

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

Guillermo Sant'Anna Petzhold

**SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO:
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MODAIS
DE ALTA CAPACIDADE**

Porto Alegre
janeiro 2013

GUILLERMO SANT'ANNA PETZHOLD

**SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO:
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MODAIS
DE ALTA CAPACIDADE**

Trabalho de Diplomação 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: Luis Antonio Lindau

Porto Alegre
janeiro 2013

GUILLERMO SANT'ANNA PETZHOLD

**SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO:
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MODAIS
DE ALTA CAPACIDADE**

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 Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 11 de janeiro de 2013

Prof. Luis Antonio Lindau
PhD. University of Southampton
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Daniela Facchini
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Marta Rodrigues Obelheiro
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Luis Antonio Lindau (UFRGS)
PhD. University of Southampton

Dedico este trabalho a meus pais, Cesar e Denise, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Lindau, orientador deste trabalho, pelas intensas trocas de ideias e pelo vasto conhecimento a mim transmitido e também à Professora Carin, pelo tempo disponibilizado para minhas consultas, as quais, sem nenhuma dúvida, foram muitas.

Também agradeço aos amigos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o andamento do trabalho, sempre voluntariosos em prestar auxílio.

O entusiasmo é a maior força da alma.
Conserva-o e nunca te faltará poder para conseguires o
que desejas.

Napoleão Bonaparte

RESUMO

O crescente aumento da frota de veículos privados no País e suas conseqüentes externalidades, traduzidas por meio de congestionamentos e emissões de poluentes, justificam a necessidade da adoção de políticas para o incentivo ao transporte em massa, como, por exemplo, a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU). Tendo isso em vista, este trabalho versa sobre sistemas de transporte público urbano de alta capacidade, abordando os seguintes modais: metrô, VLT (veículo leve sobre trilhos) e BRT (*bus rapid transit*). Seu principal foco é a elaboração de uma comparação entre os sistemas com a qual se possa determinar faixas em que cada um deles opera através do uso do *benchmarking* e da utilização de KPI (*key performance indicators*). Para a realização disso, dez sistemas de cada modal foram selecionados, tendo como critério o seu carregamento diário (passageiros/dia útil) e sua integração ao meio urbano. Através da revisão da literatura e da disponibilidade da informação foram definidos os indicadores a serem coletados para a mensuração do desempenho de cada sistema. Esses parâmetros foram classificados em dois grupos distintos: características gerais da região metropolitana e características gerais do sistema. Tendo isso definido e estando de posse dos dados, foram elaborados diversos gráficos combinando os diferentes indicadores coletados, a fim de se obter as faixas de *performance*. Dessa forma, pôde-se observar, por exemplo, a forte influência de parâmetros, como a densidade populacional e o índice de rede sobre a produtividade dos sistemas (pax/dia/km). Além disso, foi constatada a formação de nítidos *clusters* ao se correlacionar as variáveis produtividade e velocidade média comercial, análise esta que mereceu destaque no estudo e que permitiu inferir diversas considerações sobre o desempenho dos modais de transporte público urbano e em que faixas cada um opera.

Palavras-chave: Metrô. Veículo Leve sobre Trilhos. *Bus Rapid Transit*. Faixas de *Performance* dos Sistemas de Transporte.

ABSTRACT

The growth of the private vehicles fleet in the country and its consequent externalities, expressed by jamming and emissions, justify the need for the adoption of policies encouraging mass transit, for example, the National Policy for Urban Mobility (PNMU). With this in mind, this work speech about high-capacity urban public transit systems, covering the following modes: subway, LRT (light rail transit) and BRT (bus rapid transit). Its primary focus is the development of a comparison with which it will be possible to determine bands where each modal operates through the use of benchmarking and KPI (key performance indicators). To achieve this, ten systems of each transport mode were selected, with the criteria of their daily demand (passengers/workday) and their integration into the urban areas. Through literature review and the availability of information, indicators were defined to be collected to measure the performance of each system. These parameters were classified into two distinct groups: general characteristics of the metropolitan region and general characteristics of the system. With this defined, and being in possession of the data, graphics were elaborated by combining different indicators collected in order to obtain the bands of performance. Thus, it could be observed, for example, the strong influence of parameters such as population density and network index on the productivity of systems (pax/day/km). Furthermore, the clear formation of clusters was noticed when productivity and average commercial speed were correlated, analysis highlighted in this study. This comparison also allowed several considerations on the performance of transit systems and in which bands each one operates.

