

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Fernando Fazzini Russo

**ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DAS LINHAS DE ÔNIBUS
TRONCAL TRIÂNGULO E TRONCAL BALTAZAR NA
ZONA NORTE DE PORTO ALEGRE**

Porto Alegre
junho de 2015

FERNANDO FAZZINI RUSSO

**ANÁLISE DE DO PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DAS
LINHAS DE ÔNIBUS TRONCAL TRIÂNGULO E TRONCAL
BALTAZAR NA ZONA NORTE DE PORTO ALEGRE**

Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Fernando Dutra Michel

Porto Alegre
junho 2015

FERNANDO FAZZINI RUSSO

**ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DAS LINHAS DE ÔNIBUS
TRONCAL TRIÂNGULO E TRONCAL BALTAZAR NA ZONA
NORTE DE PORTO ALEGRE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, junho de 2015

Prof. Fernando Dutra Michel
MSc pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Prof. Jean Marie Désir
Coordenadores

BANCA EXAMINADORA

Prof. Fernando Dutra Michel (UFRGS)
MSc pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna (UFRGS)
PhD pela Leeds University, UK

Maria Cristina Molina Ladeira (EPTC)
MSc pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Carlos Alberto e Zaida,
que sempre me apoiaram, especialmente na minha
formação profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha amada esposa, Flávia, por todo amor, paciência e colaboração ao longo desta caminhada. Aos meus pais, por todo carinho e suporte a vida toda.

Agradeço aos meus pais, pela educação e caráter que me deram.

Agradeço ao meu orientador, Fernando Michel, pelo apoio e incentivo durante a elaboração deste trabalho.

Agradeço a Diretora Técnica da EPTC, Eng. Maria Crisinta Molina Ladeira, pelo apoio, confiança e permissão de fazer o TCC na empresa.

Agradeço ao Flávio Tomelero pela amizade e os ensinamentos sobre transporte público.

Enfim agradeço a todos os amigos e colegas que participaram desta jornada de alguma forma.

A imaginação é mais importante que o conhecimento.

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise do projeto que criou as linhas Troncal Baltazar e Troncal Triângulo na Zona Norte de Porto Alegre, suas características técnicas e resultados alcançados com enfoque em dois indicadores de qualidade de transporte público urbano: conforto e tempo de viagem. Os resultados foram obtidos a partir de um comparativo antes e depois da implantação do projeto, avaliando todas as linhas de ônibus da região que poderiam sofrer interferências. O trabalho ainda simula uma expansão de atendimento das linhas alimentadoras que foram criadas, avaliando o impacto no custo da operação em relação à forma atual.

Palavras-chave: Sistema Tronco-Alimentado.
Qualidade em Transporte Público Urbano. Dimensionamento Transporte Público.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das Etapas da Pesquisa.....	17
Figura 2 – Gráfico de Custos de Porto Alegre	28
Figura 3 – Mapa das linhas do Grupo 2	39
Figura 4 – Mapa das Linhas Troncais	40
Figura 5 – Itinerários das linhas A24, A33 e A53	41
Figura 6 – Taxa de ocupação média do grupo 2.....	46
Figura 7 – Demanda diária de passageiros 2012 a 2014	48
Figura 8 – Demanda diária de passageiros 2013 a 2014	48
Figura 9 – Comparativo tempo A24+TR60 com 624.....	49
Figura 10 – Comparativo tempo A33+TR60 com 633.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação do transporte público de passageiros pelo tipo de uso	23
Tabela 2 – Conforto dos passageiros em função da densidade de pessoas em pé.....	35
Tabela 3 – Número de viagens das linhas do Grupo 2	39
Tabela 4 – Dados de Boletim de Acompanhamento Diário	41
Tabela 5 – Passageiros no Trecho Crítico e Taxa de Ocupação.....	42
Tabela 6 – Tempo de viagem (sentido bairro/centro).....	43
Tabela 7 – Taxa de ocupação média por linha do Grupo 2	44
Tabela 8 – Taxa de ocupação média do Grupo 2	46
Tabela 9 – Taxa de ocupação média por linha do Grupo 3	47
Tabela 10 – Demanda Estimada	51
Tabela 11 – Capacidade dos Veículos.....	51
Tabela 12 – Partidas por Período.....	52
Tabela 13 – Headway	53
Tabela 14 – Tempo de ciclo (min).....	54
Tabela 15 – Frota necessária	54
Tabela 16 – Quilometragem rodada pico manhã.....	55

LISTA DE SIGLAS

BAD – Boletim de Acompanhamento Diário

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

DPVAT – Seguro Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre

EPTC – Empresa Pública de Transporte e Circulação

MBB – Mercedes Benz do Brasil SA

VLT – Veículo Leve sobre Trilhos

LISTA DE SÍMBOLOS

α – taxa de ocupação

CAV – capacidade do veículo (passageiros)

F – frota total

FR – fator de renovação

H – Headway (minutos)

P – volume de passageiros no trecho crítico (passageiros)

PP – partidas por período

TC – tempo de ciclo (minutos)

TP₁ – Tempo parado no ponto inicial da linha (minutos)

TP₂ – Tempo parado no ponto final da linha (minutos)

TV₁ – Tempo de viagem do ponto inicial ao final da linha (minutos)

TV₂ – Tempo de viagem no sentido inverso (minutos)

V – volume de passageiros transportados na viagem (passageiros)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 DIRETRIZES DA PESQUISA.....	15
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	15
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	15
2.2.1 Objetivo principal.....	15
2.2.2 Objetivos secundários	15
2.3 PRESSUPOSTO	15
2.4 DELIMITAÇÕES.....	16
2.5 LIMITAÇÕES	16
2.6 DELINEAMENTO.....	16
3 TRANSPORTE PÚBLICO URBANO	19
3.1 HISTÓRICO DO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO	19
3.2 CONCEITOS DE TRANSPORTE.....	22
3.2.1 Classificação do transporte pelo uso.....	22
3.2.2 Classificação pelo Modo de Trânsito	25
3.2.3 Custos de Operação do Transporte	27
3.2.4 Classificação de linhas de ônibus	29
3.2.5 Sistemas e redes de transporte por ônibus	30
3.2.6 Indicadores de qualidade no transporte público coletivo	31
3.3 DIMENSIONAMENTO DE UMA LINHA DE ÔNIBUS	32
3.3.1 Demanda de Passageiros e Período.....	33
3.3.2 Demanda de Passageiros no Trecho Crítico e Fator de Renovação.....	33
3.3.3 Número de Partidas por Período	34
3.3.4 Intervalo entre Partidas	35
3.3.5 Tempo de Ciclo	35
3.3.6 Cálculo da Frota Operante	36
3.4 TAXA DE OCUPAÇÃO.....	36
4 ANÁLISE PROJETO LINHAS TRONCAIS.....	38
4.1 DETALHAMENTO DO PROJETO	38
4.2 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E CÁLCULO DOS INDICADORES	41
4.2.1 Cálculo da taxa de ocupação	42
4.2.2 Cálculo do tempo de viagem.....	43
4.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE	44
4.3.1 Comparativo taxa de ocupação	44
4.3.2 Comparativo tempo de viagem.....	49

4.4 AMPLIAÇÃO DAS LINHAS ALIMENTADORAS	50
4.4.1 Demanda de passageiros	50
4.4.2 Fator de Renovação	51
4.4.3 Partidas por Período	51
4.4.4 Headway	53
4.4.5 Tempo de ciclo	53
4.4.6 Frota necessária	54
5 CONCLUSÕES.....	56
APÊNDICE A – LINHAS POR GRUPO	60
APÊNDICE B – TAXAS DE OCUPAÇÃO MÉDIA POR LINHA.....	63

1 INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana é essencial para o desenvolvimento das grandes cidades e, o transporte público eficiente e de qualidade, deve ser o objetivo das autoridades governamentais. No Brasil, o governo municipal é responsável pelo planejamento do uso e ocupação do solo, também cabe a ele planejar o trânsito e o transporte de pessoas e cargas. Porém, o crescimento da economia nacional nos últimos anos e os incentivos fiscais que o Governo Federal tem dado para aquisição de automóveis (redução no IPI), resultou em um grande problema para os municípios, especialmente as capitais: crescimento da frota de automóveis particulares em uma escala maior do que os recursos disponibilizados pelo Governo para investimento em infraestrutura, gerando grandes congestionamentos.

Para promover a mobilidade urbana, são necessários investimentos em projetos que tragam melhorias ao transporte público, tornando este sistema mais atrativo às pessoas que precisam realizar um deslocamento, evitando uso do transporte individual e consequente o aumento de veículos nas vias.

Tendo em vista este cenário, a Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), responsável pelo planejamento e fiscalização do trânsito e transporte de Porto Alegre, implantou uma série de projetos em busca de melhorias no transporte coletivo, como priorização de trânsito e melhor atendimento a demanda de passageiros.

A EPTC em janeiro de 2013 implantou um projeto de criação de duas linhas troncais na Zona Norte de Porto Alegre com objetivo de melhorar o atendimento aos usuários. Foram denominadas de Troncal Baltazar e Troncal Triângulo. A linha Troncal Baltazar tem seu terminal bairro no limite de Porto Alegre com o Município de Alvorada e percorre os corredores exclusivos das Avenidas Baltazar de Oliveira Garcia, Assis Brasil e Farrapos aonde chega ao terminal centro, no Terminal Centro Popular de Compras. A linha Troncal Triângulo tem seu terminal bairro no Terminal Triângulo e percorre, a partir deste ponto, o mesmo itinerário da linha Troncal Baltazar até o terminal centro.

Segundo Tomelero Jr. (2015), para a implantação do projeto, a EPTC fez um estudo de demanda da região, com as bases nas pesquisas disponíveis, do ano de 2003, e verificou que

parte dos passageiros de algumas linhas da região se deslocavam somente até o Terminal Triângulo. Sendo assim, o projeto implantado teve como objetivo dividir estas demandas em linhas diferentes. Linhas alimentadoras para levar os passageiros até o Terminal Triângulo e as linhas troncais que atenderiam os passageiros de eixo, deixando as linhas diretas para os passageiros dos bairros que se deslocam ao centro.

O projeto proposto apresentava um remanejo da frota existente, retirando ônibus de algumas linhas para composição da frota das duas linhas troncais. A linha Troncal Baltazar com 16 veículos e Troncal Triângulo com 09 veículos. As duas linhas foram implantadas com intervalo entre viagens, *headway*, de 10 minutos (TOMELERO JR, 2015).

Nesse trabalho será avaliado se o atendimento a demanda efetivamente melhorou. Serão verificados indicadores como taxa de ocupação média nos ônibus e tempo de viagem das linhas envolvidas no projeto, fazendo um comparativo destes indicadores antes e depois da implantação dessas novas linhas.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: a implantação das linhas Troncal Triângulo e Troncal Baltazar melhorou o atendimento à demanda de passageiros?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do trabalho é a verificação de melhoria ou não, no atendimento à demanda de passageiros pelo projeto que criou as linhas de ônibus Troncal Triângulo e Troncal Baltazar, através de um comparativo de taxa de ocupação dos ônibus e tempo de viagem, antes e depois da implantação.

2.2.2 Objetivos secundários

O objetivo secundário do trabalho é o dimensionamento de atendimento integral pelas linhas alimentadoras São Borja/Triângulo e Costa e Silva/Triângulo, extinguindo as linhas diretas.

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que a melhora no atendimento ao usuário do transporte coletivo seja apenas na diminuição na taxa de ocupação nos ônibus e no tempo de viagem.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a análise da demanda de passageiros e do tempo de viagem no transporte coletivo da Região Norte/Nordeste de Porto Alegre.

