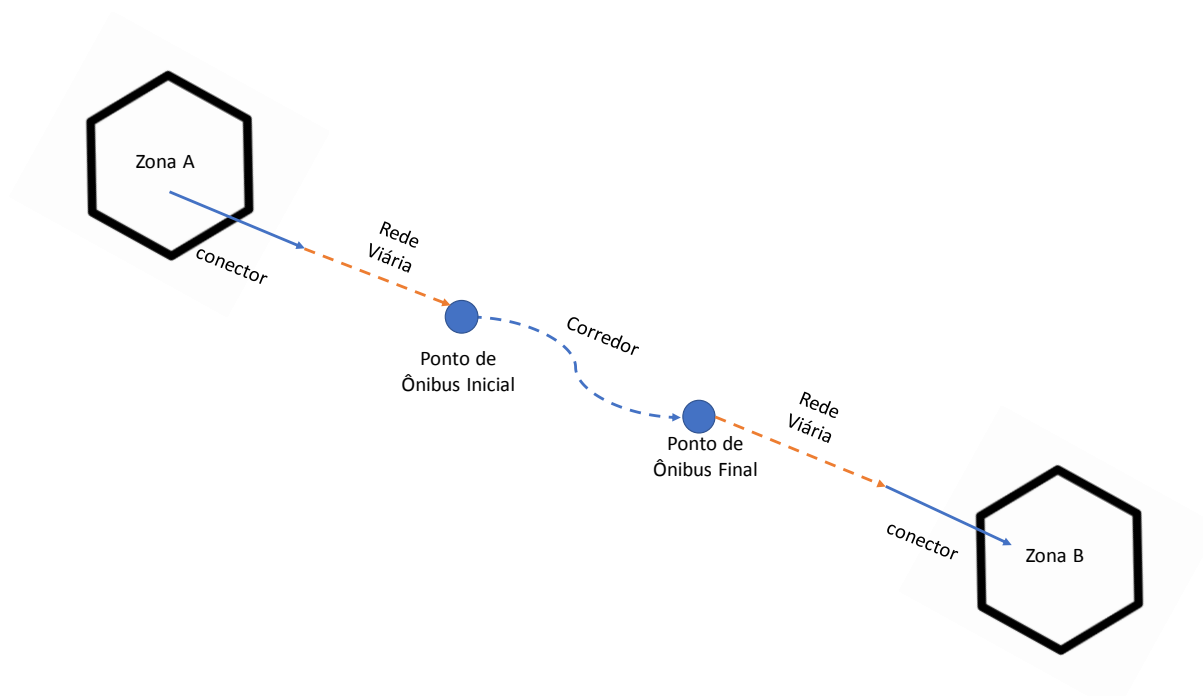
escolher o conector que o ligaria à zona de destino. A Figura 5.4 mostra a nova gama de conectores utilizados para a simulação.

Figura 5.4– Nova gama de conectores utilizados para a simulação



Deste modo as viagens foram alocadas de forma mais representativa com a realidade, como apresentado na Figura 5.5.

Figura 5.5 – Desenho esquemático de novos caminhos mínimos encontrados



5.3. Inserção do Corredor Campo Limpo/Rebouças/Centro

Com o intuito de tentar aproximar-se de resultados mais reais, optou-se por adicionar o Corredor Campo Limpo/Rebouças/Centro na rede modelada e observar sua influência sobre os resultados do corredor Nove de Julho. Com esta prática os usuários teriam a opção de escolher viajar por um ou por outro corredor de ônibus.

O Corredor de ônibus Campo Limpo/Rebouças/Centro possui um total de 17 km de extensão e 27 paradas para embarque e desembarque. No entanto, fazem parte do modelo apenas 8 km compostos pelas Avenidas Eusébio Matoso e Rebouças e Rua da Consolação, com 13 paradas para embarque e desembarque. Assim como o Corredor Nove de Julho, este corredor atende às Subprefeituras da Sé e de Pinheiros, mas seu trecho final segue atendendo à Subprefeitura de Butantã.

Sobrepõe-se a boa parte deste trecho modelado do Corredor, a linha 4 (amarela) do metrô que desde 2011 funciona em horário integral.

5.3.1. Identificação dos Pares OD para o Corredor Campo Limpo/Rebouças/Centro

Assim como foi feito para o Corredor Nove de Julho foi feita uma análise de como os links das vias, que compõem este corredor de ônibus, seriam utilizados e quais seriam as principais zonas que seriam atendidas através da função *FlowBundle*. Desse modo identificaram-se os pares OD que passam pelos links das vias de ambos os corredores (Nove de Julho e Rebouças) e seus respectivos volumes. Estes pares OD serão os admitidos na nova matriz OD de transporte público para a simulação.

A Figura 5.6 apresenta o resultado obtido a partir da função *FlowBundle*.

Figura 5.6- Resultado obtido a partir do *FlowBundle* para Rebouças e Nove de Julho



5.3.2. Linhas de Ônibus

Foram identificadas 39 linhas de ônibus municipais que passam por algum trecho modelado deste corredor de ônibus.

As linhas de ônibus são listadas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1– Linhas de ônibus no Campo Limpo/Rebouças/Centro

Número	Nome
178L-10	LAUZANE PAULISTA / HOSP. DAS CLÍNICAS
508L-10	TERM. PRINC. ISABEL / ACLIMAÇÃO
669A-10	TERM. STO. AMARO / TERM. PRINC. ISABEL
701A-10	PQ. EDU CHAVES / METRÔ VL. MADALENA
701U-10	METRÔ SANTANA / CID. UNIVERSITÁRIA
702C-10	JARDIM BONFIGLIOLI / METRÔ BELÉM
702U-10	CID. UNIVERSITÁRIA / TERM. PQ. D. PEDRO II
715M-10	JARDIM MARIA LUIZA / LGO. DA PÓLVORA
775P-10	JARDIM GUARAÚ / METRÔ ANA ROSA
778R-10	COHAB RAPOSO TAVARES / TERM. PRINC. ISABEL
778R-21	COHAB RAPOSO TAVARES / TERM. PRINC. ISABEL
809V-10	VL. GOMES / PAULISTA

Número	Nome
809P-10	TERM. CAMPO LIMPO / TERM. PINHEIROS
857A-10	TERM. CAMPO LIMPO / METRÔ SANTA. CRUZ
857P-10	TERM. CAMPO LIMPO / PARAÍSO
857P-21	CAMPO LIMPO / PARAISO
857R-10	TERM. CAMPO LIMPO / ACLIMAÇÃO
857R-41	EST. HEBRAICA REBOUÇAS / ANA ROSA
874T-10	IPIRANGA / LAPA
875A-10	AEROPORTO / PERDIZES
877T-10	VILA ANASTÁCIO / METRÔ PARAÍSO
909T-10	TERM. PINHEIROS - TERM. PQ. D. PEDRO II
6250-10	JARDIM JAQUELINE / TERM. BANDEIRA
7245-10	TERM. STO. AMARO / HOSP. DAS CLÍNICAS
7267-10	APIACÁS / PÇA. RAMOS DE AZEVEDO
7272-10	PQ. CONTINENTAL / PÇA. RAMOS DE AZEVEDO
7281-10	LAPA / PÇA. RAMOS DE AZEVEDO
7282-10	PQ. CONTINENTAL - PÇA. RAMOS DE AZEVEDO
7411-10	CID. UNIVERSITÁRIA / PÇA. DA SÉ
7458-10	JARDIM BOA VISTA / EST. DA LUZ
7545-10	JARDIM JOÃO XXIII / PÇA. RAMOS DE AZEVEDO
7545-21	CDHU BUTANTÃ / PÇA. RAMOS DE AZEVEDO
7903-10	JARDIM JOÃO XXIII/EDUC. / PÇA. RAMOS DE AZEVEDO
8700-10	TERM. CAMPO LIMPO / PÇA. RAMOS DE AZEVEDO
8700-21	LGO. DO TABOÃO / PÇA. RAMOS DE AZEVEDO
8700-22	HOSP. DAS CLÍNICAS / TERM. CAMPO LIMPO
8700-23	PÇA. RAMOS DE AZEVEDO / BUTANTÃ
8705-10	SHOP. CONTINENTAL / ANHANGABAÚ
8707-10	TERM. PRINC. ISABEL / RIO PEQUENO

Fonte: SPtrans

5.3.2.1. Agrupamento das Linhas de Ônibus para o corredor Campo Limpo/Rebouças/Centro

Também com o intuito de simplificar e facilitar a manipulação dos dados das 39 linhas levantadas, estas foram agrupadas em Linhas Tipo. Para isso, do mesmo jeito que foi feito para o Corredor Santo Amaro/Nove de Julho/Centro, identificou se as zonas de atendimento de cada linha de acordo com o zoneamento estabelecido.

A Figura 5.7 mostra o esquema de estudo para o agrupamento das linhas por cores e letras (Linhas Tipo RA, RB, RC, RD, RE, RF, RG, RH, RI, RJ) de acordo com as semelhanças de zonas atendidas por cada uma delas.