Key-words: Metro. Light Rail Transit. Bus Rapid Transit. Performance Bands of Transit Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da frota veicular brasileira	14
Figura 2 – Representação esquemática do delineamento da pesquisa	19
Figura 3 – Configuração típica do desenvolvimento orientado pelo transporte	23
Figura 4 – Metrô da linha amarela/São Paulo	25
Figura 5 – VLT de Berlim	26
Figura 6 – Sistema tronco-alimentado	28
Figura 7 – Ônibus biarticulado da Cidade do México	28
Figura 8 – Corredor de ônibus convencional de São Paulo	29
Figura 9 – Centro de controle operacional de Medellín/Colômbia	30
Figura 10 – Embarque em nível (piso alto) no BRT da Cidade do México	31
Figura 11 – Faixa segregada do BRT de Los Angeles/Estados Unidos	32
Figura 12 – Campanha publicitária da agência de transportes de Los Angeles/Estados Unidos	32
Figura 13 – Pré-pagamento no metrô de Medellín/Colômbia	33
Figura 14 – Informações sobre rotas e estações de transferência do sistema Metrobús/Cidade do México	34
Figura 15 – Sinalização por seção de bloco	35
Figura 16 – Faixa de ultrapassagem nas estações em Bogotá/Colômbia	35
Figura 17 – <i>Benchmarking menu</i>	38
Figura 18 – Os cinco estágios do processo de <i>benchmarking</i>	40
Figura 19 – Fronteiras de melhores práticas	41
Figura 20 – Traçado do corredor BRT Transoeste/Rio de Janeiro	47
Figura 21 – Sistema VLT de Strasbourg plenamente integrado ao ambiente urbano	48
Figura 22 – Distribuição geográfica dos sistemas analisados	50
Figura 23 – Planilha de armazenamento de dados	52
Figura 24 – Demanda diária (dia útil) <i>versus</i> extensão	55
Figura 25 – Produtividade dos sistemas analisados	56
Figura 26 – Produtividade <i>versus</i> densidade populacional	57
Figura 27 – Demanda diária (dia útil) <i>versus</i> população	57
Figura 28 – Demanda diária <i>versus</i> população <i>versus</i> extensão	58
Figura 29 – Demanda diária <i>versus</i> população <i>versus</i> número de linhas	59
Figura 30 – Demanda diária <i>versus</i> índice de rede	59
Figura 31 – Demanda diária <i>versus</i> estações de transferência	60

Figura 32 – Velocidade média comercial dos sistemas analisados	61
Figura 33 – Expresso Tiradentes/São Paulo	62
Figura 34 – Velocidade média comercial <i>versus</i> distância média entre estações	62
Figura 35 – Produtividade <i>versus</i> velocidade média comercial	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características de cada modal	36
Quadro 2 – Número de sistemas coincidentes entre os critérios extensão e demanda ...	47
Quadro 3 – Sistemas analisados no estudo	49

LISTA DE SIGLAS

BRT – *Bus rapid transit*

CoMET – *Community of Metros*

IBBG – *International bus benchmarking group*

KPI – *Key performance indicator*

SIBRT – Associação Latino-Americana de Sistemas Integrados de Transporte e *Bus Rapid Transit*

TOD – *Transit oriented development*

VLT – Veículo leve sobre trilhos

SUMÁRIO

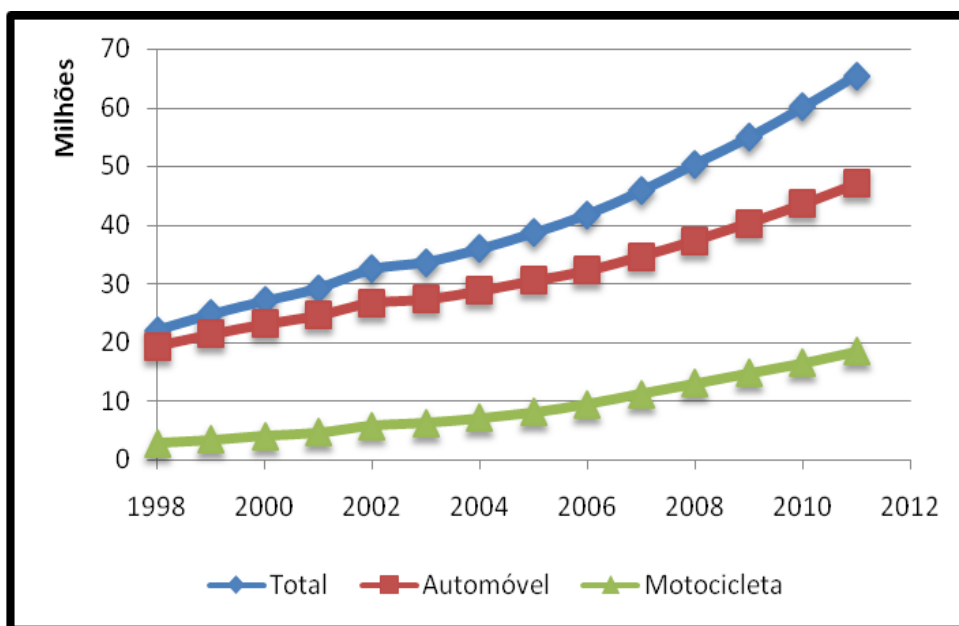
1 INTRODUÇÃO	14
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	17
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA	17
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	17
2.2.1 Objetivo principal	17
2.2.2 Objetivo secundário	17
2.3 PREMISSA	18
2.4 DELIMITAÇÕES	18
2.5 LIMITAÇÕES	18
2.6 DELINEAMENTO	18
3 SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO	21
3.1 O ATUAL CENÁRIO DA MOBILIDADE URBANA	21
3.2 INFLUÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DAS CIDADES	22
3.3 SISTEMAS DE ALTA CAPACIDADE	24
3.3.1 Metrô	24
3.3.2 Veículo leve sobre trilhos (VLT)	26
3.3.3 <i>Bus rapid transit</i> (BRT)	27
3.3.4 Características dos sistemas	30
3.3.4.1 Centro de controle operacional	30
3.3.4.2 Embarque em nível	30
3.3.4.3 Espaço viário dedicado	31
3.3.4.4 Identidade visual	31
3.3.4.5 Pré-pagamento	33
3.3.4.6 Sistema de informação ao usuário	33
3.3.4.7 Sistema de sinalização por bloco	34
3.3.4.8 Ultrapassagem nas estações	35
3.3.4.9 Quadro resumo das características	36
4 BENCHMARKING	37
4.1 DEFINIÇÃO	37
4.2 TIPOS DE <i>BENCHMARKING</i>	38
4.2.1 Interno	38
4.2.2 Competitivo	39
4.2.3 Funcional	39