2.5 LIMITAÇÕES

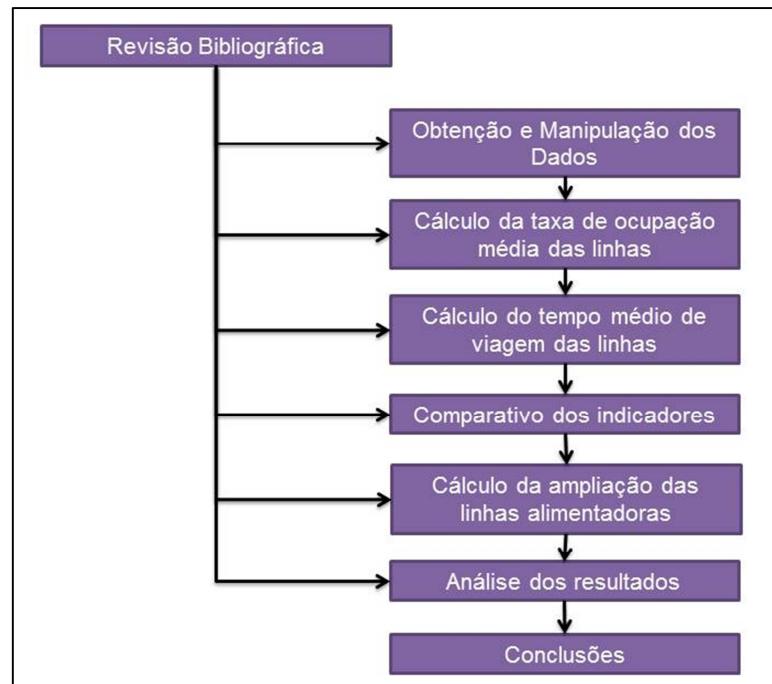
O trabalho limita-se a análise das novas linhas Troncal Triângulo e Troncal Baltazar, as linhas Alimentadoras criadas e das linhas dos eixos das Avenidas Assis Brasil e Baltazar de Oliveira Garcia que sofreram alterações por esta implantação no período de pico da manhã.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir, que estão representadas na figura 1, e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) obtenção e manipulação de dados;
- c) cálculo da taxa de ocupação média das linhas;
- d) cálculo do tempo médio de viagem das linhas;
- e) comparativo dos indicadores;
- f) cálculo ampliação das linhas alimentadoras
- f) análise dos resultados obtidos;
- g) conclusões.

Figura 1 – Fluxograma das Etapas da Pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

Os dados necessários para a análise proposta neste trabalho constam no banco de dados da EPTC, formado pelos Boletins de Acompanhamento Diário, cadastro da frota de ônibus e fator de renovação das linhas. Os dados foram fornecidos em meio eletrônico, arquivos de texto, e foram transformados em planilha eletrônica no Microsoft Excel[®].

O cálculo da taxa média de ocupação teve aplicação de teoria de dimensionamento de linhas de ônibus, cruzando as informações dos dados citados. O uso de Tabela Dinâmica foi necessário para extrair as médias, pois o volume de dados utilizados era muito grande.

O cálculo do tempo médio das linhas foi feito com as informações dos boletins e as médias também feitas com Tabela Dinâmica.

Com os indicadores devidamente calculados, foi feito o comparativo antes e depois da implantação do projeto.

Com os dados de frota e demanda, foi utilizada a teoria de dimensionamento de linhas de ônibus para projetar ampliação de atendimento das linhas alimentadoras existentes.

A Análise dos resultados obtidos teve como finalidade verificar se os indicadores apresentaram resultado coerente.

Na conclusão do trabalho ocorreu a análise crítica dos resultados obtidos, chegando a resposta da questão proposta para este trabalho.

3 TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

A necessidade de realizar viagens é presente no cotidiano do ser humano. Para exercer algumas atividades, como trabalhar, estudar, fazer compras, lazer, as pessoas deixam suas casas e fazem uma viagem até o seu destino. Esse deslocamento pode ser feito a pé, com um veículo particular ou público.

É possível afirmar que toda atividade econômica está relacionada com alguma forma de transporte. A indústria recebe a matéria prima e envia sua manufatura por algum meio de transporte assim como seus funcionários utilizam algum meio de transporte para chegar ao local de trabalho. A mesma lógica pode ser aplicada ao comércio e aos serviços. Amouzou (2000, p. 2) afirma que nas grandes cidades brasileiras vem aumentando o número de pessoas que dependem de transporte privado, gerando congestionamentos de cidades e estradas, por consequência, desperdício de combustíveis, diminuição da atividade econômica, além de um impacto sobre cotidiano das cidades.

Segundo Ferraz e Torres (2001, p. 4), uma das funções do transporte público é ser uma alternativa ao transporte individual, reduzindo os impactos, já citados, pelo transporte privado.

Este capítulo apresentará o histórico, conceituação e o dimensionamento do transporte público urbano.

3.1 HISTÓRICO DO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

De modo geral, o transporte público urbano teve sua evolução acompanhando o desenvolvimento urbano e tecnológico. O crescimento da população urbana, o aumento das atividades econômicas comerciais e industriais e a expansão geográfica das áreas urbanas exigiram melhorias nas formas de transporte das pessoas e mercadorias para permitir o desenvolvimento. Segundo Vuchic (2007, p. 8, tradução nossa), até o século XVI o transporte era feito a pé, a cavalo ou com carruagem puxada por cavalo. Durante o século XVI, surgiu sistema de aluguel de cavalos e carruagens nas principais estradas, em que havia pontos de retirada e entrega do transporte alugado. No século XVII, surgiu transporte com rotas e horários fixos feitos por carruagem para o transporte de mercadorias.

Esse primeiro modo de transporte público, aluguel de carruagens, surgiu em Londres e Paris, nos anos de 1600 e 1612 respectivamente. Em 1662, o matemático francês Blaise Pascal criou as primeiras linhas de transporte público com horários e itinerários fixos em Paris. Eram cinco linhas operadas com carruagens de oito lugares (FERRAZ; TORRES, 2001, p. 9).

Já em 1798, em Londres, surgiram as carruagens longas com capacidade entre 10 e 20 passageiros, que no ano de 1826, em Nantes, França, foram batizadas de *omnibus* (“para todos” em latim). Esse modal se consolidou e se espalhou pela Europa, sendo implantando em Praga, Liverpool, Budapeste, Birmingham, São Petersburgo, Lyon, Leeds, Berlim, entre outras. Foi implantado também nos Estados Unidos, inicialmente em Nova York, no ano de 1827, e posteriormente nas principais cidades portuárias da costa leste americana. O sucesso do *omnibus* é explicado por sua flexibilidade operacional aliada as constantes melhorias viárias das cidades (VUCHIC, 2007, p. 9, tradução nossa).

Segundo Ferraz e Torres (2001, p. 10), foi em Nova York que surgiram os bondes, no ano de 1832. Os primeiros modelos eram puxados por cavalos. Por causa da menor resistência ao movimento propiciado pelos trilhos, o bonde apresentava um desempenho superior ao *omnibus* como velocidade média maior, mais passageiros e maior conforto. A primeira tração mecânica foi implantada em São Francisco: um sistema de cabos com movimento contínuo aos quais os veículos conectavam para entrar em movimento e soltavam para parar. Somente no final do século XIX é que surgiram os bondes com motor elétrico, na cidade de Richmond, Estados Unidos.

Vuchic (2007, p. 11-12, tradução nossa) afirma que a busca por mecanização da tração dos meios de transporte iniciou quando houve a grande epidemia de gripe equina no leste dos Estados Unidos, em 1872, matando milhares de cavalos. Os bondes foram o principal modal de transporte do final do século XIX até meados do século XX, evoluíram de uma carruagem sobre trilhos para veículos com mais de um vagão ou articulados e permanecem em operação em algumas cidades até os dias de hoje.

Ainda no século XIX iniciaram as tentativas de mecanizar o *omnibus*. Étienne Lenoir criou, em 1856, o motor de dois tempos, com mistura de ar e gás. Vinte anos depois, Nicholas Otto criou o motor de quatro tempos que misturava gás e ar ou óleo e ar. Esses motores tinham ampla aplicação na indústria, mas eram pesados demais para veículos. Foi Gottlieb Daimler quem projetou um motor de alta velocidade de leve, em 1883. Carl Benz, em 1886, construiu

o primeiro automóvel com motor movido a gasolina. No início do século XX, surgiram os primeiros ônibus com motores de combustão interna movidos a gasolina. Em 1890, o aperfeiçoamento dos motores por compressão de alta velocidade de Rudolf Diesel (batizados com o nome de seu criador), que apresentavam maior potência a baixas rotações e rendimento superior aos motores e gasolina. Em 1910, na Grã-Bretanha, iniciou a produção de veículos mais leves, confiáveis e de baixo custo. Por volta de 1920, a utilização de pneus com câmaras substituiu os pneus de borracha maciça, propiciando maior suavidade ao veículo e mais conforto aos passageiros. A adoção de sistema de frenagem nas quatro rodas, incorporada após a Primeira Guerra mundial, trouxe maior segurança aos passageiros. Estes foram fatores que impulsionaram o ônibus como modal predominante de transporte público urbano. Essas foram as primeiras implementações, porém os ônibus continuaram sofrendo melhorias na sua mecânica, carroceria, itens de segurança e *design*, chegando aos veículos de alto desempenho dos dias de hoje (VUCHIC, 2007, p. 26, tradução nossa)

Os modais de grande capacidade, metrô e trem suburbano já eram utilizados no século XIX. O surgimento da locomotiva elétrica, mais potente, levou a maior ocupação de áreas afastadas do centro das cidades, pois este veículo era mais rápido e portanto, fazia viagens em menor tempo. A primeira linha de metrô foi criada em Londres, em 1863. Era subterrânea para evitar o movimento da região central londrina. Cinco anos depois, em Nova York, surgiu a primeira linha elevada (FERRAZ; TORRES, 2001, p. 15-16).

Em Porto Alegre, a primeira linha regular de transporte público foi inaugurada em 1873, utilizava bondes puxados por cavalos que pertenciam a Companhia Carris de Ferro Porto Alegrense. Em 1908 esta companhia colocou em operação bondes elétricos. Em 1930 sistema de transporte estava entrando em colapso por falta de regulação e a prefeitura teve de intervir. Houve uma concorrência e a Carris adquiriu o monopólio até 1940 e acabaria sendo estatizada no governo Brizola nos anos 50. Os bondes deixaram de operar em 1970 dando lugar aos ônibus como modal de transporte público coletivo da cidade. Já havia ônibus operando desde 1920, mas com operadores individuais. Com a criação da Secretaria Municipal dos Transportes em 1956, o sistema é reformulado e as concessões passam a ser por linhas e apenas para empresas. Nos anos seguintes o sistema expandiu, corredores exclusivos foram construídos e linhas transversais criadas. Hoje o sistema está dividido em bacias: norte (operada pelo consórcio Conorte), sul (operada pelo consórcio STS) e leste (operada pelo consórcio Unibus). A Cia. Carris opera linhas da área central e centro-leste,

além de todas as linhas transversais (EMPRESA PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO, 2012, p. 10).

O sistema de transporte público, em Porto Alegre, é composto por três modais: coletivo (ônibus), seletivo (lotações) e individual (táxis), cujo planejamento e fiscalização são responsabilidade da Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC). O transporte coletivo é feito por ônibus, com uma frota de 1659 veículos, 400 linhas regulares e transporta 1.100.000 passageiros/dia em média (EMPRESA PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO, 2012, p. 2).

A Bacia Norte tem um total de 110 linhas regulares, mais de 6.000 viagens/dia e 280.000 passageiros/dia em média. Os principais eixos de atendimento são Av. Farrapos, Av. Assis Brasil, Av. Sertório e Av. Baltazar de Oliveira Garcia, todos com corredor exclusivo para ônibus. Apenas de linhas urbanas, na faixa mais carregada, o eixo da Av. Assis Brasil possui 170 viagens/hora/sentido, Av Sertório 50 viagens/hora/sentido e Av. Farrapos 130 viagens/hora/sentido (EMPRESA PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO, 2015).

O transporte público de Porto Alegre tem uma complexa legislação para controle e regulamentação. Em 1992 foi estabelecido o Boletim de Acompanhamento Diário, o BAD, pela Lei Municipal 6997/92, para controle da operação e censo de passageiros. Contém informações como linha, prefixo do ônibus, horário de início e fim da viagem, total de passageiros por tipo, identificação da tripulação entre outras informações.

3.2 CONCEITOS DE TRANSPORTE

Nos próximos itens serão detalhados importantes conceitos básicos do transporte, como tipo de uso, modo de trânsito, custos do transporte, classificação de linhas de ônibus e sistemas e redes de transporte.