Figura 5.7 - Linhas Tipo por zonas de atendimento

[illegible]

Fonte: Própria

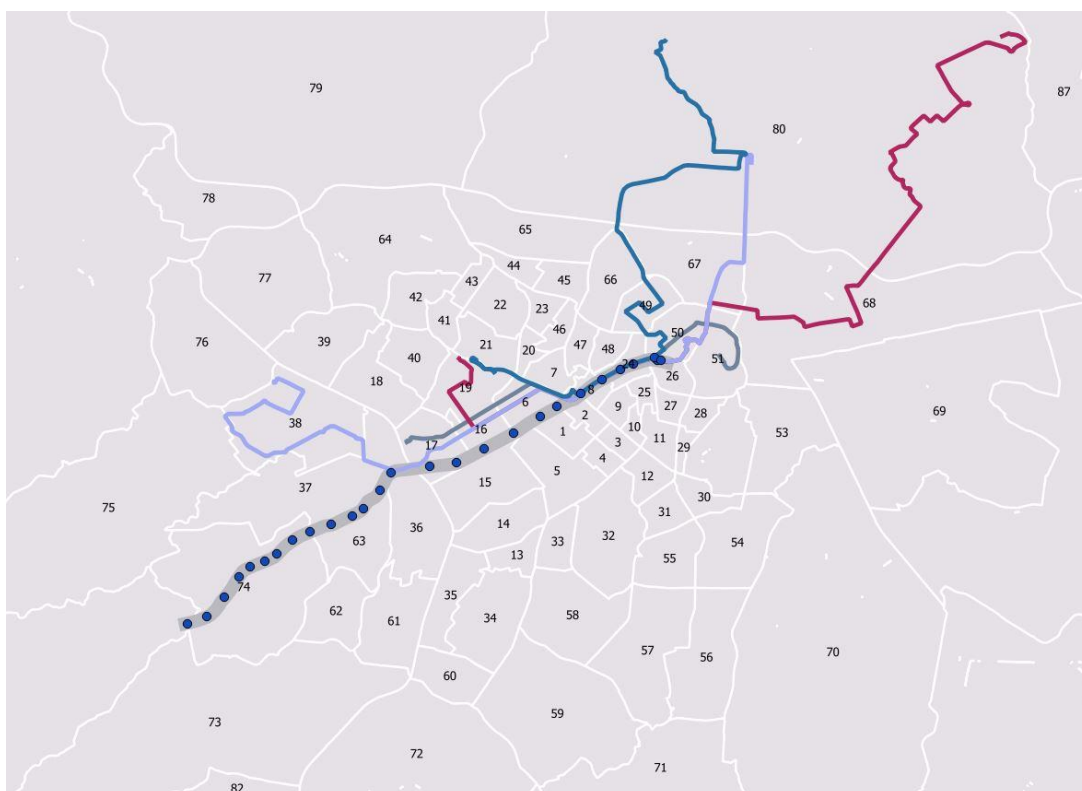
Além de considerar as zonas de atendimento de cada linha, também foram levadas em consideração as paradas que atendiam ao longo do corredor. O resultado após esta análise foram as mesmas 10 Linhas Tipo identificadas na Figura 5.7.

Expõe-se a seguir o detalhamento de cada Linha Tipo:

- Linhas Tipo RA:

A Figura 5.8 representa os trajetos de cada linha de ônibus deste grupo. Estas linhas têm um percurso similar, partindo do nordeste da cidade. Observando no sentido C/B elas ingressam no corredor de estudo na parada Vital Brasil e seguindo até sair da área de estudo no ponto da Consolação.

Figura 5.8 - Composição de linhas do Tipo RA



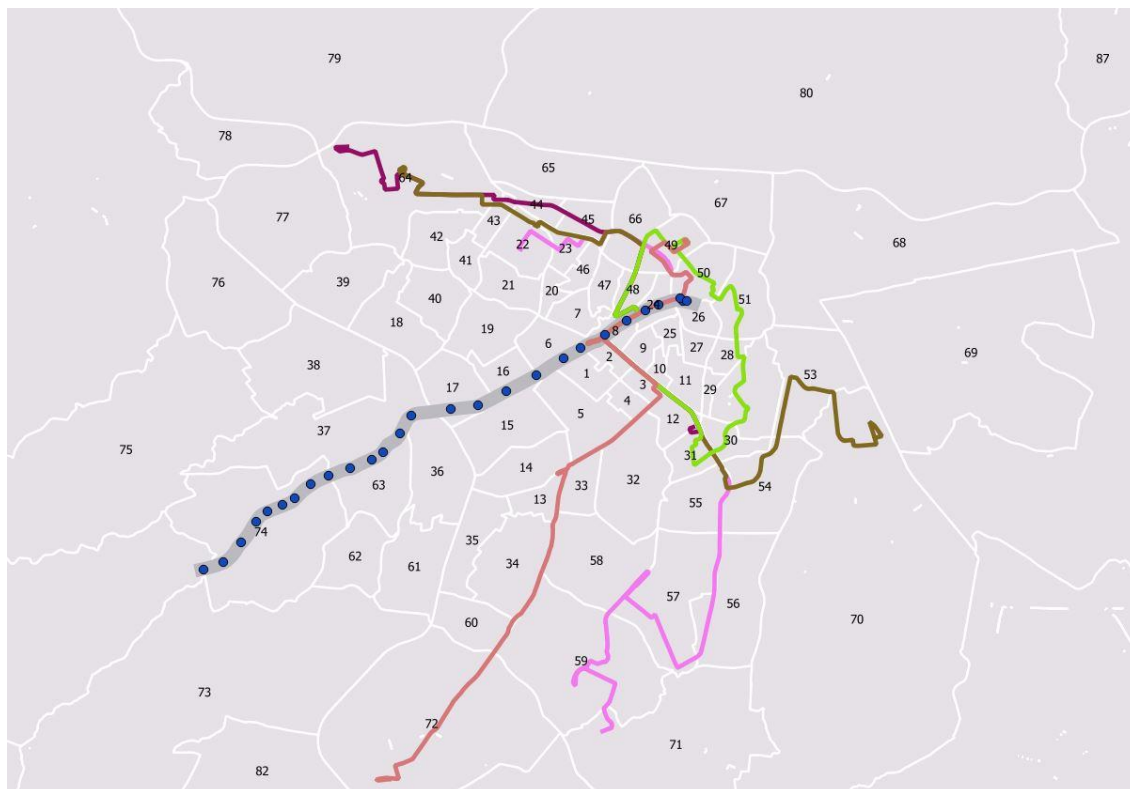
Fonte: Dados Obtidos Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo RB:

A Figura 5.9 representa os trajetos de cada linha de ônibus deste grupo. Estas linhas não têm um percurso parecido, mas são as que no sentido C/B percorrem o corredor

de estudo desde a parada Caio Prado até a parada Paulista, onde saem da área de estudo.

Figura 5.9- Composição de linhas do Tipo RB

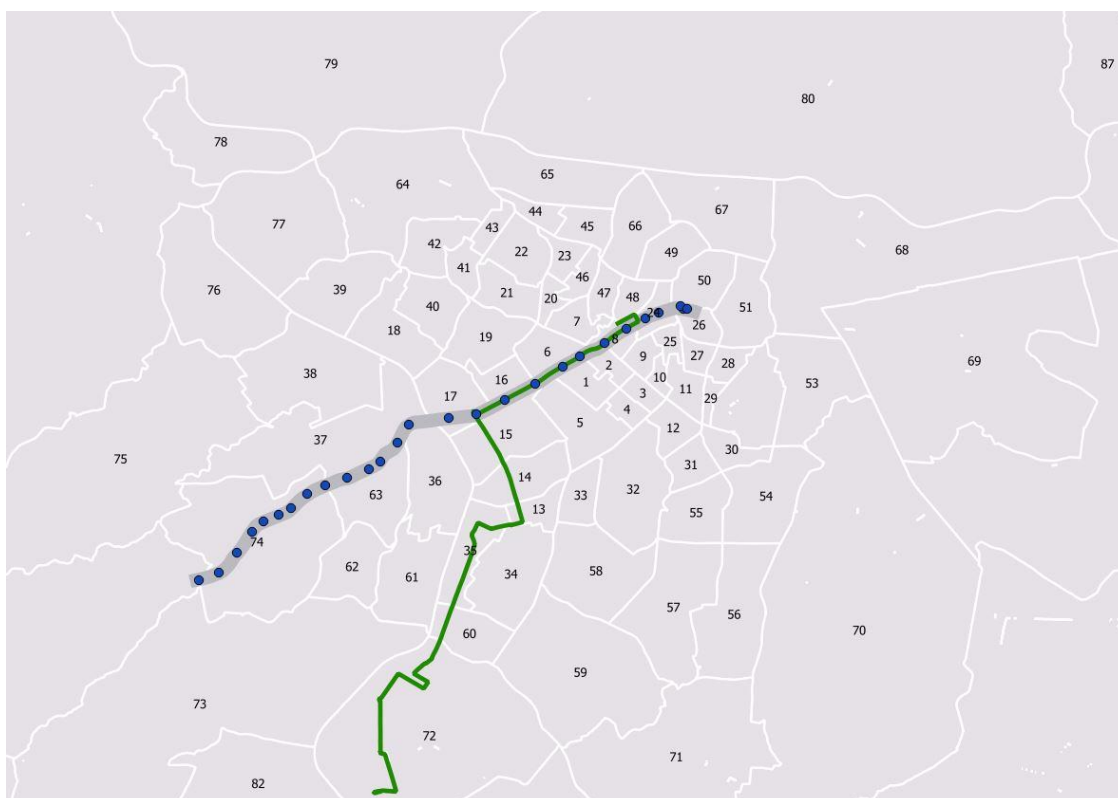


Fonte: Dados Obtidos Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo RC:

A Figura 5.10 representa o trajeto da única linha de ônibus deste grupo. Observando no sentido C/B, estalinha parte do centro da cidade, ingressando no corredor de estudo na parada Pedro Taques e seguindo até sair da área de estudo no ponto da Faria Lima.