4.3 O CICLO DO <i>BENCHMARKING</i>	39
4.4 UTILIZAÇÃO NA ÁREA DE TRANSPORTES	42
4.4.1 <i>Community of Metros (CoMET)</i>	43
4.4.2 <i>International Bus Benchmarking group (IBBG)</i>	44
4.4.3 Associação Latino-Americana de Sistemas Integrados e <i>Bus Rapid Transit (SIBRT)</i>	44
5 METODOLOGIA DE PESQUISA	46
5.1 DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO	46
5.2 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS COLETADAS	50
5.2.1 Quanto a características da região metropolitana	50
5.2.2 Quanto a características gerais do sistema	51
5.3 COLETA DE DADOS	52
5.3.1 Procedimentos adotados	52
5.3.2 Problemas enfrentados	53
6 KEY PERFORMANCE INDICATORS: DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE	54
6.1 DESENVOLVIMENTO	54
6.2 ANÁLISE	54
6.2.1 Demanda diária	55
6.2.2 Velocidade média comercial	61
6.2.3 Faixa de operação dos sistemas analisados	63
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68
APÊNDICE A	72
APÊNDICE B	74
APÊNDICE C	77
ANEXO A	80
ANEXO B	82
ANEXO C	84
ANEXO D	86

1 INTRODUÇÃO

O cenário de forte crescimento econômico brasileiro durante a última década, aliado a uma política governamental de estímulo à aquisição de veículos de transporte privados, através de incentivos fiscais, acarretou uma rápida expansão da frota (como mostra a figura 1). Isso é especialmente marcante em relação às motocicletas. Esta evolução expôs os graves problemas de infraestrutura enfrentados pelas principais cidades do País, sobretudo na forma de grandes congestionamentos e na falta de alternativas satisfatórias para o deslocamento da população que pudessem suprimir o uso do automóvel. Tal situação, por muitas vezes, motivou a troca de modal por parte do usuário. Segundo Santos (2010), outros fatores relevantes, que explicam a elevada taxa de crescimento da aquisição de veículos, são os apelos de consumismo difundidos pela mídia e o *status* associado ao automóvel.

Figura 1 – Evolução da frota veicular brasileira



(fonte: baseado em DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO, 2012)

Além disso, Mello (1981, p. 124) já afirmava que “[...] é a partir deste tamanho de cidade [300 mil habitantes] que começam a ser observados os primeiros problemas com a movimentação das pessoas, principalmente pelos acréscimos de tempo nas viagens de casa para o trabalho [...]”. Para White (1986, tradução nossa), isto ocorre, pois, à proporção que a

população aumenta, a cidade se torna mais descentralizada, tornando as viagens mais complexas e longas e, deste modo, favorecendo o uso do automóvel, uma vez que, nesta situação, é mais complicado prover um bom nível de serviço de transporte público.

Com o intuito de reverter este quadro de favorecimento à aquisição de automóveis e amenizar o problema da saturação da malha viária das grandes cidades, sobretudo agora quando o País se prepara para sediar eventos de repercussão internacional, o governo brasileiro, por meio do Ministério das Cidades, lançou, em meados de 2011, o Programa de Mobilidade Urbana para grandes cidades. Este visa modernizar o sistema de transporte público nesses municípios tornando-o, desta forma, mais atrativo e, em consequente, incentivando a troca modal por parte dos usuários cativos do automóvel. Além disso, no início de 2012, foi sancionada a lei da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), a qual estabelece novas diretrizes ao determinar que municípios acima de 20 mil habitantes devam elaborar um plano diretor para a promoção do desenvolvimento urbano sustentável. Um plano no qual ocorra a priorização do transporte coletivo e do não motorizado em detrimento do transporte privado.

Contudo, cidades de 20 mil habitantes e outras com mais de 1 milhão têm necessidades de deslocamento muito distintas. Como, portanto, pode-se determinar qual a tecnologia mais adequada para suprir a demanda gerada nos principais eixos viários (corredores) da cidade? O questionamento é cabível, uma vez que, conforme Mello (1981, p. 106), “Cada modalidade de transporte possui uma área ótima de atuação, na qual ela é mais eficiente que as demais, principalmente com relação à sua capacidade de atender às demandas e aos custos de operação.”.