3.2.1 Classificação do transporte pelo uso

Vuchic (2007, p. 45, tradução nossa) divide o transporte nas categorias privado, público e de aluguel. O privado são proprietários de veículos que o utilizam para interesses próprios. Os principais modais desta categoria são o carro, a moto, a bicicleta e a pé. O público, também

chamado de transporte de massa, é um sistema de rotas e horários fixos, para uso de qualquer pessoa mediante pagamento de uma tarifa. Os modos mais comuns são ônibus, veículo leve sobre trilhos (VLT) e metrô. O transporte de aluguel trata-se de um serviço prestado de forma individual com valores pré-determinados ou tarifados. Não tem rotas ou horários estabelecidos, pois atende a vontade do cliente. Neste grupo está o modal táxi e o frete. A tabela 1 mostra o resumo do transporte pelo uso.

Tabela 1 – Classificação do transporte público de passageiros pelo tipo de uso

Característica	Tipo de Uso		
	Privado	de Aluguel	Público
Disponibilidade do Serviço	Dono	Individual, grupos	Público
Fornecedor do serviço	Usuário	Transportador	Transportador
Determinação de Rota	Usuário	Usuário	Transportador
Determinação de Horário	Usuário	Usuário	Transportador
Custo	Usuário	Taxa fixada	Tarifa fixada

(fonte: adaptado de VUCHIC, 2007, p. 46, tradução nossa)

3.2.1.1 Transporte Privado

O transporte privado é o principal e mais difundido meio de transporte. É mais atrativos que o transporte público por ser totalmente flexível, já que o proprietário utiliza seu veículo quando e como desejar, diferentemente do transporte público que têm horários e rotas definidas.

O principal modo de transporte individual da atualidade é o automóvel, além deste modal, as motos, as bicicletas, os veículos com tração animal e até deslocamento a pé se enquadram no transporte privado. Conforme o Departamento Nacional de Trânsito (Denatran), a frota de automóveis e caminhonetes superou 50 milhões de veículos (sendo 44 milhões só de automóveis) e motocicletas chegando a seis milhões de unidades (DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO, 2013). Bicicletas, veículo com tração animal e até deslocamento a pé se enquadra no transporte privado.

Deslocamento a pé é particularmente importante por ser complementar aos modais de transporte público. Como ônibus, metrô ou trens tem pontos fixos de desembarque, não realizando viagens de porta a porta, o individuo inicia seu deslocamento até um ponto de

embarque e termina do ponto de desembarque até seu destino a pé (FERRAZ; TORRES, 2001, p. 26).

3.2.1.2 Transporte Público

O transporte público ou de massa é caracterizado por ter horários definidos das viagens assim como as rotas. Os principais modais são ônibus, VLT e metrô (VUCHIC, 2007, p. 45, tradução nossa).

O transporte público é uma necessidade básica em meios urbanos, Ferraz e Torres (2001, p. 4) afirmam que “[...] por seu aspecto social e democrático, uma vez que o transporte público representa o único modo motorizado acessível às pessoas de baixa renda e uma importante alternativa pra quem não pode dirigir (crianças, adolescentes, idosos, deficientes, doentes etc.) ou prefere não dirigir.”.

Além disso, o transporte público é importante para o desenvolvimento econômico de uma cidade, visto que é o meio que os trabalhadores da indústria e comércio utilizam para chegar aos seus locais de trabalho, além de também transportar os clientes aos pontos de consumo. (FERRAZ; TORRES, 2001, p. 4). Amouzou (2000, p. 24) afirma que:

Durante muito tempo, a cidade foi considerada um conjunto de atividades econômicas localizadas no espaço e o transporte, um elemento ativo de sua extensão. Atualmente, o [...] plano urbano, mostra a cidade sob a forma de uma tabela na qual as diversas atividades são enumeradas de maneira distinta. Residências, indústrias, comércio, escolas, pontos de lazer são dispostos em forma de plano geográfico. Assim, o transporte aparece tanto como consequência deplorável quanto como condição inevitável do crescimento da cidade e distribuição espacial das atividades, funções e serviços que a constituem.

Sendo assim, o planejamento e a gestão do transporte público urbano cabem à prefeitura cidade, que faz a conciliação entre o desenvolvimento econômico e a mobilidade urbana. Segundo De Toni (1994, p. 31), o grau e o tipo de uso do solo influencia e é influenciado pelos sistemas de transporte, e ambos circunstanciados ao desenvolvimento da estrutura urbana.

O que se verifica hoje nas grandes cidades do Brasil é um crescimento horizontal desordenado aliado ao surgimento de zonas com atividades específicas (residenciais, industriais, comerciais e de serviços). Como estas atividades são concentradas no tempo e no espaço,

ocasionam picos por demanda de transportes com consequente superlotação no transporte público e congestionamentos das vias (FERRONATO et al., 2000, p. 340).

Vuchic (2007, p. 45, tradução nossa) afirma que o transporte público está disponível a todos as pessoas mediante pagamento de uma tarifa estabelecida. No Brasil, porém, existem diversos tipos de isenções, desde isenção total (idosos, portadores de deficiência, etc) até meia isenção no caso de estudantes.

3.2.1.3 Transporte de Aluguel

O modal mais conhecido deste tipo de uso é o táxi, mundialmente difundido. Táxi é um transporte público individual. Ferraz e Torres (2001, p. 60) apontam que é um meio importante à sociedade por ser totalmente flexível quanto a horário e rota, e ter motorista que conduz o veículo. Além dele, tem o fretamento (que não é público), que apresenta diferentes formas de prestação de serviço como, por exemplo, um ônibus que faz o deslocamento diário residência/trabalho dos empregados de uma empresa ou uma Van que leva um grupo de pessoas para um Show.

Os serviços de lotação e transporte escolar são considerados semipúblicos ou seletivos, mais ainda de uso público.

3.2.2 Classificação pelo Modo de Trânsito

O modo de trânsito do sistema pode ser dividido em tipo de prioridade nas vias e tecnologia do sistema, que interferem diretamente na operação de transporte.

3.2.2.1 Prioridade nas vias

Ter prioridade sobre os demais veículos da via é essencial para uma melhor operação de transporte. De acordo com Ferraz e Torres (2001, p. 240), a priorização de trânsito aumenta a velocidade e consequentemente reduz o tempo de viagem. Outra consequência é a redução da frota operante, tornando o sistema mais eficiente.

Faixas exclusivas, faixas segregadas, vias exclusivas e zonas exclusivas são formas de priorização (FERRAZ; TORRES, 2001, p. 240).

Vuchic (2007, p. 47, tradução nossa) divide essas formas em três categorias:

- a) C: são as faixas exclusivas, ocorre em uma pista em que a separação do trânsito dos coletivos dos demais veículos se dá por sinalização horizontal (pintura de uma linha indicadora) e vertical (placas reguladoras).
- b) B: são as faixas segregadas, em que existe separação física longitudinal entre o tráfego dos coletivos e o restante. Ainda sim, sofre interferência de travessias de pedestres e interseções com outras avenidas. Comum para os modais ônibus e VLT.
- c) A: via totalmente fechada, sem interseções ou passagens em nível, tanto de pedestres quanto de outros veículos. Túneis para trens é um exemplo deste tipo de via.

Conforme o manual da MBB (MERCEDES BENZ DO BRASIL SA, 1987, p. 30), existe condições e exigências para implantação dos diferentes tipos de prioridade de trânsito para o modal ônibus em meio urbano, conforme segue:

- a) faixa exclusiva junto ao meio-fio: deve ser implementada quando o fluxo de ônibus na via ultrapassar os 25 ônibus por hora e o trânsito dos demais veículos for significativo. A via deve ter pontos de parada e, no mínimo, mais duas faixas para o tráfego geral. Essa faixa deve ter de 3,25 a 3,50 metros de largura com sobrelargura nas curvas e separada por tachões das demais faixas. Deve ser proibido estacionamento junto ao meio-fio e regulamentação especial para carga e descarga e conversões à direita
- b) faixa exclusiva junto ao canteiro central: é indicada em vias de duplo sentido em que os volumes são similares aos da faixa junto ao meio-fio e quando o volume de conversões à direita for muito alto. Esta faixa exige espaço para instalações de ilhas para embarque e desembarque com largura mínima de 2,00 metros (ideal 3,00 metros). As larguras são as mesmas da faixa junto ao meio-fio. As conversões à esquerda devem ser regulamentadas (proibição ou instalação de semáforos).
- c) faixa exclusiva no contra fluxo: é aplicável em vias de sentido único com largura entre 9,00 e 12,00 metros. É aplicável quando o fluxo de ônibus supera 20 ônibus por hora. A separação física das demais faixas deve permitir ultrapassagem em caso de emergência como quebras ou acidentes. Largura de 3,25 a 3,50 metros.
- d) faixas segregadas no centro da via (canaletas): são aplicáveis em vias de duplo sentido com largura superior a 21,00 metros. O volume mínimo deve ser 30 ônibus por hora por sentido. A largura de 3,50 metros para cada faixa e barreiras segregadoras das demais faixas de 1,00 metro de largura. Ilhas de

embarque e desembarque com largura mínima de 2,00 metros (ideal 3,00 metros).

- e) vias exclusivas: são próprias para áreas densamente ocupadas com restrição de espaço. Deve ser permitido acesso para carga e descarga fora do horário de pico, assim como acesso a garagens existentes no local.
- f) zonas exclusivas: indicadas somente em áreas centrais de grandes cidades, densamente ocupadas, com vias saturadas e estreitas. Além das mesmas permissões das vias exclusivas, deve-se permitir o acesso de táxis. O transporte público tem que ser eficiente para supri a demanda por viagens desta zona.

Em todos os casos, há necessidade de tratamento para travessia de pedestres, especialmente ao acesso as ilhas de embarque e desembarque e nas faixas em contra fluxo.

3.2.2.2 Tecnologia do sistema

A tecnologia do sistema se refere às características gerais de um modal. Segundo Vuchic (2007, p. 49-50, tradução nossa), as características são suporte do veículo, condução, propulsão e controle, descritas a seguir:

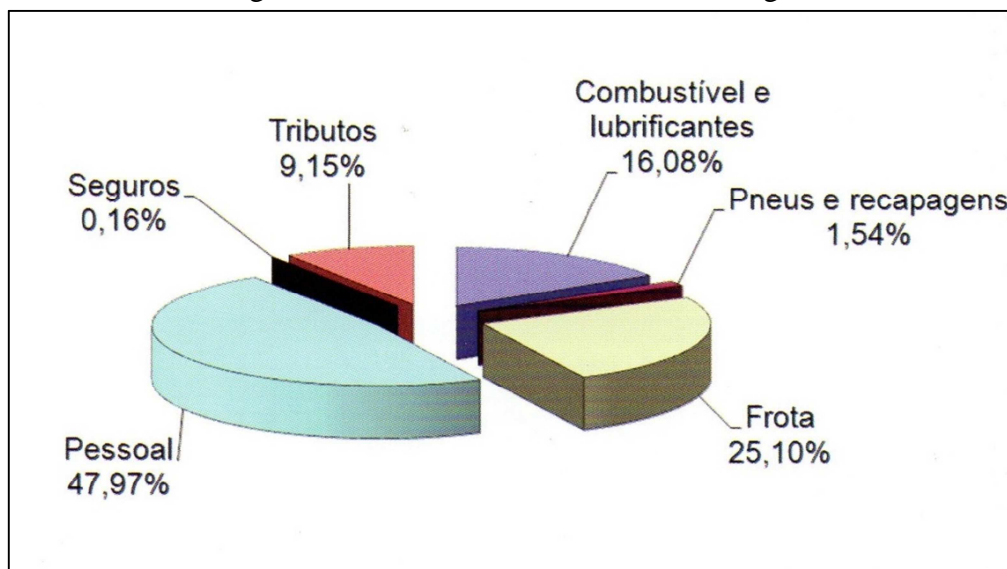
- a) suporte do veículo: é a forma de transmissão do peso e da tração à superfície de rolamento. Atualmente, os tipos mais comuns são rodas de aço em trilhos de aço e pneus de borracha em asfalto ou concreto.
- b) condução: é a forma de direcionamento lateral do veículo, pode ser através de um motorista e que modifica a direção através do conjunto volante/rodas (ônibus) ou pelos trilhos onde o veículo traciona (trens).
- c) propulsão: é forma de gerar força e como transmiti-la para gerar movimento ou a transferência de forças de aceleração e desaceleração. As principais unidades geradoras de força são os motores de combustão interna, movidos a diesel, gasolina ou etanol, e os motores elétricos. A forma predominante de transmissão da força gerada por um motor é a aderência/atrito. Existem outras formas como cabos, forças magnéticas, rotor (helicópteros), hélices, etc.
- d) controle: é a forma regular um ou mais veículos. O mais comum é controle de espaçamento longitudinal entre veículos que pode ser totalmente manual (baseado na visão do condutor) ou totalmente automático (controlado por computador e sensores).