Figura 5.10 - Composição de linhas do Tipo RC

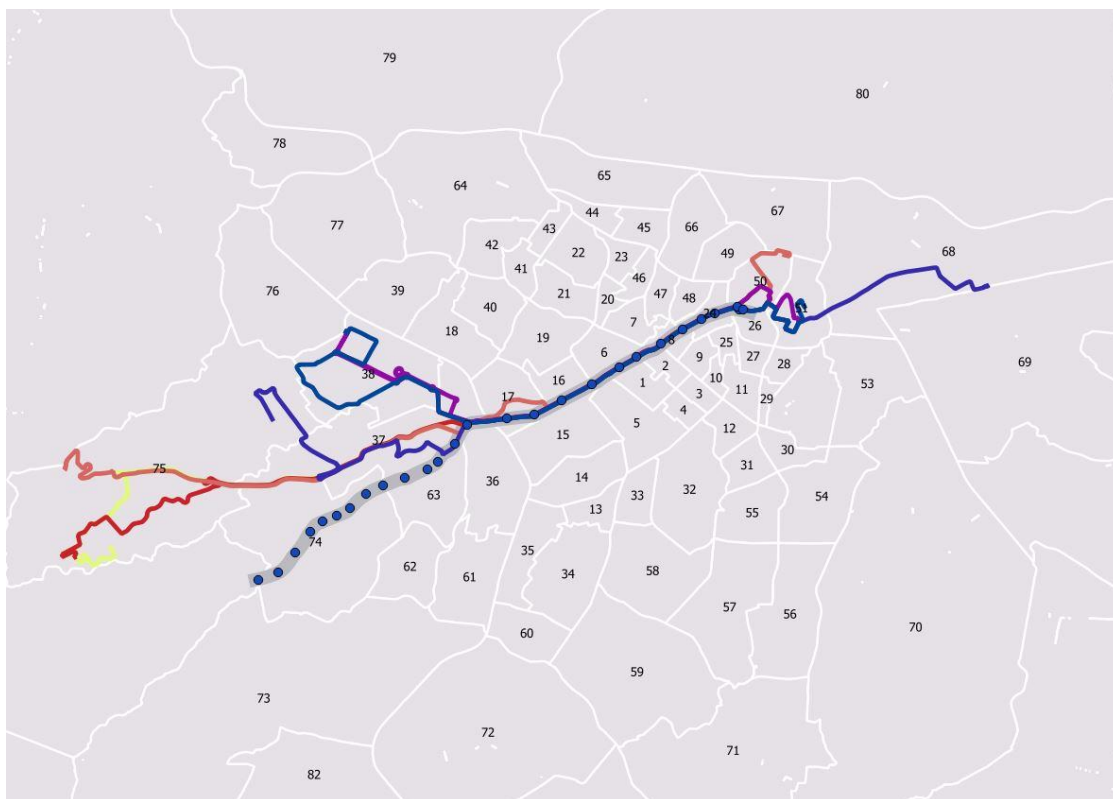


Fonte: Dados Obtidos Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo RD:

A Figura 5.11 representa os trajetos de cada linha de ônibus deste grupo. Estas linhas têm um percurso similar, partindo do centro da cidade. Observando no sentido C/B elas ingressam no corredor de estudo na para da Consolação e vão ao longo dele até sair da área de estudo no ponto da Vital Brasil.

Figura 5.11 - Composição de linhas do Tipo RD

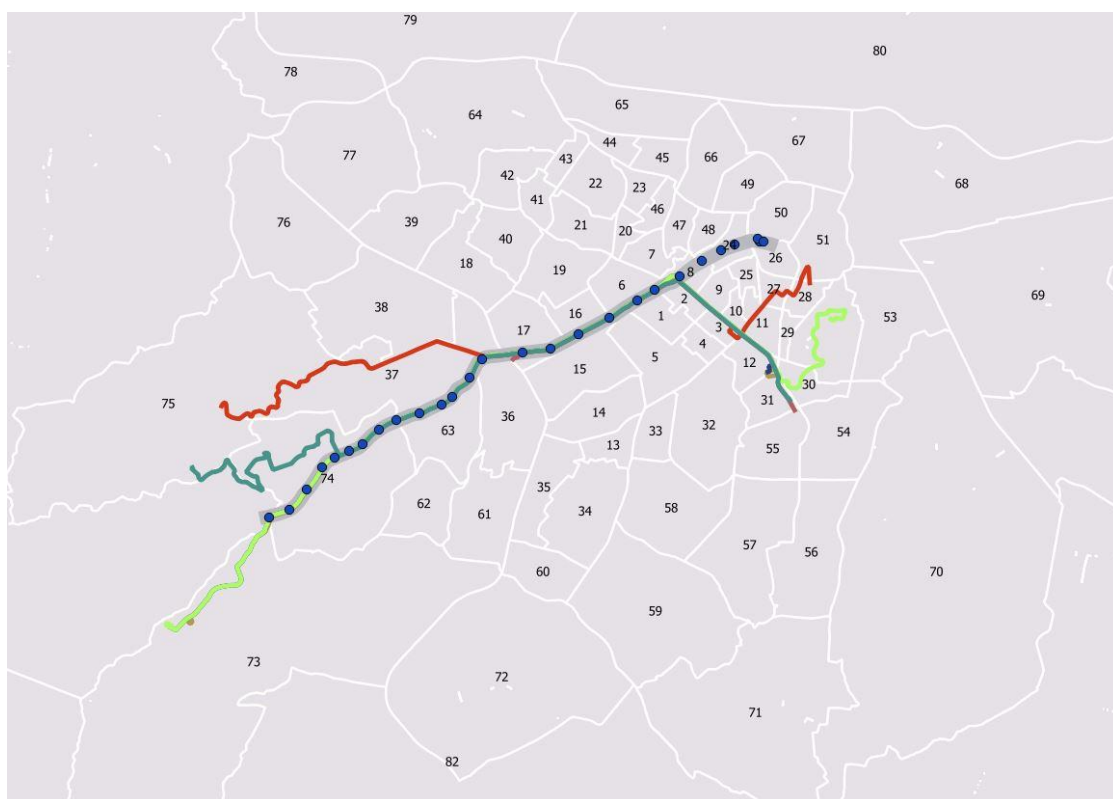


Fonte: Dados Obtidos Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo RE:

A Figura 5.12 representa os trajetos de cada linha de ônibus deste grupo. Estas linhas têm um percurso similar, partindo do sudeste da cidade. Observando no sentido C/B elas ingressam no corredor de estudo na parada Paulista e uma delas sai no ponto Vital Brasil, mas as outras vão ao longo do corredor até sair dele no ponto final do corredor, que é parte da área de estudo.