Com base nisso, este trabalho se propõe a realizar um *benchmarking*¹ entre os principais sistemas de alta capacidade: metrô, VLT² (veículo leve sobre trilhos) e BRT³ (*bus rapid transit*), separadamente, tomando, para critério de escolha, o carregamento efetuado pelo modal e sua integração com o meio urbano. A análise terá como propósito encontrar indicadores chave que avaliem a *performance* de cada um dos sistemas, para, dessa forma, se

¹ Ferramenta utilizada para a identificação de melhores práticas a fim de que se otimize a performance do objeto de estudo, no caso deste trabalho, o sistema de transporte público (RANDALL et al., 2007)

² Sistema sobre trilhos que se distingue do metrô devido a sua compatibilidade em operar sobre ruas e por, normalmente, receber energia elétrica através de cabos (DERNERY JR.; SETTY, 2008)

³ Sistema sobre pneus que alia a flexibilidade dos ônibus com a qualidade do transporte ferroviário (FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION, 2009)

realizar uma comparação entre os diferentes modais. Assim, se obteriam faixas de desempenho nas quais cada sistema opera.

Como será explorado nos próximos capítulos, para a concepção do trabalho, primeiramente, traçaram-se as diretrizes do estudo, a fim de que se obtivesse um panorama geral da dimensão do mesmo. Na sequência, será apresentada a revisão bibliográfica realizada, a qual teve por intuito caracterizar os sistemas de transporte público urbano estudados e o método de *benchmarking*.

Posteriormente, será apresentada a metodologia adotada para a coleta de dados e escolha dos sistemas estudados. Definido isso, no próximo capítulo do trabalho será descrito o processo de desenvolvimento dos indicadores utilizados para a comparação dos sistemas e suas subsequentes análises. Por fim, as considerações finais trarão os pensamentos do autor acerca dos resultados obtidos bem como suas sugestões para a continuação do trabalho.

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: como, através de um série de indicadores coletados, comparar os diferentes sistemas de transporte público urbano e determinar as faixas de *performance* nas quais cada modal opera?

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, através de um série de indicadores coletados, a comparação dos diferentes sistemas de transporte público urbano e a determinação de faixas de *performance* nas quais cada modal opera.

2.2.2 Objetivo secundário

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) a criação de indicadores/parâmetros-chave com os quais se possa realizar a comparação da *performance* entre sistemas de um mesmo modal de transporte coletivo urbano;
- b) a obtenção de um fator de ajuste que converta **demanda anual** para **demanda dia útil**.

2.3 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que cada um dos modais de alta capacidade possui uma faixa ótima na qual seu desempenho é superior ao dos demais, sendo este fator extremamente relevante para sua escolha.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à análise de meios de transporte público urbano de alta capacidade os quais, majoritariamente, são implantados em grandes cidades.

2.5 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

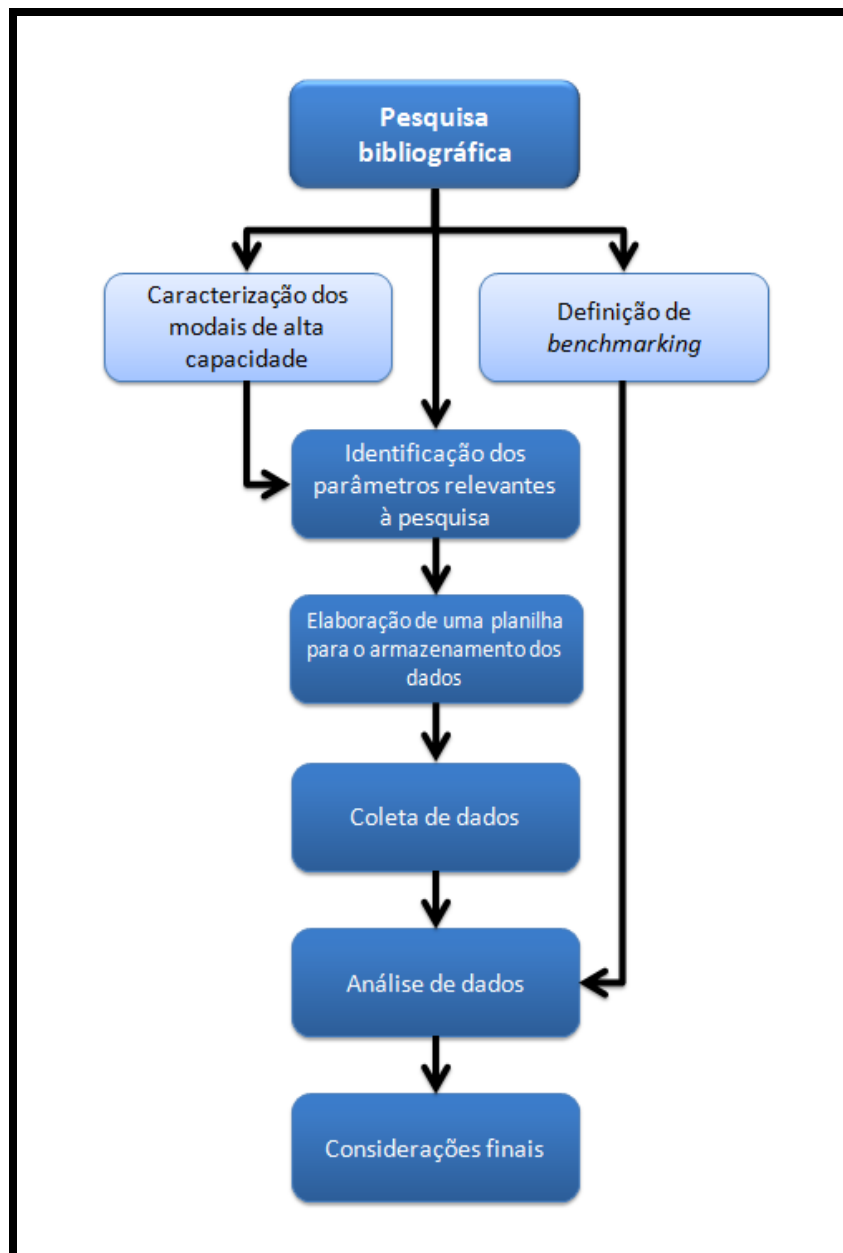
- a) análise de dez sistemas, para cada modal de transporte público urbano, situados em regiões metropolitanas brasileiras ou de outros países;
- b) análise de parâmetros relacionados às características gerais,
 - da região metropolitana (população, área e densidade demográfica, entre outras);
 - do sistema (extensão, carregamento anual, velocidade operacional média, número de estações, número de estações de transferência, número de linhas, entre outras).