3.2.3 Custos de Operação do Transporte

O Custo de operação de transporte é composto por uma parte fixa e uma parte variável. O transporte público coletivo de Porto Alegre tem os encargos e salários de motoristas e cobradores como a maior parte do custo da tarifa, correspondendo a 48%. Em segundo lugar,

o custo de frota com 25% e em terceiro o custo de combustíveis e lubrificantes com 16%. A figura 2 mostra a divisão dos custos da tarifa de ônibus porto-alegrense (EMPRESA PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO, 2012, p. 22).

Figura 2 – Gráfico de Custos de Porto Alegre



(fonte: EMPRESA PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO, 2012, p. 22).

3.2.3.1 Custos variáveis

Custos variáveis são aqueles que variam com a quilometragem rodada pela frota. Portanto, está diretamente relacionada com a quilometragem percorrida e quanto maior é essa quilometragem, maior o gasto. Fazem parte dos custos variáveis os gastos com combustíveis, lubrificantes (óleo do motor, óleo da caixa, fluido de freio), materiais rodantes (pneus e câmaras) e peças e acessórios para manutenção em geral. Com as informações fornecidas pelos fabricantes de ônibus, no que diz respeito ao consumo de combustíveis, quilometragem da troca de óleos, quilometragem de troca de pneus etc., é possível expressar estas despesas em unidade monetária por quilômetro para cada veículo. Com este custo estabelecido, basta multiplicar pela quilometragem rodada para se obter o custo total variável (FERRAZ; TORRES, 2001, p. 276).

3.2.3.2 Custos fixos

Custos fixos não variam com a quilometragem rodada. Gastos com pessoal (salários e encargos da área operacional, manutenção e administrativos), depreciação (desvalorização dos bens da empresa, em especial a frota de ônibus), peças e acessórios e gastos administrativos (material de escritório, água, luz, plano de saúde, licenciamento, Seguro a Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre – DPVAT, seguro do passageiro, seguro da frota, pró-labore da diretoria, entre outros), tributos (apenas impostos que incidem sobre a receita) e remuneração (retorno de capital conforme taxa estabelecida) (FERRAZ; TORRES, 2001, p. 276-277).

3.2.4 Classificação de linhas de ônibus

O transporte público coletivo é dividido em linhas que ligam diferentes pontos do perímetro urbano até uma área central ou entre si. Ferraz e Torres (2001, p. 133) afirmam que conforme o trajeto, essas linhas podem ser divididas e classificadas da seguinte forma:

- a) radial: linha com traçado com origem em uma região qualquer da cidade com deslocamento até a área central (local de grande concentração de comércio, poder público e prestação de serviços) e vice-versa.
- b) diametral: linha com traçado que liga duas regiões da cidade, passando pela área central.
- c) circular: linha com traçado que liga diferentes regiões da cidade sem passar pela área central. Esse traçado é um circuito fechado, ou seja, o ponto de partida coincide com o de chegada. Em geral esse tipo de linha forma um círculo em torno do centro, mas também podem passar pela área central da cidade.
- d) interbairros: traçado que passa por diferentes regiões da cidade sem passar pela área central ou contorná-la. O propósito deste tipo de linha é ligar uma região diretamente a um pólo atração de demanda.
- e) local: linha localizada dentro de uma única região da cidade, mas com o mesmo objetivo da linha interbairros.

Linhas radiais tem dois terminais, um no centro e outro no bairro, seguindo o sentido de maior demanda de passageiros. As linhas têm um pico elevado de demanda e o volume de passageiros diminui na medida em que as linhas se afastam do centro da cidade. Uma adequação entre demanda e capacidade pode ser feita com linhas mais curtas (VUCHIC, 2005, p. 201-202, tradução nossa).

Linhas diametrais, ou transversais, devem ser traçadas de forma que o volume de passageiros nos diferentes lados do centro da cidade seja equilibrado (VUCHIC, 2005, p. 204, tradução nossa).

Porto Alegre, devido às características geográficas, margeando o lago Guaíba, tem sua área central a oeste do centro geográfico. Sendo assim, as linhas transversais da cidade não passam pela área central.

3.2.5 Sistemas e redes de transporte por ônibus

O transporte público por ônibus pode funcionar em um sistema aberto ou sistema fechado. Suas linhas podem compor um serviço tronco-alimentador ou um serviço direto. Nos próximos itens serão explicados cada um destes sistemas e serviços e a composição deles.

3.2.5.1 Sistemas fechados

Sistemas fechados são aqueles em que o acesso é restrito a operadores previamente autorizados no corredor de ônibus. Controlar a entrada de veículos se deve ao fato de que, quanto maior o número de veículos que entram em um corredor menor será a velocidade média de operação deste, ou seja, maior tempo de viagem para os passageiros. Sendo assim, o número de veículos (e operadores) é determinado de forma a aperfeiçoar a operação. Além disso, os veículos que fazem parte deste sistema têm características específicas para operar com maior eficiência (WRIGHT; HOOK, 2008, p. 232-233).

3.2.5.2 Sistemas abertos

Sistemas abertos não fazem restrições a operadores ou número de veículos em corredores de ônibus. Linhas que trafegavam em uma via em que foi um novo corredor de ônibus, passam a operar neste corredor. Não há exclusividade de operação em sistemas abertos, mas alguns serviços podem ser excluídos como ônibus escolares, seletivos ou outros. A diferença operacional mais importante entre o sistema aberto e o sistema fechado esta na velocidade média dos ônibus e, conseqüentemente, no tempo de viagem dos passageiros. Sistemas fechados podem chegar a 25km/h em média, já sistemas abertos tem velocidades bem menores.(WRIGHT; HOOK, 2008, p. 233-234).

3.2.5.3 Serviços tronco-alimentadores

Serviços tronco-alimentados são aqueles em que linhas alimentadoras levam o passageiro de uma zona residencial até um terminal de transferência, onde é realizado transbordo para uma linha troncal, que percorre um eixo principal, normalmente em corredor exclusivo. Comumente são utilizados veículos pequenos nas alimentadoras e veículos maiores na linha troncal, ou seja, é possível uma melhor adequação entre oferta e demanda. Isso significa que é possível aumentar a taxa de ocupação, ou índice de aproveitamento, que representa mais lucratividade ao sistema e redução no tamanho da frota. Tipicamente, serviços tronco-alimentadores estão dentro de um sistema fechado, para que possa haver o aumento de desempenho esperado. Os usuários tendem a rejeitar o sistema tronco-alimentado pela percepção do tempo de espera numa transferência, podendo o serviço direto parecer mais rápido.

3.2.5.4 Serviços diretos

As linhas de ônibus com a característica de serviço direto levam o passageiro de uma região residencial por um eixo principal. Nas proximidades de áreas centrais, é comum o emprego de corredores exclusivos em razão do maior tráfego e demanda. Neste serviço, o passageiro só precisa fazer uma transferência entre linhas caso seu destino seja outro eixo principal, o que significa uma economia de tempo para o usuário. A desvantagem deste sistema é fato de um mesmo veículo realiza todo o trajeto da linha, que tem variação de demanda no trajeto. Isso significa que não há uma otimização entre veículo e demanda, podendo este ficar com capacidade ociosa em alguns pontos ou superlotação (WRIGHT; HOOK, 2008, p. 238-239).

3.2.6 Indicadores de qualidade no transporte público coletivo

Prover um transporte público coletivo de qualidade é necessário para redução do uso de automóvel pela população. Isso resulta em benefícios como redução de congestionamentos, menos acidentes e diminuição na emissão de poluentes e consumo de combustível. Alguns parâmetros são importantes influenciadores ao usuário no momento da decisão entre utilizar o transporte coletivo ou utilizar o transporte individual.

Segundo Rodrigues (2008), os parâmetros considerados pelo usuário na tomada de decisão são:

- a) acessibilidade: distância e facilidade de chegar e sair dos pontos de embarque e desembarque.
- b) frequência de atendimento: intervalo de passagem dos ônibus, o *headway*.
- c) tempo de viagem: tempo gasto do embarque ao desembarque.
- d) lotação ou conforto: quantidade de passageiros dentro do veículo.
- e) confiabilidade: grau de certeza que os têm usuários no cumprimento da viagem no tempo previsto.
- f) segurança: acidentes e crimes
- g) características dos veículos: conservação e idade
- h) características dos locais de parada: proteção contra intempéries, sinalização e conforto.
- i) sistema de informação: acesso do usuário a informações de horários, itinerários e pontos de embarque.
- j) conectividade: facilidade para deslocamento entre dois pontos.
- k) comportamento dos operadores: urbanidade dos motoristas e cobradores.
- l) estado das vias

Este trabalho é focado em tempo de viagem e conforto. Segundo Souza (2012), em pesquisa realizada com usuários do transporte coletivo de Porto Alegre, o parâmetro tempo de viagem é mais significativo do que lotação ou conforto.

Nas obras de Vasconcellos (2000), Jansson e Pyddoke (2010) e Ferreira, Oliveira e Dagosto (2014) apresentam um estudo mais aprofundado sobre qualidade em transportes.

3.3 DIMENSIONAMENTO DE UMA LINHA DE ÔNIBUS

Dimensionamento de uma linha de ônibus consiste em fornecer um adequado atendimento para uma demanda de passageiros. Nas áreas urbanas, a demanda fica concentrada no início da manhã e final da tarde, tanto para os serviços de transporte público, bem como para os espaços viários (SENNA, 2014, p. 31).

Segundo o manual da MBB (MERCEDES BENZ DO BRASIL AS, 1987, p. 57), um estudo de transporte deve ser feito para cada tipo de dia (dia útil, sábado, domingo e dias especiais) e as principais etapas envolvidas são:

- a) demanda de passageiros e período
- b) demanda de passageiros no trecho crítico e fator de renovação
- c) número de partidas por período
- d) intervalo entre partidas, ou Headway
- e) tempo de ciclo
- f) frota operante

3.3.1 Demanda de Passageiros e Período

O objetivo do transporte público é dar mobilidade as pessoas, mas para isso, é necessário saber quantas pessoas precisam ser atendidas e quando precisam ser atendidas. No caso de dimensionamento de uma linha, Ferraz e Torres (2001, p. 145) afirmam que deve ser considerada a variação por faixa horária da demanda, e, assim, encontra-se os horários de pico.

Para o dimensionamento de linhas já existentes, utiliza-se a somatório dos passageiros de cada viagem dentro de uma faixa horária (MERCEDES BENZ DO BRASIL SA, 1987, p. 57).

3.3.2 Demanda de Passageiros no Trecho Crítico e Fator de Renovação

Trecho crítico é o espaço entre dois pontos de paradas (ou mais) em que ocorre maior demanda de passageiros simultaneamente dentro de um ônibus (FERRAZ; TORRES, 2001, p. 146).

O trecho crítico é estabelecido com uma pesquisa de embarque/desembarque (sobe/desce), quando se trata de estudo em linha já existente (MERCEDES BENZ DO BRASIL SA, 1987, p. 57).

Com a quantidade de passageiros no trecho crítico e o total de passageiros na viagem pode-se estabelecer o fator de renovação, que segundo Ferraz e Torres (2001, p. 147) é a rotatividade de passageiros durante a viagem, estabelecido pela relação:

$$FR = \frac{V}{P} \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

FR = fator de renovação;

V = volume de passageiros transportados na viagem;

P = volume de passageiros no trecho crítico;

Os autores salientam que fator de renovação tem valor igual ou maior que a unidade ($FR \geq 1$), pois o trecho crítico não pode ter mais passageiros que o total da viagem.

3.3.3 Número de Partidas por Período

O manual da MBB (MERCEDES BENZ DO BRASIL SA, 1987, p. 59) define o número de partidas por período como “[...] o número de partidas necessárias para atender à demanda de passageiros.” e é calculada pela fórmula 2:

$$PP = \frac{\text{Passageiros por período e sentido}}{FR \times CAV} \quad (\text{fórmula 2})$$

Onde:

PP = partidas por período;

FR = fator de renovação;

CAV = capacidade do veículo.