Figura 5.12 - Composição de linhas do Tipo RE

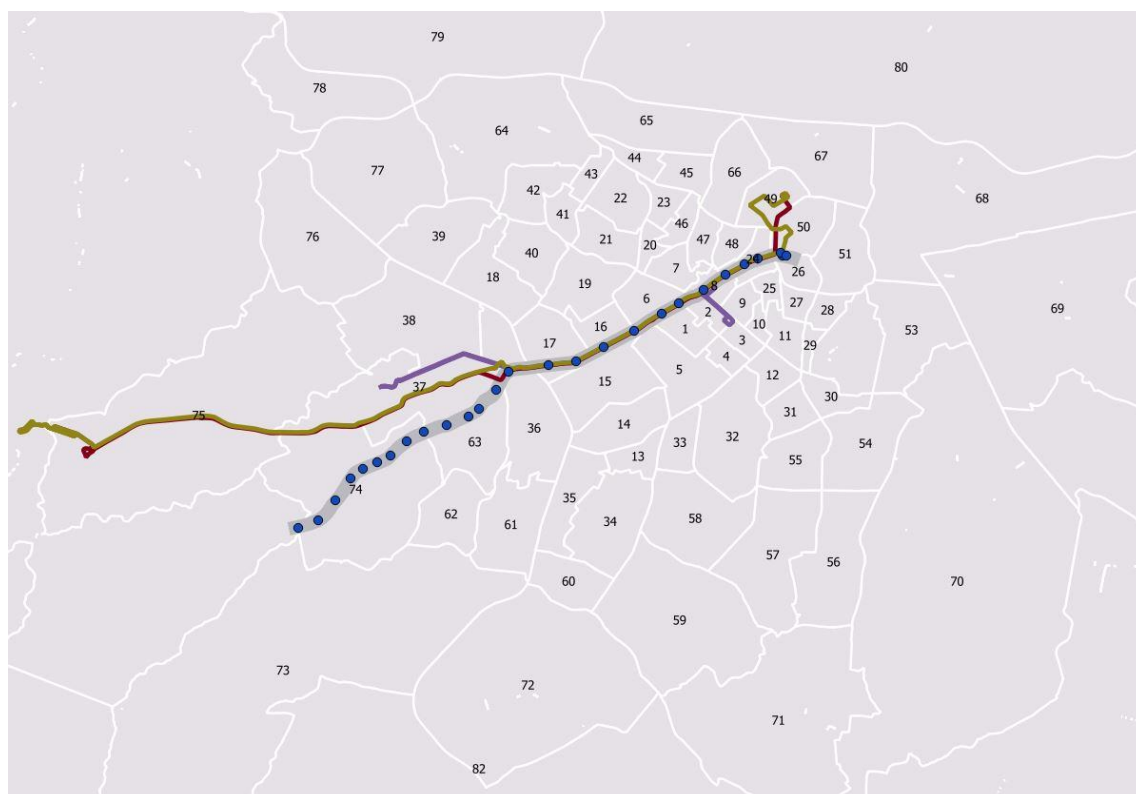


Fonte: Dados Obtidos Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo RF:

A Figura 5.13 representa os trajetos de cada linha de ônibus deste grupo. Estas linhas têm um percurso similar, partindo do centro da cidade. Observando no sentido C/B elas ingressam no corredor de estudo na parada Consolação e saem dele no ponto Vital Brasil.

Figura 5.13 - Composição de linhas do Tipo RF

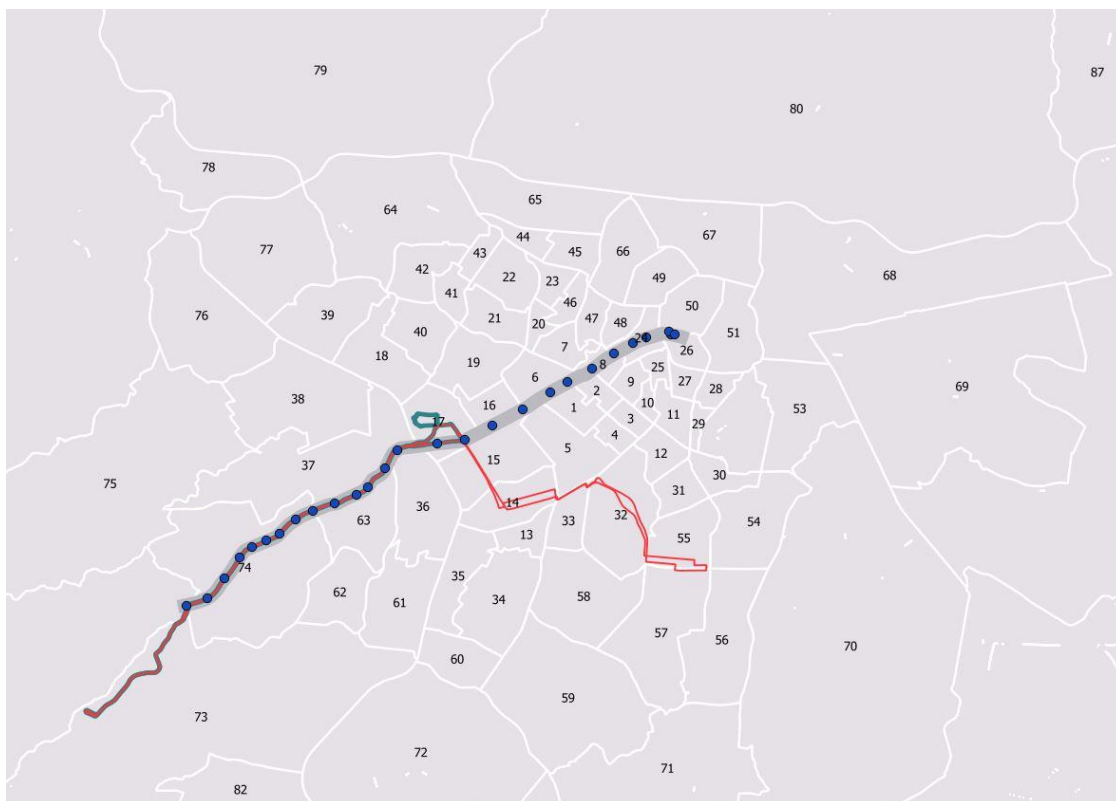


Fonte: Dados Obtidos Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo RG:

A Figura 5.14 representa os trajetos de cada linha de ônibus deste grupo. Estas linhas têm um percurso similar, partindo do sudeste da cidade. Observando no sentido C/B elas ingressam no corredor de estudo na parada Faria Lima e percorrem o corredor até o final dele.

Figura 5.14- Composição de linhas do Tipo RG

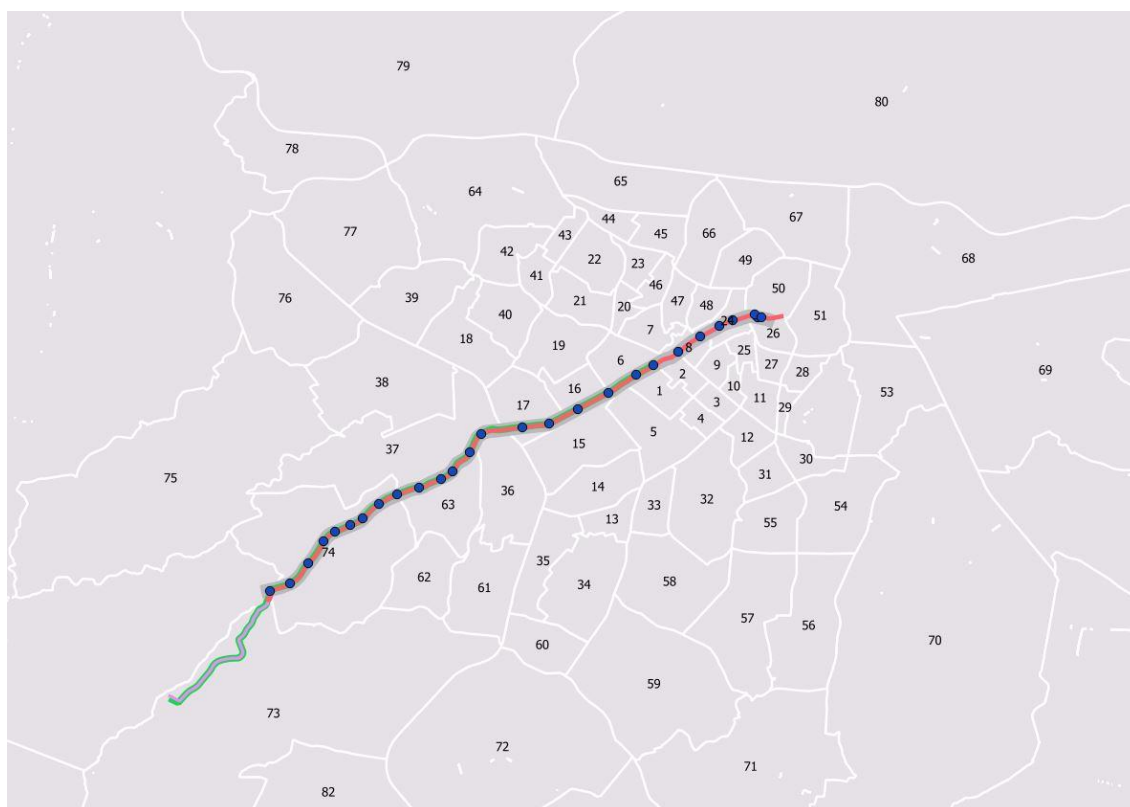


Fonte: Dados Obtidos Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo RH:

A Figura 5.15 representa o trajeto da única linha de ônibus deste grupo. Observando no sentido C/B, esta linha parte do centro da cidade, ingressando no corredor de estudo na parada Consolação e vai ao longo dele até sair da área de estudo no ponto final.