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir, as quais estão representadas na figura 2 e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) caracterização dos modais de transporte público urbano de alta capacidade;
- c) definição de *benchmarking*;
- d) identificação dos parâmetros relevantes à pesquisa;
- e) elaboração de uma planilha para o armazenamento dos dados;
- f) coleta de dados;
- g) análise de dados;
- h) considerações finais.

Figura 2 – Representação esquemática do delineamento da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

Primeiramente, foi realizada uma **pesquisa bibliográfica** com o intuito de obter-se um maior conhecimento acerca do tema abordado no trabalho. Para isto, buscaram-se diversos artigos, livros e outras publicações provenientes de renomados pesquisadores internacionais e nacionais, na área de transporte público urbano e planejamento de transporte, a fim de que o trabalho possuísse um abrangente referencial bibliográfico ao contemplar diversas opiniões.

Realizada esta primeira etapa, a fase posterior, basicamente, contemplou a **caracterização dos modais de transporte público urbano de alta capacidade**, os quais são: o metrô, o

VLT (veículo leve sobre trilhos) e o BRT (*bus rapid transit*). Além disso, esclareceu-se a **definição de *benchmarking***, uma vez que este será o processo utilizado para a elaboração da ferramenta da pesquisa.

A etapa seguinte caracterizou-se pela **identificação dos parâmetros relevantes** a serem levantados para a pesquisa. Feito isso, foram definidos indicadores-chave de *performance*, a fim de que se pudesse determinar as faixas de desempenho em que cada modal opera.

Após, elaborou-se uma **planilha para o armazenamento dos dados**, haja vista que a pesquisa contemplou ao todo trinta sistemas, sendo dez de cada modal de transporte público urbano, e, por isso, houve a necessidade da obtenção de uma série de indicadores, os quais foram agrupados em dois níveis anteriormente mencionados (características gerais da região metropolitana e do sistema). Esta planilha foi desenvolvida utilizando-se o software Microsoft Office Excel.

Posteriormente, iniciou-se a **coleta de dados**, a qual foi realizada majoritariamente através de contatos com as agências reguladoras e com os operadores do sistema e também via Internet quando necessário. Deve-se frisar a grande preocupação que se teve com a confiabilidade dos dados obtidos por este último meio para os quais sempre se buscou a ratificação através de outras fontes com a mesma informação.

A fase seguinte consistiu na **análise dos dados** coletados através da elaboração de indicadores-chave de *performance* por meio das variáveis obtidas. Além disso, nesta etapa se realizou a determinação das faixas de desempenho em que cada modal opera através da elaboração de gráficos utilizando-se o *benchmarking*. Por fim, foram efetuadas as **considerações finais** da pesquisa tendo em vista os resultados inferidos.

3 SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

O processo de industrialização do século XIX ocasionou um aumento acentuado de deslocamentos dentro das cidades, uma vez que o mesmo originou o processo de êxodo rural e, dessa forma, o aumento da população urbana. Consequentemente, também surgiram as primeiras soluções de grande porte, capazes de deslocar um grande número de pessoas (MELLO, 1981).

Segundo a *International Association of Public Transport* ([2009?]), atualmente, é extremamente importante que as cidades sejam capazes de suprir a demanda por deslocamentos gerada pela população, pois:

A mobilidade é uma exigência básica para as sociedades eficientes e modernas. Nenhuma cidade hoje pode funcionar de forma eficaz sem um sistema de transporte público. Considerando o verdadeiro custo da mobilidade para a comunidade, o transporte público é claramente a melhor relação custo-eficiência de uma mobilidade para todas as camadas da população nas cidades. Esta questão é ainda mais crucial para os países em desenvolvimento, onde a população urbana aumenta a ritmo exponencial.

Tendo isso em vista, o presente capítulo se propõe a, em um primeiro momento, avaliar o atual cenário da mobilidade urbana ao comparar a utilização dos meios de transporte público urbano e dos veículos privados. Em uma segunda etapa, será avaliada a influência do transporte no desenvolvimento das cidades. Por fim, serão caracterizados os modais de alta capacidade existentes.