A capacidade do veículo é o total de assentos mais a soma de passageiros em pé. O número de passageiros em pé por metro quadrado de área útil (não inclui área de acessos às portas, área destinada a cadeirantes e área próxima a roleta, se houver) é definido conforme o conforto que é desejado ao usuário. Na tabela 2, Vuchic (2005, p. 12, tradução nossa) apresenta a seguinte relação de conforto com a densidade de passageiros em pé.

Tabela 2 – Conforto dos passageiros em função da densidade de pessoas em pé

Densidades de pessoas em pé (prs/m ²)	Condição dos passageiros em pé
<1	posição independente, circulação fácil
2 - 3	alguns contatos corporais, circulação perturba os outros
4	muitos contatos corporais, movimentos difíceis
5	passageiro em pé pressionado, movimentos extremamente difíceis
6 - 7	cargas de colisão, possíveis lesões, movimentos forçados

(fonte: adaptado de VUCHIC, 2005, p. 12, tradução nossa)

3.3.4 Intervalo entre Partidas

É o intervalo de tempo entre dois ônibus consecutivos de uma linha, também chamado de *headway*. É calculado pela fórmula 3 (MERCEDES BENZ DO BRASIL SA, 1987, p. 59):

$$H = \frac{\text{Período}}{PP} \quad (\text{fórmula 3})$$

Onde:

H = headway;

Período = 60 minutos (padrão);

PP = partidas por período.

Conforme Ferraz e Torres (2001, p. 158) não há um limite máximo para o *Headway*, sendo uma questão de qualidade de serviço estabelecer um valor limite. No entanto, por questões técnicas, existe um limite mínimo. Isso porque quando o intervalo entre viagens é curto, pode haver formação de filas nos locais de parada.

3.3.5 Tempo de Ciclo

Tempo de ciclo é o tempo que um veículo leva para retornar ao ponto inicial após sua partida, no início da viagem. Estão incluídos neste tempo, a espera no terminal (ou terminais, dependendo o tipo de linha) e o tempo de viagem (ida e volta no caso de linhas com dois terminais). A fórmula 4 apresenta o cálculo do tempo de ciclo de uma linha com dois terminais (MERCEDES BENZ DO BRASIL SA, 1987, p. 59):

$$TC = TV_1 + TV_2 + TP_1 + TP_2 \quad (\text{fórmula 4})$$

Onde:

TC = tempo de ciclo;

TV₁ = tempo de viagem do ponto inicial ao final da linha;

TV₂ = tempo de viagem no sentido inverso;

TP₁ = tempo parado no ponto inicial da linha;

TP₂ = tempo parado no ponto final da linha.

3.3.6 Cálculo da Frota Operante

A frota operante é o número de carros necessários para cumprir o intervalo entre viagens com o tempo de ciclo da linha (FERRAZ; TORRES, 2001, p. 146).

Como foi apresentado anteriormente, o *Headway* foi determinado para atender a demanda de passageiros da linha, portanto, conclui-se que a frota operante é a frota necessária para atender a demanda da linha. O manual da MBB (MERCEDES BENZ DO BRASIL SA, 1987, p. 61) apresenta a fórmula 5:

$$F = \frac{TC}{H} \quad (\text{fórmula 5})$$

Onde:

F = frota;

H = headway;

TC = tempo de ciclo.

3.4 TAXA DE OCUPAÇÃO

A taxa de ocupação é a lotação de um ônibus no trecho crítico, ou seja, trata-se de um indicador de qualidade conforme foi exposto. Tentar manter a taxa de ocupação dentro dos

limites de conforto apresentados na tabela 2, significa fornecer qualidade ao usuário do transporte coletivo.

Vuchic (2005, p. 11, tradução nossa) define a taxa de ocupação como coeficiente de utilização da capacidade, calculado pela fórmula 6

$$\alpha = \frac{P}{CAV} \quad (\text{fórmula 6})$$

Onde:

α = taxa de ocupação;

P = volume de passageiros no trecho crítico;

CAV = capacidade do veículo.

4 ANÁLISE PROJETO LINHAS TRONCAIS

O projeto de implantação das linhas Troncal Triângulo e Troncal Baltazar foi baseado em um estudo de demanda, que tem como objetivo melhorar o atendimento aos usuários do transporte público coletivo da região. Conforme os itinerários de ambas as linhas, elas se classificam como linhas radiais e categoria B de priorização de trânsito, tendo em vista as características dos corredores de ônibus em que circulam. Como não são as únicas linhas permitidas nesses corredores, classifica-se esse projeto como um sistema aberto. O nome das linhas sugere que fazem parte de um serviço tronco-alimentado, porém a linha Troncal Baltazar não tem nenhuma alimentadora relacionada e a linha Troncal Triângulo tem apenas 3 linhas alimentadoras, sendo que, duas delas foram criadas 1 ano após, com apenas 5 viagens ao dia com linhas paralelas de serviço direto. Desta forma, não pode ser considerado um serviço tronco-alimentado como indicado na literatura.

Para facilitar o estudo, as linhas foram divididas em três grupos:

- a) Grupo 1: linhas da região que não sofreram alterações com a implantação do projeto, totalizando 28.
- b) Grupo 2: linhas que sofreram redução de oferta de viagens com a implantação do projeto, totalizando 14.
- c) Grupo 3: linhas criadas pelo projeto, totalizando 5

No apêndice A mostra os grupos descritos com suas respectivas linhas.

Nos próximos itens serão apresentados os detalhes do projeto, os dados utilizados com o cálculo dos indicadores escolhidos e a metodologia de análise do projeto por esses indicadores.

4.1 DETALHAMENTO DO PROJETO

O projeto de criação das linhas troncais foi implementado em 07 de janeiro de 2013. Um ponto importante do projeto é que não houve aquisição de frota extra para as novas linhas e os veículos destinados para operar nas linhas troncais foram retirados das linhas do grupo 2. Isso

significa que houve uma redução de oferta de viagens nessas linhas, visto que sua frota foi reduzida. A tabela 3 mostra a redução de oferta de viagens das linhas do Grupo 2:

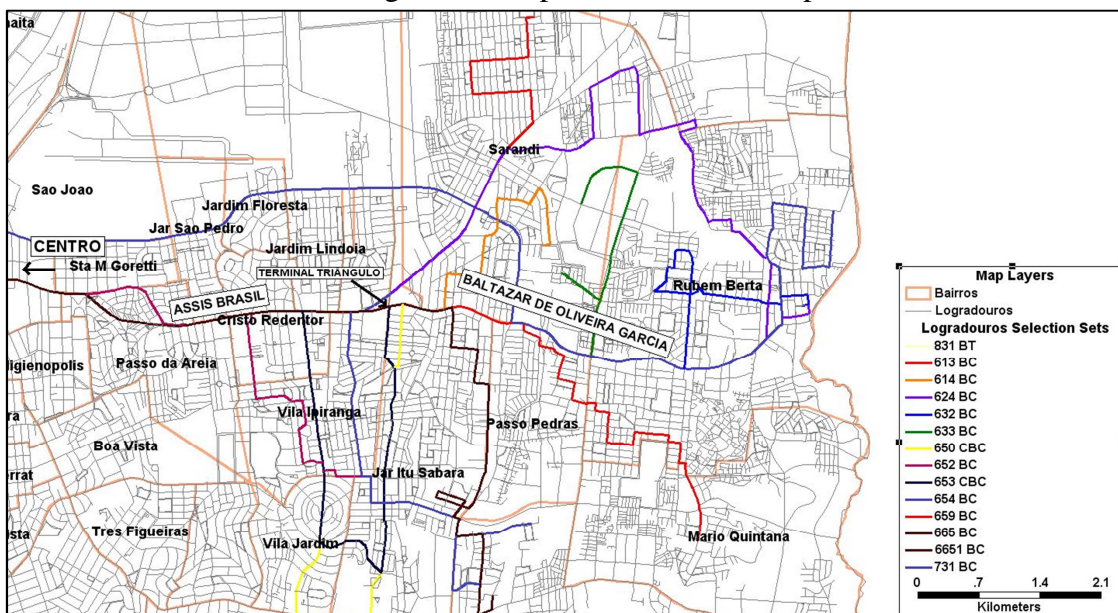
Tabela 3 – Número de viagens das linhas do Grupo 2

Linhas	Nº de viagens diárias sentido bairro/centro			Nº de viagens diárias sentido centro/bairro		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
613	88	84	84	88	83	83
614	56	54	53	53	53	53
624	78	72	72	77	73	73
632	74	68	70	67	64	63
633	64	60	60	62	60	60
650	Linha circular			79	72	72
652	72	66	63	72	63	63
653	Linha circular			76	69	69
654	64	55	55	64	55	55
659	58	53	52	15	52	51
665	64	61	61	60	57	57
6651	6	5	5	4	4	4
731	68	60	59	61	58	58
831	66	56	56	65	58	58

(fonte: adaptado de EPTC, 2015)

A figura 3 mostra um mapa da região com as linhas do Grupo 2:

Figura 3 – Mapa das linhas do Grupo 2



(fonte: Maptitude, 2015)

Linha	Data	Sentido	Faixa	Tabela	Largada	Chegada	Prefixo	Passageiros
TR62	04/10/2013	BC	7	07:30	07:30	08:24	6727	97
TR62	04/10/2013	BC	7	07:40	07:40	08:30	6728	79
TR62	04/10/2013	BC	7	07:50	07:50	08:43	6741	63
TR62	04/10/2013	BC	8	08:00	08:00	08:56	6765	71
TR62	04/10/2013	BC	8	08:10	08:10	09:04	6731	96
TR62	04/10/2013	BC	8	08:20	08:20	09:07	6795	53
TR62	04/10/2013	BC	8	08:30	08:30	09:18	6676	54
TR62	04/10/2013	BC	8	08:40	08:40	09:28	6707	86
TR62	04/10/2013	BC	8	08:51	08:53	09:35	6721	56

(fonte: adaptado de EPTC, 2015)

A partir destes dados, foram calculados os indicadores tempo de viagem e taxa de ocupação, conforme será demonstrado nos itens a seguir.

4.2.1 Cálculo da taxa de ocupação

Conforme já foi apresentado, a taxa de ocupação é determinada pela razão entre os passageiros no trecho crítico e a capacidade do ônibus. Para calcular esse indicador, duas tabelas auxiliares foram construídas. A primeira delas contém o fator de renovação das linhas (fornecidos pela EPTC, a partir das pesquisas realizadas em 2003, 2009 e 2013), que é necessário para determinar a quantidade de passageiros no trecho crítico. A segunda tabela contém informações sobre a frota do consórcio Conorte (dados de cadastro da EPTC), sendo a informação de interesse a capacidade dos veículos. Cruzando estas informações, para cada viagem foi calculado a quantidade de passageiros no trecho crítico, aplicando a fórmula 1, e a taxa de ocupação, aplicando a fórmula 6, acrescentando colunas a planilha criada, destacadas, conforme mostra a tabela 5 (parcialmente).

Tabela 5 – Passageiros no Trecho Crítico e Taxa de Ocupação

Linha	Data	Tabela	Prefixo	Passageiros (V)	Passageiros Trecho Crítico (P)	Taxa de ocupação
TR62	04/10/13	06:00	6727	41	32	38%
TR62	04/10/13	06:10	6728	22	17	20%
TR62	04/10/13	06:20	6741	67	52	62%
TR62	04/10/13	06:30	6765	78	60	72%
TR62	04/10/13	06:40	6731	67	52	64%

Linha	Data	Tabela	Prefixo	Passageiros (V)	Passageiros Trecho Crítico (P)	Taxa de ocupação
TR62	04/10/13	06:50	6795	97	75	89%
TR62	04/10/13	07:00	6676	103	80	90%
TR62	04/10/13	07:10	6707	116	90	107%
TR62	04/10/13	07:20	6721	87	67	80%
TR62	04/10/13	07:30	6727	97	75	89%
TR62	04/10/13	07:40	6728	79	61	72%
TR62	04/10/13	07:50	6741	63	49	58%
TR62	04/10/13	08:00	6765	71	55	65%
TR62	04/10/13	08:10	6731	96	74	92%
TR62	04/10/13	08:20	6795	53	41	49%
TR62	04/10/13	08:30	6676	54	42	47%
TR62	04/10/13	08:40	6707	86	66	79%
TR62	04/10/13	08:51	6721	56	43	51%

(fonte: elaborado pelo autor)

4.2.2 Cálculo do tempo de viagem

O cálculo do tempo de viagem foi feito a partir da diferença entre a hora da largada e hora de chegada, informadas no boletim. Outra coluna foi acrescentada na planilha de dados de boletim inicial, destacada, conforme mostra tabela 6.