Figura 5.15- Composição de linhas do Tipo RH



Fonte: Dados Obtidos Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo RI:

A Figura 5.16 representa o trajeto da única linha de ônibus deste grupo. Observando no sentido C/B, esta linha parte do centro da cidade, ingressando no corredor de estudo na parada Faria Lima e vai ao longo dele até sair da área de estudo no ponto final.

Figura 5.16- Composição de linhas do Tipo RI

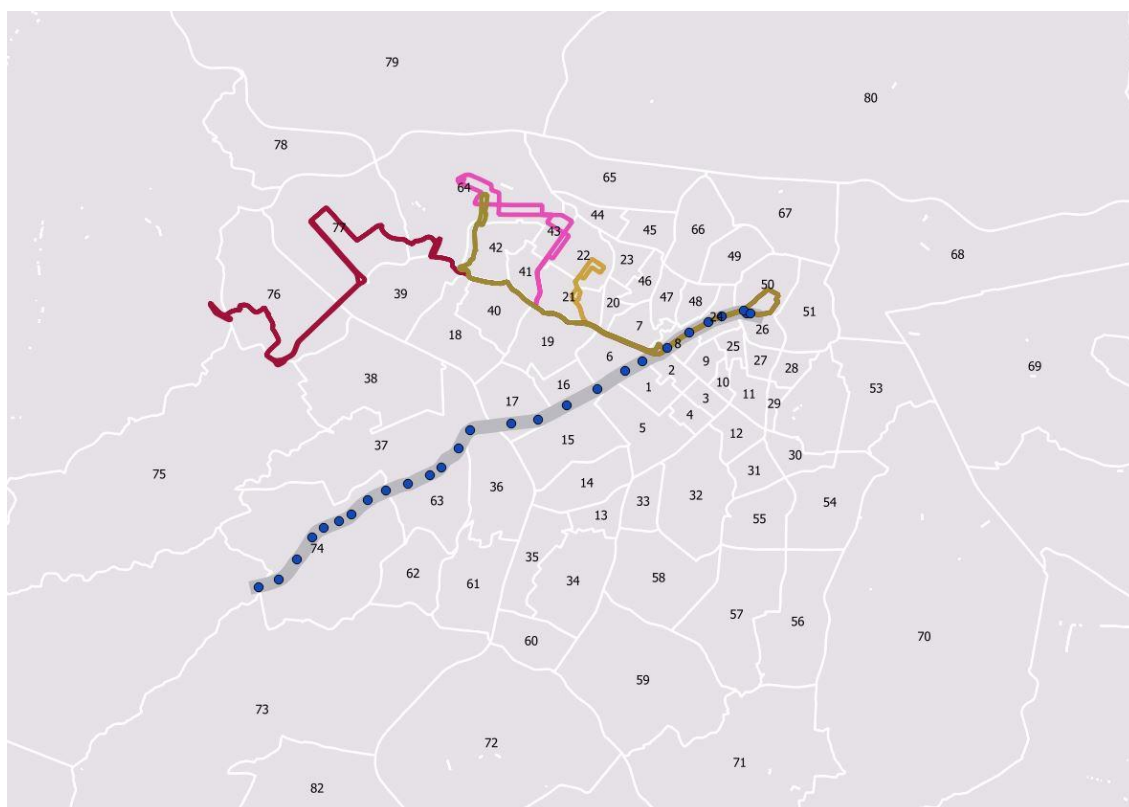


Fonte: Dados Obtidos Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

- Linhas Tipo RJ:

A Figura 5.17 representa os trajetos de cada linha de ônibus deste grupo. Estas linhas têm um percurso similar, partindo do centro da cidade. Observando no sentido C/B elas ingressam no corredor de estudo na parada Consolação e percorrem o corredor até a parada na Paulista.

Figura 5.17- Composição de linhas do Tipo RJ



Fonte: Dados Obtidos Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento, 2016

Após a apresentação das rotas de cada uma das linhas, tem-se a seguir a Tabela 5.2 com a lista de pontos que cada tipo de linha vai atender no percurso do corredor de estudo.

Tabela 5.2– Paradas de ônibus atendidas por cada Tipo de linha

Paradas atendidas	Linha Tipo									
	RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG	RH	RI	RJ
Vital Brasil				X	X	X	X	X	X	
Eldorado				X	X	X	X	X	X	
Faria Lima			X	X	X	X	X	X	X	
Guianas			X	X	X	X		X		
Cap. Antonio Rosa			X	X	X	X		X		
Brasil			X	X	X	X		X		
Oscar Freire			X	X	X	X		X		
Cínicas			X	X	X	X		X		
Paulista	X	X	X	X	X	X		X		X
Pedro Taques	X	X	X	X		X		X		X
Antonio de Queiros	X	X		X		X		X		X
Caio Prado	X	X		X		X		X		X
Consolação	X	X		X		X		X		X

Fonte: SPTrans, 2017

5.3.2.2. Determinação dos *Headways*

Para a determinação dos *Headways* das linhas de ônibus Tipo do Corredor Campo Limpo/Rebouças/ Centro foram consideradas as mesmas premissas utilizadas para o cálculo realizado para as linhas do Corredor Nove de Julho, utilizando dados disponíveis pela SPTrans (2017).

A Tabela 5.3a seguir apresenta os *headways* calculados em minutos para cada tipo de Linha:

Tabela 5.3– *Headways* das Linhas Tipo

Tipo	<i>Headway</i> (sentido centro)	<i>Headway</i> (sentido bairro)
RA	1 min e 8seg	51 seg
RB	46 seg	52 seg
RC	5 min e 27 seg	6 min

Tipo	Headway (sentido centro)	Headway (sentido bairro)
RD	25seg	30 seg
RE	40seg	1 min e 15seg
RF	1 min e 43seg	4 min e 17 seg
RG	1 min e 7 seg	1 min e 32 seg
RH	1 min e 9 seg	1 min e 43 seg
RI	6 min e 40 seg	10 min
RJ	52 seg	52 seg

Fonte: Dados obtidos da SPTrans (2017)

5.3.3. Características da via

Os links que compõem o corredor de Rebouças, assim como no corredor Nove de Julho, possuem as seguintes características:

Link bidirecional com uma faixa por sentido;

Velocidade máxima de 50 km/h;

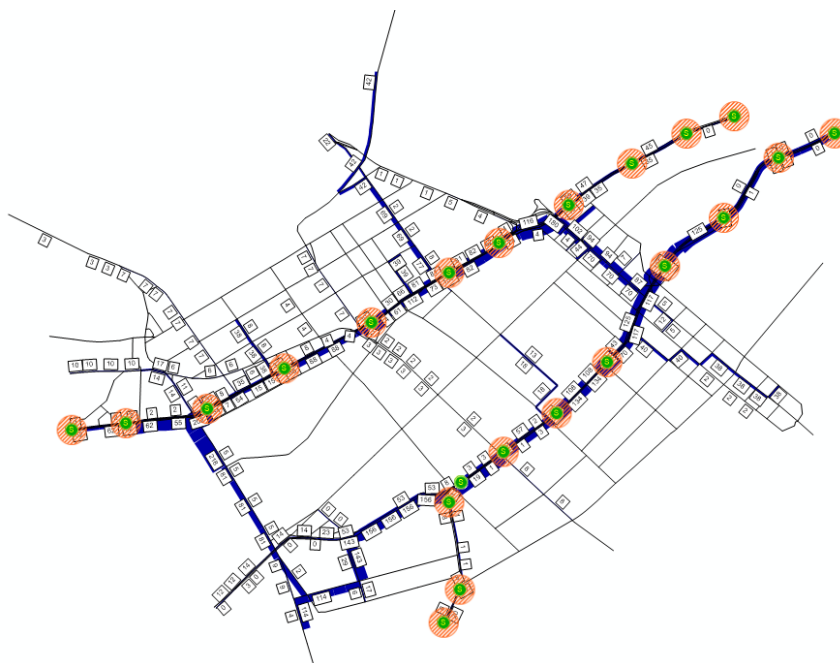
Veículos permitidos: Ônibus;

Capacidade Veículo-Tipo: 136 passageiros

5.3.4. Resultado da interação entre os corredores

Após a inserção das características de ambos os corredores, foi feita uma nova simulação, onde o resultado dos carregamentos pode ser visto na Figura 5.18.

Figura 5.18– Resultado da simulação de interação entre os corredores



5.4. Refinamento do Modelo

Como pode ser observado na Figura 5.18 acima, embora os viajantes tivessem a possibilidade de escolher entre ambos os Corredores de ônibus, faltavam ainda alternativas de rotas, que conectassem um corredor ao outro, principalmente na extremidade direita dos corredores.

Desse modo, optou-se por inserir as vias entre esses objetos para dispor de outras opções de caminho para os pedestres trafegarem, caminhando até ou entre os corredores. Além disso, é importante ressaltar que no decorrer do corredor foram desenhados links transversais a este que representam as passarelas, assim, é permitida a circulação apenas de pedestres andando.