3.1 O ATUAL CENÁRIO DA MOBILIDADE URBANA

Como já abordado anteriormente, o Brasil, na última década, vem passando por um forte crescimento econômico. Consequentemente, o mesmo ocorre com a frota veicular do País, ocasionando, dessa forma, uma piora no trânsito das cidades, a qual é representada, principalmente, na forma de congestionamentos.

Esse problema ocupa tempo produtivo da população e espaço viário das cidades, que poderiam ser melhor aproveitados. No entanto, no Brasil, a preocupação em investir em

sistemas de transporte coletivo de qualidade, a fim de solucionar este impasse, é proporcional ao crescimento do mesmo nas vias urbanas (LINDAU, 2009).

Outra causa para o aumento da aquisição de automóveis pode ser atribuída à descentralização das cidades, ou seja, a migração da população para sua periferia devido a menores custos de habitação. Para White (1986), isso afeta diretamente o nível de serviço do transporte público, uma vez que a criação de uma linha de ônibus ou de outro modal não é justificada devido à baixa densidade populacional da área e, dessa forma, causa a migração do indivíduo para o automóvel.

Atualmente, diversas estratégias são utilizadas para atenuar essa situação e, dessa forma, contribuir para o desenvolvimento ordenado das cidades. Um exemplo é o TOD (*transit oriented development*) o qual será abordado a seguir.

3.2 INFLUÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DAS CIDADES

Existem diversas vantagens em nortear o desenvolvimento das cidades por meio do transporte público urbano. A principal delas é o aumento da densidade populacional.

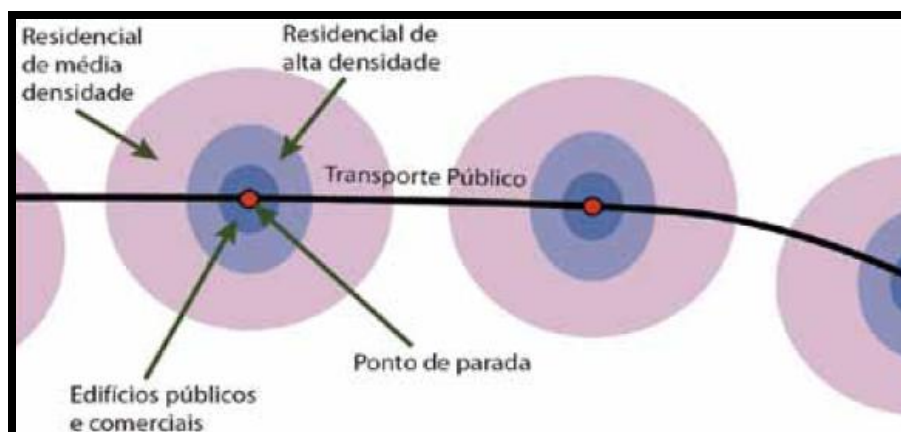
Para a Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano (2010, p. 37-38):

A estruturação urbana trazida pelo aumento da possibilidade física de deslocamentos por modo coletivo permite adensamento de atividades e de residentes de uma maneira sustentável e condizente com a capacidade [...] dos sistemas implantados, planejado de acordo com o tipo de desenvolvimento desejado para cada região (com incentivos para o uso residencial, comercial ou escritórios), preparando a cidade para cenários futuros de crescimento econômico.

Este tipo de planejamento integrado é chamado de desenvolvimento orientado ao transporte coletivo (*Transit Oriented Development*, TOD). [...] O conceito de *Transit Oriented Development* (TOD) se refere a um agrupamento ou densidade de residências, postos de trabalho, lojas e serviços em proximidade ao transporte coletivo com um serviço de alta qualidade [...] [(figura 3)]. Tipicamente este padrão de desenvolvimento é compacto, com usos mistos do solo, e também oferece uma variedade de amenidades para pedestres e ciclistas, como parques e ruas projetadas do ponto de vista do pedestre.

Outra forma de estimular o adensamento populacional, segundo White (1986), pode ser através de reformas no sistema de zoneamento, no qual cada zona esteja alinhada a um custo de serviço ao invés de um valor arbitrário geral. Um exemplo para isso seria oferecer incentivos fiscais para a construção de imóveis no entorno de rotas de transporte público.

Figura 3 – Configuração típica do desenvolvimento orientado pelo transporte



(fonte: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO⁴, 2010)

Dessa forma, pode-se perceber que a estruturação do desenvolvimento dos municípios por meio do transporte coletivo é fundamental. Tendo isso em vista, o mesmo se tornará a escolha preferencial das pessoas, independentemente do poder aquisitivo ou da finalidade da viagem (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF PUBLIC TRANSPORT, [2009?]).

Logo, do ponto de vista do planejamento estratégico, a implantação de redes de transporte coletivo de alto desempenho tem papel fundamental, pois além de estruturar regiões para o crescimento econômico, promove maior organização dos fluxos na cidade e fomenta a eficiência urbana. Dessa forma, novas infraestruturas de transporte são investimentos que habilitam suas áreas de influência a desempenhar as funções de centro de decisão, consumo e negócios compatíveis com o nível de competição e dinamismo da economia contemporânea (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO, 2010).