Tabela 6 – Tempo de viagem (sentido bairro/centro)

Linha	Data	Faixa	Tabela	Largada	Chegada	Prefixo	Passageiros	Tempo
TR62	04/10/13	6	06:00	06:00	06:40	6727	41	40
TR62	04/10/13	6	06:10	06:10	06:52	6728	22	42
TR62	04/10/13	6	06:20	06:20	07:02	6741	67	42
TR62	04/10/13	6	06:30	06:30	07:17	6765	78	47
TR62	04/10/13	6	06:40	06:40	07:25	6731	67	45
TR62	04/10/13	6	06:50	06:50	07:34	6795	97	44
TR62	04/10/13	7	07:00	07:00	07:45	6676	103	45
TR62	04/10/13	7	07:10	07:10	07:59	6707	116	49
TR62	04/10/13	7	07:20	07:20	08:12	6721	87	52
TR62	04/10/13	7	07:30	07:30	08:24	6727	97	54
TR62	04/10/13	7	07:40	07:40	08:30	6728	79	50
TR62	04/10/13	7	07:50	07:50	08:43	6741	63	53
TR62	04/10/13	8	08:00	08:00	08:56	6765	71	56
TR62	04/10/13	8	08:10	08:10	09:04	6731	96	54
TR62	04/10/13	8	08:20	08:20	09:07	6795	53	47
TR62	04/10/13	8	08:30	08:30	09:18	6676	54	48

Linha	Data	Faixa	Tabela	Largada	Chegada	Prefixo	Passageiros	Tempo
TR62	04/10/13	8	08:40	08:40	09:28	6707	86	48
TR62	04/10/13	8	08:51	08:53	09:35	6721	56	42

(fonte: elaborado pelo autor)

4.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE

Após ter todos os indicadores calculados, foi preciso criar uma Tabela Dinâmica no software Microsoft Excel[®], para se estabelecer valores médios desses indicadores. As viagens foram agrupadas em suas faixas horárias, para melhor visualização dos resultados obtidos, gerando uma taxa de ocupação média e um tempo de viagem médio para cada uma das três faixas (6, 7 e 8 horas) para cada linha em cada dia.

O objetivo do trabalho foi comparar os indicadores em um período antes da implantação do projeto e períodos posteriores. Por essa razão, utilizando as ferramentas de planilha dinâmica, foram calculados valores médios dos indicadores para cada período de ano escolhido (2012, 2013, 2014 e 2015), ou seja, um valor médio por faixa horária, por ano, para todas as linhas avaliadas. Nos próximos itens esses valores obtidos serão apresentados.

4.3.1 Comparativo taxa de ocupação

A primeira análise foi um comparativo feito com as linhas do Grupo 2, pois tiveram redução de oferta e poderiam ter aumento na taxa de ocupação caso os passageiros não migrassem para o grupo 3, como propunha o projeto. A tabela 7 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 7 – Taxa de ocupação média por linha do Grupo 2

Linha	Faixa	Taxas de ocupação média			
		2012	2013	2014	2015
613	Faixa 6	74,19%	74,93%	77,18%	82,95%
	Faixa 7	94,40%	88,91%	87,77%	82,07%
	Faixa 8	69,21%	69,94%	70,28%	69,22%
614	Faixa 6	57,66%	55,54%	49,14%	56,95%
	Faixa 7	82,34%	86,78%	89,02%	81,88%
	Faixa 8	61,19%	69,21%	67,48%	69,01%
624	Faixa 6	77,86%	84,83%	73,00%	74,54%
	Faixa 7	72,17%	70,52%	76,12%	71,07%
	Faixa 8	58,41%	62,51%	64,40%	55,54%

Linha	Faixa	Taxas de ocupação média			
		2012	2013	2014	2015
632	Faixa 6	84,93%	81,47%	78,83%	76,47%
	Faixa 7	92,71%	88,17%	85,42%	82,57%
	Faixa 8	77,80%	75,84%	72,09%	75,18%
633	Faixa 6	70,94%	78,03%	67,77%	70,56%
	Faixa 7	82,58%	82,41%	76,98%	73,78%
	Faixa 8	58,87%	62,78%	68,61%	60,24%
650	Faixa 6	60,00%	53,45%	56,22%	61,65%
	Faixa 7	74,91%	63,10%	73,87%	66,31%
	Faixa 8	43,41%	46,51%	50,82%	47,20%
652	Faixa 6	28,22%	26,18%	29,63%	31,01%
	Faixa 7	53,34%	51,76%	51,03%	46,52%
	Faixa 8	43,12%	41,14%	39,38%	38,99%
653	Faixa 6	81,85%	50,14%	52,75%	54,95%
	Faixa 7	87,49%	54,41%	57,51%	54,28%
	Faixa 8	59,07%	39,30%	39,82%	42,63%
654	Faixa 6	48,30%	41,08%	41,19%	44,64%
	Faixa 7	58,32%	54,85%	53,69%	48,70%
	Faixa 8	34,44%	31,89%	31,89%	31,06%
659	Faixa 6	58,03%	65,40%	64,79%	65,41%
	Faixa 7	65,02%	86,33%	81,38%	85,78%
	Faixa 8	58,59%	66,24%	65,01%	63,15%
665	Faixa 6	70,69%	75,29%	74,93%	75,89%
	Faixa 7	80,77%	82,20%	77,36%	73,56%
	Faixa 8	53,15%	58,99%	61,98%	63,69%
731	Faixa 6	74,29%	67,68%	67,17%	65,57%
	Faixa 7	71,28%	75,01%	73,72%	68,61%
	Faixa 8	53,89%	52,93%	55,25%	50,56%
831	Faixa 6	82,68%	76,45%	72,96%	73,48%
	Faixa 7	91,11%	81,77%	79,59%	77,42%
	Faixa 8	80,47%	79,23%	79,67%	75,99%
6651	Faixa 6	75,18%	65,64%	67,92%	63,42%
	Faixa 7	75,37%	59,45%	64,63%	55,34%
	Faixa 8	89,95%	42,81%	47,81%	50,94%

(fonte: elaborado pelo autor)

Como pode ser observado na tabela 6 e nos gráficos do apêndice B, a maioria das linhas teve pouca variabilidade na taxa de ocupação média, em torno de 10% em cada faixa horária, tanto para mais como para menos. As exceções foram as linhas 653 e 659.

A linha 653 teve uma redução de 30% na média da taxa de ocupação em todas as faixas horárias. Analisando este comportamento da demanda, tudo indica que os passageiros migraram para linha alimentadora A53, pertencente ao Grupo 3. Essa linha alimentadora faz o semelhante ao atendimento da linha 653 do Terminal Triângulo ao bairro, com itinerário um pouco maior, e com o dobro de oferta de viagens no pico da manhã.

A linha 659 teve aumento de 25% na taxa de ocupação na faixa das 7 horas. Essa faixa horária teve uma redução de 6 para 4 viagens na criação das linhas troncais, ou seja, a uma redução de 33% na oferta. O mapa da figura 3 mostra que não há outras opções para os usuários desta linha, o que pode explicar a concentração de demanda e consequente aumento da taxa de ocupação.

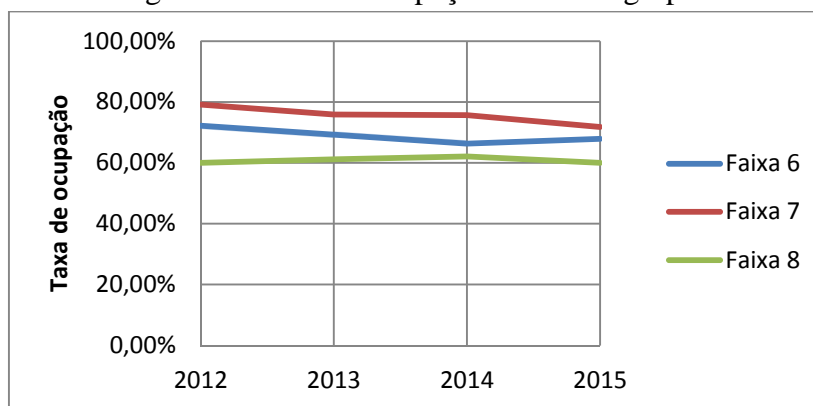
Para melhor visualização do comportamento da demanda no Grupo 2, foi feita uma média da taxa de ocupação entre todas as linhas, ponderada pela demanda total do período de cada uma delas, atribuindo assim um peso maior para as linhas mais carregadas. A tabela 8 e o figura 6 mostram que a taxa de ocupação sofreu uma pequena redução na faixa das 6 e 7 horas e ficou estável na faixa das 8 horas. Esses indicadores levam a crer que os passageiros migraram para outro grupo de linhas.

Tabela 8 – Taxa de ocupação média do Grupo 2

Grupo 2	2012	2013	2014	2015
Faixa 6	72,24%	69,28%	66,32%	67,90%
Faixa 7	79,09%	75,92%	75,68%	71,82%
Faixa 8	60,05%	61,18%	62,13%	60,02%

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 6 – Taxa de ocupação média do grupo 2



(fonte: elaborado pelo autor)

A segunda análise foi feita sobre o Grupo 3, as linhas criadas no projeto. A tabela 9 mostra que excluindo a linha TR62, as demais linhas estão subutilizadas. As linhas A24 e A33 têm pouca oferta de viagens, 2 e 3 respectivamente no pico da manhã. Esses dados indicam que ambas as linhas não se tornaram atrativas aos usuários, possivelmente pela pequena oferta frente às linhas diretas equivalentes, 624 e 633. A linha A53 apresenta taxas de ocupação que praticamente complementam as taxas da linha 653 ao patamar de 2012. A linha TR60 ficou subutilizada, com taxas de ocupação na faixa das 6 e 8 horas tão baixas que não chegam a ocupação total de bancos nos ônibus. Ao que tudo indica, por haver oferta direto do bairro ao centro, os passageiros que migraram para as linhas alimentadoras são apenas os que se deslocavam até o Terminal Triângulo e os que migraram para TR60 são passageiros oriundos do eixo da Av. Assis Brasil.

A linha TR62 absorveu uma grande demanda de passageiros, provavelmente oriundos do eixo da Av. Baltazar de Oliveira Garcia e arredores, pois as linhas que circulam por este eixo já chegavam do bairro com pouca oferta de lugar, tornando a nova linha uma opção com mais conforto ao usuário.

Tabela 9 – Taxa de ocupação média por linha do Grupo 3

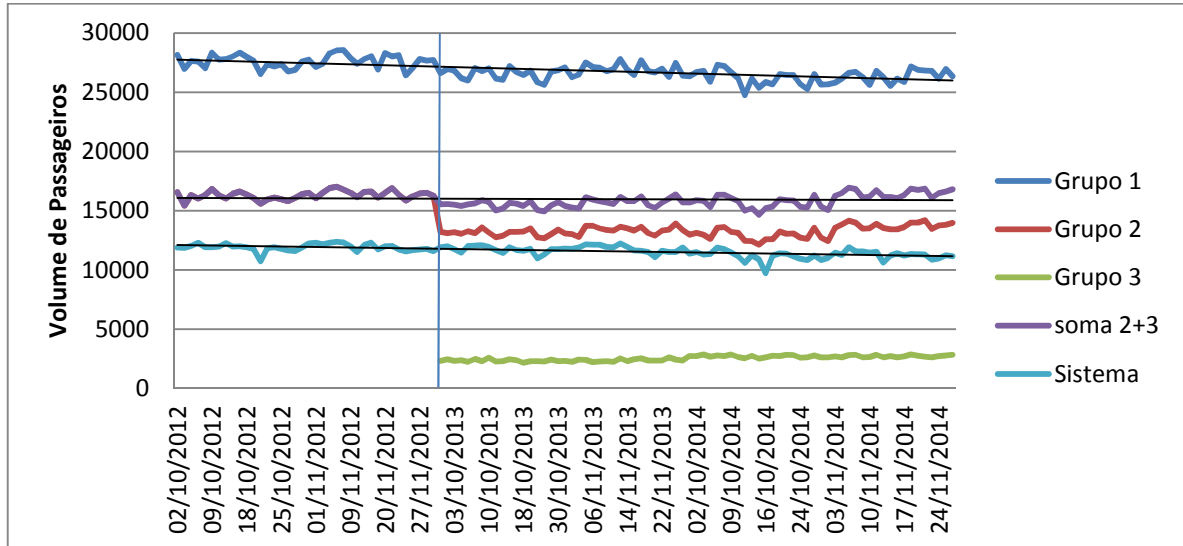
Linha	Faixa	Taxas de ocupação média			
		2012	2013	2014	2015
A24	Faixa 6			56%	48%
A33	Faixa 6			31%	29%
	Faixa 7			43%	51%
A53	Faixa 6		15%	19%	21%
	Faixa 7		25%	33%	32%
	Faixa 8		14%	18%	16%
TR60	Faixa 6		14%	12%	16%
	Faixa 7		47%	47%	43%
	Faixa 8		24%	22%	18%
TR62	Faixa 6		60%	66%	67%
	Faixa 7		82%	78%	75%
	Faixa 8		60%	65%	63%

(fonte: elaborado pelo autor)

Para complementar o estudo da demanda, foi necessário avaliar o total da demanda diária dos três grupos e do sistema ao longo do período. O objetivo foi visualizar a migração da

demanda de passageiros e a possibilidade de usuários terem deixado o sistema. O gráfico 2 apresenta os resultados.