O resultado desse refinamento na malha do modelo pode ser observado na Figura 5.19. Em comparação com o modelo simplificado de vias anterior, Figura 5.18, havia na parte superior direita, apenas uma via carregada, conectando os dois corredores, e, com o seu refinamento, apareceram outros 2 caminhos interligando os dois corredores.

Figura 5.19 – Resultado da Simulação com malha viária refinada



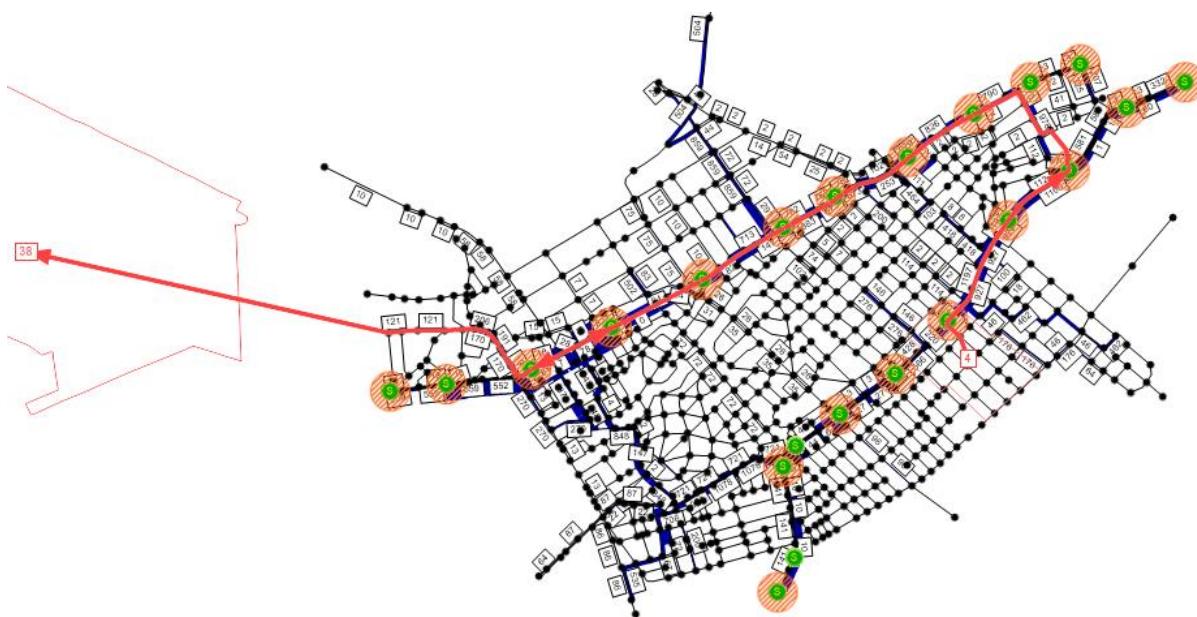
5.5. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

5.5.1. Resultados fornecidos pelo software VISUM

Dentre as funcionalidades do VISUM, encontra-se o estudo da demanda gerada para uma determinada intervenção na rede de transporte (abertura de uma nova via, criação de uma nova linha de ônibus, etc.).

Com base na matriz OD inserida, o software cria, para cada par de zonas atendidas, diferentes percursos, caracterizados com diferentes combinações de modos de transporte e, para cada um destes percursos, são calculados o número de viagens geradas. Deste modo, torna-se possível analisar os benefícios gerados por uma determinada intervenção na rede de transportes através do estudo da demanda solicitada pelos novos percursos criados e pela demanda aliviada nos modos de transporte ou vias já existentes. A Figura 5.20 exemplifica uma representação gráfica de um resultado gerado. Nesta imagem, observa-se um percurso de uma viagem criada entre as zonas 4 e 38, na qual o usuário, saindo da zona 4, utiliza uma combinação entre os Corredores Nove de Julho e Rebouças para chegar à zona 38 (destino).

Figura 5.20 – Trajeto Zona 4 para Zona 38



Neste trabalho, foram simulados duas horas de funcionamento da rede de transporte, correspondendo ao mesmo período considerado para a matriz OD utilizada, das 6:30 às 8:30.

5.5.2. Simulação da rede de transporte com apenas o Corredor Nove de Julho em operação

A primeira simulação realizada teve como objetivo analisar a distribuição de viagens em um cenário no qual somente o corredor de ônibus da Avenida Nove de Julho encontra-se em operação. Na realização desta etapa, embora o corredor de ônibus da Avenida Rebouças se encontrasse presente no modelo, todas as suas linhas de ônibus foram desabilitadas, de modo que ele não exercesse influência sobre a geração de viagens.

Neste cenário, o VISUM gerou viagens entre 65 diferentes pares de zonas origem-destino, dentre os quais apenas 12 não apresentam, pelo menos, um percurso atendido por alguma linha de ônibus. Foram gerados 456 percursos que fazem uso do sistema de transporte público (PuT), totalizando 3.875,68 viagens e 1.102,70 km percorridos. Em relação às zonas que não solicitam a rede de transporte público (Walk), foram gerados 43 diferentes percursos, totalizando 2.658,83 viagens e 59,19 km percorridos. A Tabela 5.4e o Anexo 1apresentam os resultados obtidos.

Tabela 5.4 - Resultados obtidos na primeira simulação realizada com o software VISUM

Modo	Pares OD Atendidos	Percursos gerados	Viagens geradas	Representatividade do modo de transporte	Distância percorrida (km)
PuT	53	456	3.875,68	59,31 %	1.102,70
Walk	13	43	2.658,83	40,69 %	59,19
Total	65	499	6.534,51	100,00 %	1.161,89

A Tabela 5.5 apresenta as solicitações das seis linhas de ônibus tipo que operam no corredor Nove de Julho. Para o período de duas horas de simulação observam-se o número de viagens atendidas por cada linha, a distância total percorrida e a soma de todo o tempo de viagem realizado pelos veículos em operação. Nota-se que as

solicitações das rotas de sentido “Bairro-Centro” são sensivelmente maiores em relação às rotas de sentido “Centro-Bairro”, reforçando a consistência do modelo, pois a matriz OD utilizada refere-se ao pico da manhã.

Tabela 5.5 - Solicitações das linhas tipo determinadas pela primeira simulação no software VISUM

Linha	Sentido	Corredor	Viagens	Distância percorrida (km)	Tempo total de viagem
Linha A	Nove de Julho	Bairro-Centro	793,63	180,19	3h 36min 22seg
		Centro-Bairro	461,02	79,06	1h 34min 48seg
Linha B	Nove de Julho	Bairro-Centro	23,99	73,38	1h 28min 17seg
		Centro-Bairro	12,68	23,06	27min 46seg
Linha C	Nove de Julho	Bairro-Centro	36,16	85,23	1h 42min 20seg
		Centro-Bairro	35,24	44,67	53min 38seg
Linha D	Nove de Julho	Bairro-Centro	149,31	117,17	2h 20min 57seg
		Centro-Bairro	43,03	25,73	30min 56seg
Linha E	Nove de Julho	Bairro-Centro	1.769,81	217,01	4h 20min 46seg
		Centro-Bairro	471,27	74,63	1h 29min 32seg
Linha F	Nove de Julho	Bairro-Centro	127,40	128,41	2h 34min 11seg
		Centro-Bairro	68,20	54,16	1h 5min

5.5.3. Simulação da rede de transporte com a adição do corredor de ônibus da Avenida Rebouças

O objetivo da segunda simulação, realizada no software VISUM, foi analisar como o aumento da oferta da rede de transporte público, garantida a adição da operação do corredor de ônibus da Avenida Rebouças, influencia na geração de viagens e na atratividade da rede de transporte público. Nesta etapa foram adicionados ao modelo as dez linhas tipo de ônibus, existentes no Corredor Rebouças, e que iriam operar simultaneamente com as linhas tipo que utilizam o Corredor Nove de Julho.

Neste cenário, a simulação do VISUM gerou viagens entre 89 pares de zonas origem-destino, dos quais 87 apresentaram percursos que faziam uso da rede de transporte público, enquanto apenas 2 pares não apresentaram nenhum percurso que fizesse o uso do mesmo. Dentre os pares que fizeram o uso da rede de transporte público, 24 pares foram atendidos exclusivamente pelo Corredor

Rebouças e 16 pares foram atendidos exclusivamente pelo Corredor Nove de Julho e 47 pares foram atendidos por ambos os corredores. A Tabela 5.6 e o Anexo 2 apresentam os resultados obtidos.

Tabela 5.6 - Resultados obtidos na segunda simulação

Modo	Pares OD Atendidos	Percursos gerados	Viagens geradas	Representatividade do modo de transporte	Distância percorrida (km)
PuT	87	1.608	8.422,59	94,06%	4.699,98
Walk	2	47	532,09	5,94%	7,76
Total	89	1.655	8.954,68	100,00 %	4.707,74

A Tabela 5.7 apresenta as solicitações das 16 linhas de ônibus em operação.