Esses sistemas, responsáveis por estruturar eixos de desenvolvimento das cidades, serão abordados a seguir.

3.3 SISTEMAS DE ALTA CAPACIDADE

Atualmente, existem três diferentes modais de transporte público urbano de alta capacidade:

- a) metrô;
- b) VLT;
- c) BRT.

⁴ Foto cedida por LOGIT

Diversos fatores orientam a tomada de decisão por um determinado modal. Por exemplo, custos de implantação e operação do sistema, características técnicas, condicionantes locais, integração com o meio ambiente. Contudo um parâmetro pode ser fixado como ponto de partida: a capacidade do meio de transporte (MELLO, 1981).

Ainda conforme Mello (1981, p. 46):

Conhecidas as características da demanda que solicitará os sistemas de transportes urbanos, nos diferentes horizontes de sua utilização, bem como as características técnicas e econômicas das diferentes opções tecnológicas disponíveis, será possível determinar qual a melhor modalidade para operar em determinada área ou corredor de transporte.

Tendo esses parâmetros como base, esta seção se limita a, em uma primeira etapa, definir cada um dos três modais, através de uma breve definição do sistema. Posteriormente, apresentar elementos construtivos e operacionais que afetam a *performance* de cada um deles, ou seja, que influenciem na melhora da capacidade de transporte de passageiros ou se traduzam em ganhos de velocidade, além outros elementos que provocam uma maior satisfação por parte do usuário. Por fim, será apresentado um quadro resumo com suas características.

3.3.1 Metrô

Segundo Mello (1981, p. 13):

Os metrô foram introduzidos nas grandes metrópoles europeias e norte-americanas no final do século XIX e início do século XX. O rápido aumento nas distâncias de viagens e a impossibilidade de competição em tempo e velocidade por parte das alternativas de superfície favoreceram a implantação maciça de sistemas de metrô, com vistas a melhorar a acessibilidade aos centros de negócio e a descentralização urbana⁵.

Para Vuchic (2007), o sistema metroviário (figura 4) representa o melhor modal para uma linha ou rede de alta capacidade. Isso se deve ao fato de não sofrer interferência externa e, dessa forma, poder atingir maiores velocidades operacionais.

⁵ Prefácio escrito por Josef Barat (páginas 11 a 20)

Figura 4 – Metrô da linha amarela/São Paulo



(fonte: VIA QUATRO, 2012)

Outro fator que garante uma maior velocidade operacional ao modal é o sistema de sinalização por bloco. Ele tem como princípio garantir uma maior segurança ao transporte, ao mesmo tempo que permite uma maior agilidade ao sistema (WHITE, 1986).

Para Vuchic (2007, p. 305, tradução nossa), o metrô também se distingue dos outros sistemas pelas seguintes características:

Cobrança de tarifas fora do veículo, plataformas elevadas e embarque/desembarque simultâneo através de 40 canais duplos de portas permitem a esse modal prover taxas totais de embarque/desembarque de 3 a 5 vezes maiores que o VLT, e de 10 a 20 vezes maior que os ônibus [...]

Contudo, devido ao sistema trafegar em um espaço viário exclusivo, ou seja, sem interferência de outros veículos, o custo de construção do metrô é extremamente elevado. Dessa forma, sua implantação só é viável nos principais corredores da cidade (VUCHIC, 2007; WHITE, 1986).

3.3.2 Veículo leve sobre trilhos (VLT)

Segundo a Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano (2009, p. 25):

O uso de ‘bonde’ na França remonta a 1837, quando uma linha de 15 km foi construída para ligar Montrond-les-Bains e Montbrison na região do Loire. Até o

começo do século XX, quase todas as principais cidades tinha sistemas de bonde. [...]. Na França (como nos Estados Unidos e na Inglaterra) os bondes foram retirados na década de 50 para dar mais ‘espaço’ ao carro particular e aos ônibus. [...]

Uma versão moderna do bonde [VLT] [...] foi reintroduzida na França nas décadas de 1970 a 2000, e sistemas semelhantes estão atualmente sendo adotados por diversas cidades norte-americanas.

Segundo Mello (1981) e Dernery Jr. e Setty (2008), o VLT pode ser diferenciado do metrô devido a dois principais fatores: operação na superfície e alimentação elétrica por cabos ao invés de terceiro trilho. Essas características podem ser observadas na figura 5. Alguns VLT operando em trechos subterrâneos e com outras fontes energéticas podem ser encontrados, contudo são exceções.

Figura 5 – VLT de Berlim



(fonte: BERLINER VERKEHRSBETRIEBE, 2008)

White (1986, p. 64, tradução nossa), define os veículos leves sobre trilhos como:

[...] sistemas de propulsão elétrica com características similares às do metrô, mas geralmente sem sinalização em bloco, plataformas de embarque em nível alto ou emissão de passagens em todas as estações. Normalmente, trens de 3 até 4 vagões ou articulados são operados. Várias das vantagens do sistema de metrô ‘pesado’ ou do trem suburbano são oferecidas, juntamente com uma melhor acessibilidade, por um investimento muito menor, embora a capacidade também seja inferior. Exceto em grandes cidades, esses sistemas geralmente são adequados para os fluxos de pico. A maioria foi desenvolvida a partir de melhorias em *tramways*, mas sistemas inteiramente novos vêm sendo inaugurados desde 1970.