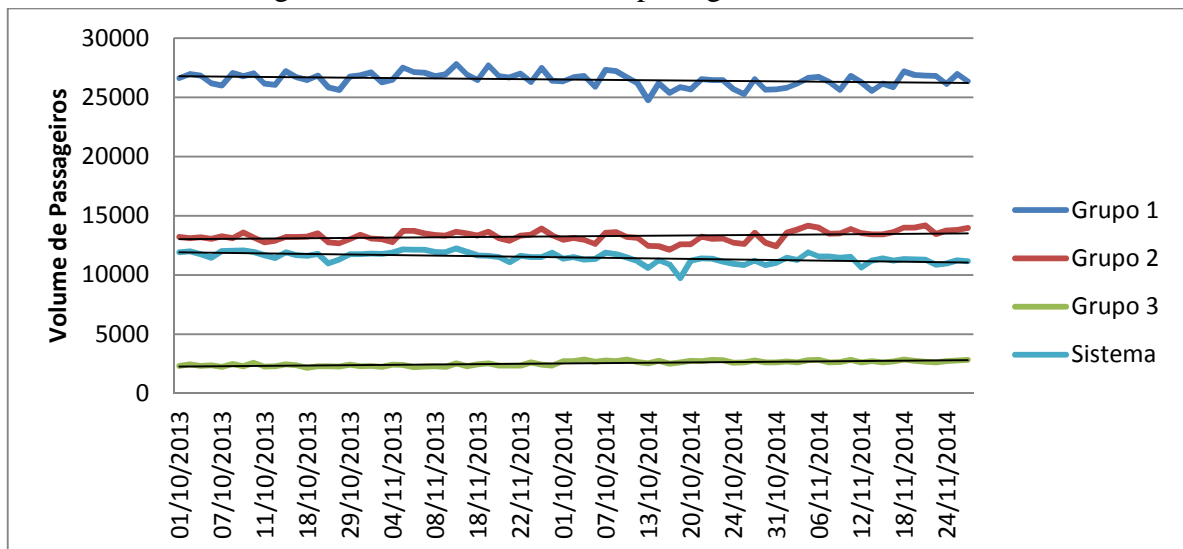
Figura 7 – Demanda diária de passageiros 2012 a 2014



(fonte: elaborado pelo autor)

Observando as linhas de tendência, o Grupo 1 sofreu queda maior que o Sistema e que a soma do Grupo 2 e 3 sofreu um queda menor que o Sistema. Isso indica que passageiros migraram do Grupo 1, provavelmente para o Grupo 3. Para melhor visualizar os resultados foi necessário montar o gráfico 3, que mostra a demanda a partir de 2013.

Figura 8 – Demanda diária de passageiros 2013 a 2014



(fonte: elaborado pelo autor)

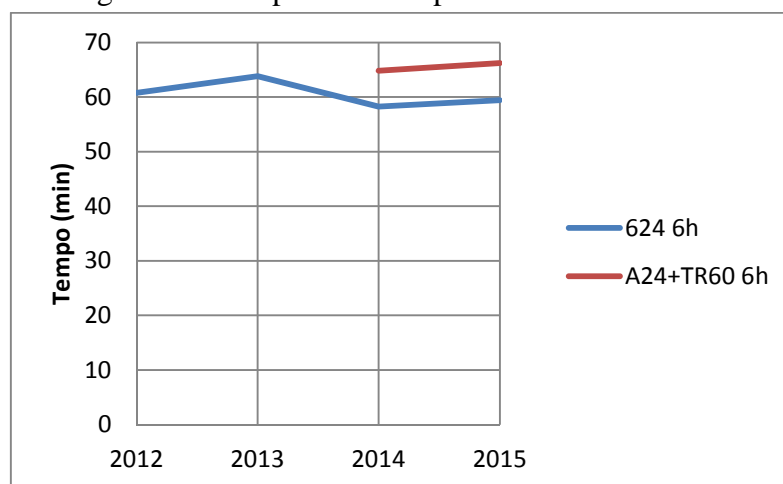
O gráfico 3 mostra tendência de crescimento da demanda nas linhas do grupo 2 e 3, contrariando a tendência do sistema e do grupo 1, indicando que as condições de conforto melhores (já indicadas pelas taxas de ocupação que sofreram pequena redução) atraiu demanda para os grupos 2 e 3. O crescimento do grupo 3 em 2014 pode ser explicado também pela criação das alimentadoras A33 e A24, que não existiam em 2013.

4.3.2 Comparativo tempo de viagem

O comparativo do tempo de viagem foi feito com objetivo de comparar o tempo de viagem da linha direta com o sistema tronco-alimentado. Portanto foram comparados os tempos de viagem da linha 624 com a soma dos tempos da linha A24 e TR60 e da linha 633 com a soma da A33 e TR60. Além dos tempos de viagem, no sistema tronco-alimentado foi agregado tempo de integração, arbitrado em 5 minutos.

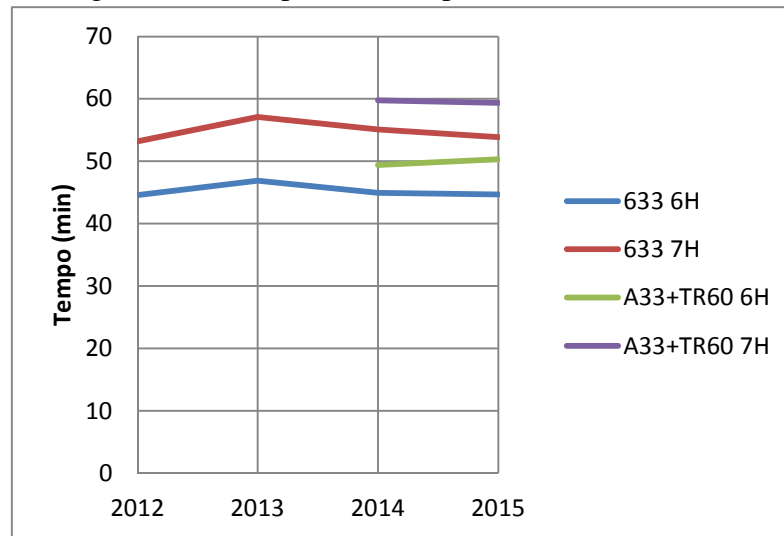
Os tempos foram determinados pela média de cada faixa horária em cada período, utilizando as ferramentas de Tabela Dinâmica do Microsoft Excel[®] nos dados da tabela 5. Os gráficos 4 e 5 mostram os resultados obtidos.

Figura 9 – Comparativo tempo A24+TR60 com 624



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 10 – Comparativo tempo A33+TR60 com 633



(fonte: elaborado pelo autor)

Os gráficos mostram claramente que as linhas diretas tem menor tempo de viagem que o sistema tronco-alimentado. Esse resultado é significativo, pois aumento de tempo significa custo ao usuário, que possivelmente não usará tronco-alimentação ainda existindo a linha direta que é mais rápida. Também é importante ressaltar o desconforto de uma integração, que normalmente tem natural rejeição dos usuários.

4.4 AMPLIAÇÃO DAS LINHAS ALIMENTADORAS

O sistema tronco-alimentado terá melhor aproveitamento se não houver opção de linha direta ao usuário. Eliminar as linhas diretas pode trazer economia ao sistema, racionalizando a operação. O tempo de viagem pode reduzir se o volume de viagens for menor, podendo resultar em diminuição da frota necessária, conforme já foi visto no dimensionamento. Os próximos itens apresentarão o dimensionamento das linhas A24, A33 e TR60, supondo a extinção das linhas diretas 624 e 633, ou seja, toda demanda migrando para as alimentadoras e posteriormente para a TR60, utilizando roteiro apresentado no capítulo 3.

4.4.1 Demanda de passageiros

A demanda de passageiros foi determinada a partir dos dados de boletins de março e abril de 2015, pela média diária de cada faixa horária. A tabela 10 já apresenta a demanda suposta para as linhas alimentadoras e linha troncal.

Tabela 10 – Demanda Estimada

Linha	Faixa	Passageiros	
		BT/BC	CB/TB
A24	6	537	107
	7	614	241
	8	260	146
A33	6	457	99
	7	383	140
	8	197	85
TR60	6	1045	237
	7	1148	469
	8	527	281

(fonte: elaborado pelo autor)

4.4.2 Fator de Renovação

Como é uma operação nova, o fator de renovação teve que ser estimado para as linhas A24 e A33. Foi atribuído o mesmo fator de renovação das linhas diretas 624 e 633, 1,434 e 1,414 respectivamente. A linha TR60 já está operação e tem fator de renovação 1,202.

4.4.3 Partidas por Período

Antes de determinar o número de partidas por minuto foi preciso saber a capacidade do veículo que será utilizado no cálculo. Como a frota utilizada nessas linhas não são homogêneas, foi utilizada capacidade média dos veículos que operam nestas linhas, como mostra a tabela 11:

Tabela 11 – Capacidade dos Veículos

Linha	prefixo	capacidade	Média
633	6691	83	82
	6670	78	
	6768	73	
	6687	80	
	6737	81	
	6701	83	
	6758	89	
A33	6607	82	
	6753	84	
	6693	83	

Linha	prefixo	capacidade	Média
	6754	84	
TR60	6488	87	86
	6489	87	
	6460	86	
	6417	84	
624	6798	76	87
	6652	93	
	6660	93	
	6657	93	
	6628	84	
	6640	93	
	6691	83	
	6623	93	
	6622	84	
	6666	78	
	6619	91	
	6606	84	
A24	6760	81	
	6605	83	
TOTAL 29 carros			

(fonte: elaborado pelo autor)

Aplicando a fórmula 2 resultou: exemplo linha A24 (faixa 6h).

$$PP = \frac{\text{Passageiros por período e sentido}}{FR \times CAV} = \frac{537}{1,434 \times 87} = 5 \quad (\text{fórmula 2})$$

Tabela 12 – Partidas por Período

Linha	Faixa	BT/BC	CB/TB
		PP	PP
A24	6	5	1
	7	5	2
	8	2	1
A33	6	4	1
	7	3	1
	8	2	1
TR60	6	10	2
	7	11	5
	8	5	3

(fonte: elaborado pelo autor)

A diferença do número de partidas por período entre os sentidos, viabiliza uso de viagens expressas, resultando em economia de frota.