Tabela 5.7 - Solicitações das linhas de ônibus resultantes da segunda simulação

Linha	Corredor	Sentido	Viagens	Distância percorrida (km)	Tempo total de viagem
Linha A	Nove de Julho	Bairro - Centro	786,95	270,84	5h 25min 29seg
		Centro - Bairro	548,97	423,28	8h 27min 27seg
Linha B	Nove de Julho	Bairro - Centro	23,52	74,04	1h 29min 4seg
		Centro - Bairro	8,05	41,24	49min 38seg
Linha C	Nove de Julho	Bairro - Centro	35,50	88,59	1h 46min 22seg
		Centro - Bairro	33,73	113,77	2h 16min 34seg
Linha D	Nove de Julho	Bairro - Centro	147,29	134,41	2h 41min 41seg
		Centro - Bairro	32,15	47,16	56min 44 seg
Linha E	Nove de Julho	Bairro - Centro	1.763,68	303,36	6h 4min 44seg
		Centro - Bairro	484,30	396,58	7h 55min 46seg
Linha F	Nove de Julho	Bairro - Centro	126,01	146,01	2h 55min 19seg
		Centro - Bairro	72,58	162,59	3h 15min 1seg
Linha RA	Rebouças	Bairro - Centro	11,98	23,54	28min 12seg
		Centro - Bairro	2,73	1,50	1min 48seg
Linha RB	Rebouças	Bairro - Centro	20,23	29,55	35min 24seg
		Centro - Bairro	2,66	1,50	1min 48seg
Linha RC	Rebouças	Bairro - Centro	322,13	116,52	2h19min 31seg
		Centro - Bairro	20,01	41,94	50min 24seg
Linha RD	Rebouças	Bairro - Centro	1.859,64	746,35	14h 55min 19seg
		Centro - Bairro	450,73	219,52	4h 23min 42seg
Linha RE	Rebouças	Bairro - Centro	1.119,15	153,28	3h 3min 44seg
		Centro - Bairro	105,53	119,57	2h 23min 41seg
Linha RF	Rebouças	Bairro - Centro	317,78	362,93	7h 15min 11seg
		Centro - Bairro	32,56	81,58	1h 37min 56seg
Linha RG	Rebouças	Bairro - Centro	0,09	0,66	48seg

Linha	Corredor	Sentido	Viagens	Distância percorrida (km)	Tempo total de viagem
		Centro - Bairro	23,31	3,32	4min
Linha RH	Rebouças	Bairro - Centro	484,14	442,92	8h 51min 10seg
		Centro - Bairro	82,68	122,04	2h 26min 31seg
Linha RI	Rebouças	Bairro - Centro	1,89	1,33	1min 36seg
		Centro - Bairro	17,11	28,55	34min 12seg
Linha RJ	Rebouças	Bairro - Centro	2,66	1,50	1min 48seg

5.5.4. Erros encontrados durante a simulação

Durante a simulação da operação das redes de transporte criadas, alguns fatos destacaram-se, sendo caracterizados como possíveis erros, devido a incoerências na construção da malha utilizada.

Os erros encontrados referem-se aos percursos improváveis realizados durante as viagens entre duas zonas OD. Este erro é decorrente da construção da malha de transportes. No exemplo da Figura 5.21 observa-se que, no deslocamento entre as zonas 1 e 12, o usuário realiza todo o percurso andando. No entanto, ao entrar no link que representa o Corredor Nove de Julho, ele caminha durante uma extensão considerável do corredor para depois realizar o percurso inverso para acessar uma via local que o leva à zona 12. Esta simulação mostra-se coerente em relação ao fato do trajeto não utilizar o sistema de transporte público, pois a extensão que deveria ser percorrida de ônibus sobre o corredor e a alocação das paradas não é favorável. Porém, diferentemente do resultado gerado, o percurso mais provável seria o usuário, ao deixar a sua origem na zona 1, atravessar perpendicularmente o corredor de ônibus e ir caminhando pelas vias locais até o seu destino.

Tabela 5.8 - Impactos da implantação do Corredor Rebouças na rede de transportes

Simulação	Modo	Pares OD atendidos	Percurso s gerados	Viagens geradas	Representatividade do modo de transporte	Distância percorrida (km)
Nove de Julho	PuT	53	3.876	456	59%	1.103
	Walk	12	2.659	43	41%	59
	Total	65	6.535	499	100%	1.162
Nove de Julho + Rebouças	PuT	87	1.608	8.423	94%	4.700
	Walk	2	47	532	6%	8
	Total	89	1.655	8.955	100%	4.704
Impacto da implantação do Corredor Rebouças	PuT	+64,63	+117,32	+252,63%	-	+326,23 %
	Total	+36,92	+37,04	+231,66%	-	+305,18 %

Nota-se também que, após a implantação do segundo corredor de ônibus, apesar do incremento de viagens geradas e da distância total percorrida por todas as suas linhas do ônibus, o Corredor Nove de Julho apresentou um ligeiro decréscimo de demanda, evidenciado pelo menor número de viagens geradas que o solicitam. Este decréscimo, no entanto, não atua em todas as linhas tipo do corredor, de modo que das 6 linhas tipo em operação, 3 apresentaram um acréscimo de demanda. Na Tabela 5.9 e Tabela 5.10 encontram-se os impactos observados.

Tabela 5.9 - Impactos sobre o Corredor Nove de Julho com a implantação do Corredor Rebouças

Corredor	Variação no número de pares OD atendidos	Variação no número de viagens geradas	Variação na distância total percorrida
Nove de Julho	+ 18,87%	- 2,67%	+ 99,68%

Tabela 5.10 - Impactos sofridos pelas linhas tipo do Corredor Nove de Julho com a implantação do Corredor Rebouças

Linha	Sentido	Corredor	Variação no número de viagens geradas	Variação na distância total percorrida
Linha A	Nove de Julho	Bairro-Centro	-0,84%	+50,30%
		Centro-Bairro	+ 19,08%	+ 435,38%
Linha B	Nove de Julho	Bairro-Centro	- 1,96%	+ 0,90%
		Centro-Bairro	- 36,51%	+ 78,87%
Linha C	Nove de Julho	Bairro-Centro	- 1,81%	+ 3,94%
		Centro-Bairro	- 4,27%	+ 154,67
Linha D	Nove de Julho	Bairro-Centro	- 1,35%	+ 14,71%
		Centro-Bairro	- 25,29%	+ 83,3%
Linha E	Nove de Julho	Bairro-Centro	- 0,35%	+ 39,79%
		Centro-Bairro	+ 2,76%	+ 431,43%
Linha F	Nove de Julho	Bairro-Centro	- 1,09%	+ 13,71%
		Centro-Bairro	+ 6,41%	+ 200,18%

É importante realizar algumas considerações em relação aos resultados obtidos. As simulações realizadas evidenciam que o aumento da oferta resulta em um aumento da atratividade do sistema de transporte público e no aumento de viagens geradas em um determinado período. No entanto, os resultados gerados para os dois corredores de ônibus estudados podem não corresponder a um provável comportamento real dos mesmos.

Em primeiro lugar, o nível de detalhamento da malha de vias utilizado na rede de transporte criada é consideravelmente “pobre” em relação ao seu nível de detalhamento, pois não são representadas no modelo todas as vias que potencialmente poderiam influenciar na quantidade de viagens e de percursos gerados. Além disso, a malha utilizada foi construída com base em uma outra malha

já existente. Deste modo, eventuais erros e incoerências na construção da mesma, que influenciam nos resultados das simulações, são de difícil identificação.

Um segundo ponto de atenção refere-se aos parâmetros admitidos na operação dos dois corredores de ônibus. Além das simplificações aplicadas na construção da rede de transporte, como a criação de linhas tipo, deve-se atentar ao fato de não terem sido incluídos parâmetros de tarifação para as linhas de ônibus. Sabe-se que o custo financeiro de uma viagem é um parâmetro de atratividade, que influencia o usuário na escolha dos modos de transporte utilizados e nas rotas a serem tomadas, durante o deslocamento entre dois locais distintos. Durante a execução deste trabalho não foi pesquisada a maneira com a qual o VISUM considera o custo financeiro na alocação de viagens. No entanto, suspeita-se que os resultados obtidos possam ter sido distorcidos devido à ausência destes parâmetros de tarifação.

6. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos na realização deste trabalho, foi possível identificar a aplicabilidade da simulação com macromodelos no estudo de sistemas de transporte público urbano.

Observou-se que, devido às características dos resultados gerados pelas simulações dos macromodelos, estudos mais específicos e detalhados dos sistemas de transporte, como a análise de intervenções na operação das linhas de ônibus, através de ferramentas ITS, não se mostram adequados para a macromodelagem.

O grande problema encontrado em empregar o macromodelo na análise de intervenções operacionais decorre do fato de estes modelos trabalharem com serviço do transporte (conjunto dos ônibus) e não com a observação individual dos veículos. Deste modo, indicadores essenciais para este tipo de estudo que caracterizam a dinâmica dos veículos nas vias não são contemplados pela macromodelagem.