4.4.4 Headway

Aplicando a fórmula 3 resultou: exemplo linha A24 (faixa 6h).

$$H = \frac{\text{Período}}{PP} = \frac{60}{5} = 12 \quad (\text{fórmula 3})$$

Tabela 13 – Headway

Linha	Faixa	BT/BC	CB/TB
		H (min)	H (min)
A24	6	12	60
	7	12	30
	8	30	60
A33	6	15	60
	7	20	60
	8	30	60
TR60	6	6	30
	7	5	12
	8	12	20

(fonte: elaborado pelo autor)

4.4.5 Tempo de ciclo

Os tempos de viagem foram obtidos pelos boletins de acompanhamento diário, calculando o tempo médio por faixa horária. O tempo das linhas alimentadoras foi obtido da subtração do tempo da TR60 das linhas diretas. A soma dos tempos de parada (TP1+TP2) foi estimada em 5 minutos. Aplicando a fórmula 4: exemplo linha A24 (faixa 6h).

$$TC = TV_1 + TV_2 + TP_1 + TP_2 = 31 + 16 + 5 = 52 \text{ min} \quad (\text{fórmula 4})$$

Tabela 14 – Tempo de ciclo (min)

Linha	Faixa	TV1	TV2	TC
A24	6	31	16	52
	7	38	23	66
	8	31	23	59
A33	6	17	10	32
	7	24	13	42
	8	16	15	36
TR60	6	28	29	62
	7	31	30	66
	8	31	28	64

(fonte: elaborado pelo autor)

4.4.6 Frota necessária

A frota necessária para operar uma linha foi determinada pela faixa horária mais carregada, ou seja, pelo menor headway. Aplicando a fórmula 5: exemplo linha A24 (faixa 7h).

$$F = \frac{TC}{H} = \frac{66}{12} = 6 \quad (\text{fórmula 5})$$

Tabela 15 – Frota necessária

Linha	Faixa	H	TC	F
A24	7	12	66	6
A33	6	12	32	3
TR60	7	5	66	13
TOTAL				22

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 16 – Quilometragem rodada pico manhã

ATUAL	Nº Viagens BC	Nº Viagens CB	Quilometragem BC	Quilometragem CB	TOTAL km
TR60	9	9	9,240	9,313	166,98
A24	2		10,151		20,30
A33	3		6,918		20,75
624	16	16	19,391	19,241	618,11
633	12	12	16,158	16,230	388,66
SUBTOTAL					1214,80
PROPOSTO	Nº Viagens BC	Nº Viagens CB	Quilometragem BC	Quilometragem CB	TOTAL
TR60	26	26	9,240	9,313	482,39
A24	12	12	10,151	10,151	243,62
A33	9	9	6,918	6,918	124,52
SUBTOTAL					850,53
DIFERENÇA TOTAL					364,24

(fonte: elaborado pelo autor)

O cálculo da frota necessária mostra que o sistema tronco-alimentado utiliza sete veículos a menos que o sistema atual. É preciso salientar que o cálculo teórico é simplificado, sem considerar algumas variáveis, como intervalo para descanso entre viagens para tripulação, concentração de demanda, viagens expressas, entre outros. Desta forma, a operação real pode ter uma frota diferente da que foi calculada, mas ela é um indicativo de uma operação mais racional. A tabela 16 mostra que a quilometragem rodada no pico da manhã reduziu em 364,27 quilômetros. Levando-se em consideração que redução de frota significa redução de tripulação e que redução de quilometragem significa redução do consumo de combustíveis, a proposta reduz os custos de operação em três fatores de composição do custo (frota, tripulação, combustíveis) da tarifa que correspondem a quase 90% do total da tarifa de Porto Alegre. Se estendida para as demais linhas da região pode resultar em considerável economia para o sistema de transporte público.

5 CONCLUSÕES

O projeto implantado pela EPTC na Zona Norte de Porto Alegre teve como objetivo oferecer maior conforto aos usuários daquela região. Apesar de nomear as linhas como troncais, essas linhas não se caracterizam como um serviço tronco-alimentado conforme a literatura, pois os serviços diretos continuaram a ser oferecidos aos usuários em paralelo e, portanto concorrentes ao novo sistema. Ainda assim, os resultados obtidos foram positivos.

Analisando a demanda total dos grupos e do sistema, nos meses de outubro e novembro de 2012 até 2014, verificou-se uma queda de passageiros no grupo 1 (linhas inalteradas pelo projeto) e no Sistema como um todo, tendência comum em todas as capitais. Somando os passageiros do grupo 2 (linhas com redução de oferta pelo projeto) e o grupo 3 (linhas criadas no projeto), no mesmo período, temos uma pequena redução porém num ritmo bem inferior a queda do Sistema e ao grupo 1. Se analisarmos o período de 2013 a 2014, temos crescimento de demanda no grupo 3 e 2, contra diminuição do grupo 1 e Sistema. Esses dados mostram que não houve repressão de demanda, que poderia distorcer as demais análises. O grupo 3 apresentou crescimento em 2014 após a criação das linhas alimentadoras A24 e A33.

O nível de conforto das linhas do grupo 2 melhorou, pois a taxa de ocupação média dessas linhas diminuiu. Tudo indica que alguns usuários migraram para as linhas do grupo 3, pois o estudo de demanda total indicou que não houve fuga de passageiros para o Grupo 1 nem para fora do Sistema. Analisando por este aspecto, o projeto teve sucesso, dividindo a demanda como sugeriam os estudos preliminares.

O tempo de viagem total do serviço tronco-alimentado (soma do tempo de viagem linha alimentadora, tempo de transferência e tempo de viagem da linha troncal) foi maior que o serviço direto. Como não houve implantação plena de um sistema totalmente tronco-alimentado, não houve redução no número de veículos no corredor de ônibus e, portanto, as velocidades se mantiveram as mesmas. Para o usuário que vai ao centro, como não houve alteração de destino, tipo de veículo, este não tem motivo ou incentivo para preferir o sistema tronco alimentado. Aumentando o tempo de viagem, o custo do usuário também aumenta.

Conforme a análise, a ampliação da tronco-alimentação pode trazer economia ao sistema com redução de frota necessária para operação e quilometragem rodada. Somente no pico da manhã, demonstrou-se que é possível reduzir a quilometragem em quase 30%, operando com 7 carros a menos. Valores significativos, pois na composição do custo da tarifa, frota corresponde a 25,1%, tripulação a 48% e combustíveis a 16,1% do total. Se forem feitas melhorias como sincronismo entre as linhas alimentadoras e a troncal através de Sistemas Inteligentes de Transporte, instalação de painéis eletrônicos com informações de horários para reduzir a ansiedade e aumentar a confiança do usuário no sistema, diminuiria a rejeição do usuário ao sistema de transbordo.

Por fim, levando-se em consideração os fatores de qualidade no transporte público, o projeto diminuiu a lotação média dos ônibus, trazendo maior conforto ao usuário. O tempo de viagem para aqueles que optam pelo sistema tronco-alimentado frente ao sistema direto não melhorou. Conforme a pesquisa referenciada na revisão bibliográfica, para o usuário do transporte público de Porto Alegre o tempo de viagem é mais relevante que a lotação, isso indica que, de forma global, o projeto não trouxe vantagens ao usuário. Porém, se houver expansão da tronco-alimentação, haverá redução do número de viagens, ou seja, menos ônibus circulando pelos corredores, aumentando a eficiência, com consequente aumento da velocidade média e redução do tempo de viagem.

REFERÊNCIAS

- AMOUZOU, K. D. **Qualidade de Vida e Transporte Público Urbano**: estratégias para melhorar a qualidade do serviço de transporte público urbano por ônibus. 2000. 154 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) – Curso de Mestrado em Administração Pública, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2000.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Frota Nacional**. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota2013.htm>>. Acesso em: 15 nov. 2013.
- DE TONI, J. S. **A preferência e o conforto dos usuários no transporte coletivo urbano de passageiros**: uso das técnicas de preferência declarada (Stated Preference) em corredor urbano de transporte coletivo por ônibus de Porto Alegre. 1994. 140 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.
- EMPRESA PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO (Porto Alegre). **Transporte em Números**: indicadores anuais de mobilidade urbana. 1. ed. Porto Alegre, ano 2012 n. 5, jun. 2012.
- _____. **Relatório de Controle de Oferta e Demanda**. 2015.
- FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. **Transporte Público Urbano**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2001.
- FERREIRA, Beatriz Lagnier Gil; OLIVEIRA, Cintia Machado de; DAGOSTO, Marcio de Almeida. AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DO USUÁRIO SOBRE A QUALIDADE DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DO RECREIO DOS BANDEIRANTES. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 28., 2014, Curitiba. ANPET. Curitiba: Agência Brasileira do Isbn, 2014. p. 1 – 12 . CD-ROM.
- FERRONATO, L. G.; LINDAU, L. A.; SENNA, L. A. dos S. Horário de Partida X Tarifa: Preferências dos Usuários de Transporte Público. In.: (Ed.) Luis Antônio Lindau, Juan de Dios Ortúzar, Orlando Strambi, **Engenharia de Tráfego e Transportes 2000**: avanços para uma era de mudanças, Rio de Janeiro, ANPET, 2000. p. 339 – 341.
- JANSSON, K. e PYDDOKE, R. **Quality incentives and quality outcomes in procured public transport – Case study of Stockholm**. Research in Transportation Economics, n°. 29, 2010.
- MERCEDES BENZ DO BRASIL SA **Sistema de Transporte Coletivo Urbano por Ônibus – Planejamento e Operação**. São Bernardo do Campo, 1987.
- RODRIGUES, M. A. **Análise do transporte coletivo urbano com base em indicadores de qualidade**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.
- SENN, L. A. dos S. **Economia e Planejamento dos Transportes**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SOUZA, Natália Marcon de. **Transporte Público Coletivo: ônibus na cidade de Porto Alegre e os diversos fatores que contribuem para sua ineficiência.** 2012. 82 f. Monografia (Especialização) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

TOMELERO JR, F. A. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem Recebida por <fernando.russo@eptc.prefpoa.com.br> em 27 de maio de 2015.

Vasconcelos, E. A.(2000). **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas.** ed. Annablume. São Paulo, SP

VUCHIC, V. R. **Urban Transit: operations, planning, and economics.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2005.

_____. **Urban Transit Systems and Technology.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.

WRIGHT, L.; HOOK, W. (Ed). **Manual de BRT – Bus Rapid Transit – Guia de Planejamento.** Brasília: Institute for Transportation & Development Policy; Brasil, Ministério das Cidades, 2008.

APÊNDICE A – Linhas por Grupo

Código Linha	Nome da Linha	Grupo
520	TRIANGULO/24 DE OUTUBRO	1
610	MINUANO	1
611	LINDOIA	1
631	PARQUE DOS MAIAS	1
715	SARANDI / SERTORIO	1
721	NOVA GLEBA-SANTA ROSA/SERTORIO	1
727	AGOSTINHO/SERTORIO	1
756	PASSO DAS PEDRAS / SERTORIO	1
761	LEOPOLDINA/SERTORIO	1
762	RUBEM BERTA (SERTORIO)	1
815	SARANDI / CAIRU	1
821	NOVA GLEBA-SANTA ROSA/CAIRU	1
827	AGOSTINHO / CAIRU	1
861	LEOPOLDINA / CAIRU	1
862	RUBEM BERTA (CAIRU)	1
5201	TRIANGULO/24 DE OUTUBRO/PUC	1
6562	PASSO DAS PEDRAS ATE TRIANGULO (CONORTE)	1
7611	LEOPOLDINA/SERTORIO (CHACARA DA FUMACA)	1
B25	A. FEIJO / HUMAITA	1
B251	A. FEIJO/HUMAITA/JOAO PARIS	1
B55	PROTASIO/HUMAITA	1
B56	PASSO DAS PEDRAS / AEROPORTO	1
D13	DIRETAAO/ELISABETH	1
D70	DIRETAAO/SANTA ROSA	1
D72	DIRETAAO/VIA STA. ROSA	1
D73	DIRETAAO/VIA FERNANDO FERRARI	1
R62	RAPIDA RUBEM BERTA	1
TR61	CRISTOVAO COLOMBO	1
613	ELISABETH	2
614	LEAO	2
624	SAO BORJA	2
632	NOSSA SENHORA DE FATIMA	2
633	COSTA E SILVA	2
650	AV.DO FORTE/ITU COINMA	2
652	HOSPITAL	2
653	ITU COINMA/AV DO FORTE	2
654	EDUCANDARIO PETROPOLIS	2
659	INGA	2
665	PLANALTO/SABARA	2
731	PARQUE DOS MAIAS / SERTORIO	2

Código Linha	Nome da Linha	Grupo
831	PARQUE DOS MAIAS / CAIRU	2
6651	PLANALTO/SABARA VIA JARDIM EUROPA	2
A24	SAO BORJA/TRIANGULO (ALIMENTADORA)	3
A33	COSTA E SILVA/TRIANGULO (ALIMENTADORA)	3
A53	TRIANGULO/COINMA/AV DO FORTE	3
TR60	TRONCAL TRIANGULO	3
TR62	TRONCAL BALTAZAR	3

APÊNDICE B – Taxas de Ocupação Média por Linha