Os macromodelos, no entanto, apresentaram-se eficientes no estudo da previsão de oferta, demanda e alocação de viagens em uma rede de transporte. No estudo realizado, observou-se o impacto na demanda, sofridos pelo sistema de transporte público, com a implantação de intervenções sobre o mesmo, através do crescimento da demanda por ônibus com a inclusão de um segundo corredor no modelo estudado. No entanto, a falta de detalhamento da malha criada e dos parâmetros admitidos para a rede de transporte público, podem ter influenciando os resultados obtidos, evidenciando a necessidade de uma rede altamente detalhada no que se refere à modelagem das vias e dos elementos que caracterizam o sistema de transporte público, como alocação de paradas, *headways* e tarifação, para a obtenção de resultados confiáveis.

Deste modo, conclui-se que os macromodelos, como o próprio nome sugere, exigem uma malha de transporte altamente detalhada em relação à sua estrutura de vias estão indicados para estudos envolvendo indicadores mais amplos e que exigem um menor grau de detalhamento, como a geração de demanda e alocação de viagens

em uma malha de transporte, mostrando aplicabilidade no estudo do sistema de transporte público urbano através de corredores de ônibus.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blog Metrópole SP. **Corredor de  nibus Santo Amaro - Centro**. São Paulo, 2016. Disponível em <<http://blogmetropolesp.blogspot.com.br/2016/09/corredor-de-onibus-santo-amaro-centro.html>> Acesso em: 2 jul. 2017.

EBERLEIN, X. J. **Real-time control strategies in transit operations: models and analysis**. 1995. Massachusetts Institute of Technology - MIT, 1995.

GOULART REIS, N. (2004). **São Paulo- Vila, cidade, metrópole**. Takano Editora Gráfica. São Paulo.

IBARRA-ROJAS, O. J.; DELGADO, F.; GIESEN, R.; MU  OZ, J. C. **Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review Transportation Research Part B: Methodological**, 2015.IBGE. Disponível em<<http://cod.ibge.gov.br/493>>. Acesso em: 28 maio 2017.

IBOPE. **Dia Mundial Sem Carro**. São Paulo, 2016. Disponível em <<http://www.nossasaopaulo.org.br/pesquisas/apresentacao-pesquisa-dmsc-2016.pdf?v=4>>. Acesso em: 24 jun. 2017.

KOEHLER, Luiz Alberto; KRAUS JR, Werner; CAMPONOGARA, Eduardo. Controle de Retenção para Sistemas de Transporte Público. In: **Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. 2007.

LEIVA, C.; MU  OZ, J. C.; GIESEN, R.; LARRAIN, H. **Design of limited-stop services for an urban bus corridor with capacity constraints. Transportation Research Part B: Methodological**, v. 44, n. 10, p. 1186–1201, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2010.01.003>>.

ORTUZAR, J. D., & WILLUMSEN, L. G. (2011). **Modelling Transport** - Fourth Edition. ISBN 978-0-470-76039-0. John Wiley& Sons Ltd.

PEREIRA, A.L.S. Análise da Aplicabilidade Operacionais com uso de ITS em Sistemas de ônibus de Cidades de Países em Desenvolvimento. São Paulo, 2017.

PTV. (2016). PTV VISUM 16 MANUAL. Karlsruhe, Alemanha: PTV AG.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MOBILIDADE E TRANSPORTE. **Corredores - Fluidez para os ônibus e conforto para os usuários.** Disponível em <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transportes/noticias/?p=9017>, 2007>. Acesso em: 20 maio 2017.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MOBILIDADE E TRANSPORTE. **Dados Geoespaciais.** Disponível em <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/urbanismo/dados_estatisticos/index.php?p=160798>. Acesso em 10 jun. 2017.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MOBILIDADE E TRANSPORTE. **Remuneração do Sistema.** Disponível em <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transportes/institucional/sptrans/acesso_a_informacao/index.php?p=228628>. Acesso em: 28 maio 2017.

SECRETARIA ESPECIAL DE COMUNICAÇÃO DA PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Viaduto Plínio de Queiroz é reaberto para carros compartilhados.** Disponível em <<http://capital.sp.gov.br/noticia/viaduto-plinio-de-queiroz-e-reaberto-para-carros-compartilhados>> Acesso em: 5 jul. 2017.

SPTRANS. **Indicadores.** Disponível em <<http://www.sptrans.com.br/indicadores/>>. Acesso em: 4 jul. 2017.

SPTRANS. **Sistemas Informatizados para a Gestão do Transporte Coletivo do Município de São Paulo.** São Paulo, 2009. Disponível em <http://www.sptrans.com.br/pdf/biblioteca_tecnica/SISTEMAS_INFORMATIZADOS_PARA_A_GESTAO_DO_TRANSPORTE.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2017.

VASCONCELLOS, E. de A.; MENDONÇA, Adolfo. Política Nacional de Transporte Público no Brasil: organização e implantação de corredores de ônibus. **Revista dos Transportes Públicos, São Paulo**, v. 33, p. 73-95, 2010.

WEIGANG, Li et al. Implementação do Sistema de Mapeamento de uma Linha de Ônibus para um Sistema de Transporte Inteligente. In: **Anais do XXI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Seminário Integrado de Software e Hardware (SEMISH)**. 2001. p. 72-85.

8. ANEXOS

Anexo 1 - Pares OD gerados pela primeira simulação no software VISUM

PAR OD	SOLICITAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO
1-12	
1-26	✓
2-26	✓
2-37	✓
2-51	✓
3-14	✓
3-24	✓
4-50	✓
5-6	✓
5-12	✓
5-14	✓
5-26	✓
5-49	✓
5-62	✓
6-58	✓
7-2	
7-24	✓
7-49	✓
7-50	✓
7-51	✓
8-50	✓
8-63	
9-14	✓
9-29	
9-82	✓
13-5	✓
13-24	✓
13-50	✓
14-5	✓
14-6	✓
15-50	✓
16-8	✓
20-2	
21-2	
24-15	✓
24-31	✓

PAR OD	SOLICITAÇÃO DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO
24-35	✓
26-1	✓
26-34	✓
33-5	✓
33-24	✓
33-49	✓
36-6	✓
36-24	✓
36-48	✓
41-2	
45-2	✓
46-2	
46-24	✓
47-1	
48-3	✓
48-10	✓
50-1	✓
56-6	✓
58-4	✓
66-14	✓
69-9	✓
72-24	✓
72-26	✓
74-6	
74-16	
75-15	
80-2	✓
81-6	✓
82-5	✓

Anexo 2 - Atendimento de pares OD pelos corredores de ônibus simulados

Par OD	Atendimento pelo Corredor Nove de Julho	Atendimento pelo corredor Rebouças
1-12		
1-26	✓	✓
2-26	✓	✓
2-37		✓
2-38		✓
2-51	✓	✓
3-14	✓	
3-24	✓	✓
4-38	✓	✓
4-50	✓	
5-6	✓	✓
5-12	✓	
5-14	✓	
5-26	✓	
5-38	✓	✓
5-49	✓	✓
5-62	✓	
6-58	✓	✓
7-2		✓
7-24		✓
7-49	✓	✓
7-50	✓	✓
17-13	✓	✓
18-1		✓
18-13	✓	✓
7-51	✓	✓
8-50	✓	✓
8-63		✓
9-14	✓	
9-17	✓	✓
9-29		
9-82	✓	
13-5	✓	
13-24	✓	✓
13-50	✓	
14-5	✓	
14-6	✓	✓
15-50	✓	✓
16-8		✓
17-1		✓
19-60	✓	✓

Par OD	Atendimento pelo Corredor Nove de Julho	Atendimento pelo corredor Rebouças
20-2		✓
21-2		✓
22-2		✓
22-8		✓
23-2		✓
24-15	✓	✓
24-31	✓	✓
24-35	✓	✓
26-1	✓	✓
26-34	✓	
33-5	✓	
33-24	✓	✓
33-49	✓	✓
36-6	✓	✓
36-24	✓	✓
36-48	✓	✓
41-2		✓
41-14	✓	✓
43-10	✓	✓
45-2	✓	✓
46-2		✓
46-24		✓
47-1		✓
47-12	✓	✓
48-3	✓	✓
48-10	✓	✓
50-1	✓	✓
56-6	✓	✓
58-4	✓	
63-24		✓
64-3	✓	✓
64-26	✓	✓
66-14	✓	✓
69-6	✓	✓
70-23	✓	✓
72-24	✓	✓
72-26	✓	
74-2		✓
74-5	✓	✓
74-6		✓
74-16		✓
74-21		✓
74-24		✓
75-14	✓	✓

Par OD	Atendimento pelo Corredor Nove de Julho	Atendimento pelo corredor Rebouças
75-15		✓
80-2	✓	✓
81-6	✓	✓
82-5	✓	