Ainda segundo White (1986), o VLT foi o responsável por atrair pela primeira vez usuários que realizavam viagens curtas. Isso ocorreu haja vista que o modal oferecia uma melhor acessibilidade e frequência do que os outros sistemas (metroviário e trem suburbano), cujas rotas haviam sido situadas, primeiramente, do ponto de vista do tráfego de longa distância.

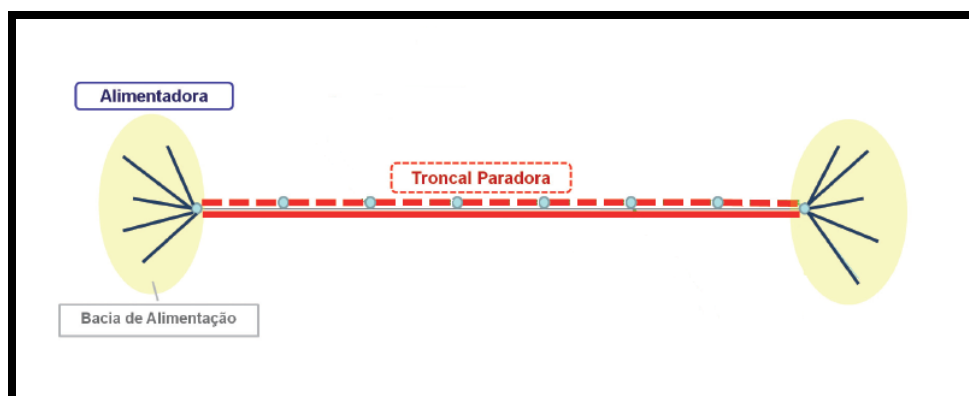
3.3.3 *Bus rapid transit (BRT)*

Segundo Mello (1981, p. 14-15), os ônibus:

Começaram a operar em grande escala na década de 1910, oferecendo as vantagens de flexibilidade quanto a itinerários, adaptação às modificações das vias urbanas e custos de instalação mais baixos, se comparados às soluções ferroviárias. A rapidez e as facilidades do transporte 'porta-a-porta' tornaram os ônibus um meio de transporte de rápida difusão, especialmente nas metrópoles dos países menos desenvolvidos, que tiveram sua urbanização acelerada após os grandes surtos de implantação de ferrovias, metrô e bondes e onde a escassez de recursos para investimentos públicos desaconselhara posteriormente estas soluções⁶.

Contudo, o BRT surgiu em Curitiba apenas em 1974, quando foi introduzido o inovador conceito de sistema tronco-alimentado (figura 6). Nesse sistema as linhas troncais são operadas por veículos de alta capacidade (ônibus articulados ou bi-articulados) que circulam pelas principais vias da cidade, o BRT propriamente dito. Já as linhas alimentadoras trafegam pelos bairros, conferindo, dessa forma, uma maior capilaridade ao sistema (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS, 2010).

Figura 6 – Sistema tronco-alimentado



(fonte: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO⁷, 2010)

⁶ Prefácio escrito por Josef Barat (páginas 11 a 20)

⁷ Foto cedida por LOGIT

Deve-se ressaltar que a capacidade dos ônibus articulados e biarticulados varia entre, aproximadamente, 170 a 250 lugares (EMBARQ, 2010). O ônibus biarticulado utilizado pela Metrobús (sistema BRT da Cidade do México) é mostrado na figura 7.

Figura 7 – Ônibus biarticulado da Cidade do México



(fonte: foto cedida por EMBARQ BRASIL⁸)

O sistema BRT consiste em ônibus circulando em vias separadas do fluxo de veículos, podendo ser exclusivas ou segregadas. Também são adicionadas características dos sistemas metroviários como, por exemplo, embarque em nível, pré-pagamento, tecnologias de informação ao usuário, entre outras (WRIGHT; HOOK, 2008).

O BRT difere-se do sistema de ônibus convencional por utilizar veículos sobre pneus com maior capacidade de transporte, resultando em frequências menores para atender uma mesma demanda de usuários. Com menos veículos circulando, menor é a intrusão visual gerada pelas longas filas de ônibus típicas de corredores urbanos saturados (figura 8) e a densidade viária (veic./km), acarretando menor emissão de poluentes na atmosfera (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS, 2010).

⁸ Associação sem fins lucrativos, atua em cidades brasileiras para catalisar e implementar soluções sustentáveis para os problemas da mobilidade urbana. É um dos centros da EMBARQ Network, pertencente ao Instituto de Recursos Mundiais (WRI)

Figura 8 – Corredor de ônibus convencional de São Paulo



(fonte: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO⁹, 2010)

Ainda, segundo a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (2010, p. 25):

Apesar do maior investimento por veículo, o BRT traz melhores resultados operacionais do que se pode obter com sistemas convencionais. [...] Se o corredor for bem planejado com dados confiáveis de demanda, apresentará altas velocidades comerciais, levando à necessidade de uma frota bem menor que num sistema convencional, reduzindo a quilometragem rodada, os custos operacionais, de garagens e todas as instalações, de pessoal de administração e assim por diante.

3.3.4 Características dos sistemas

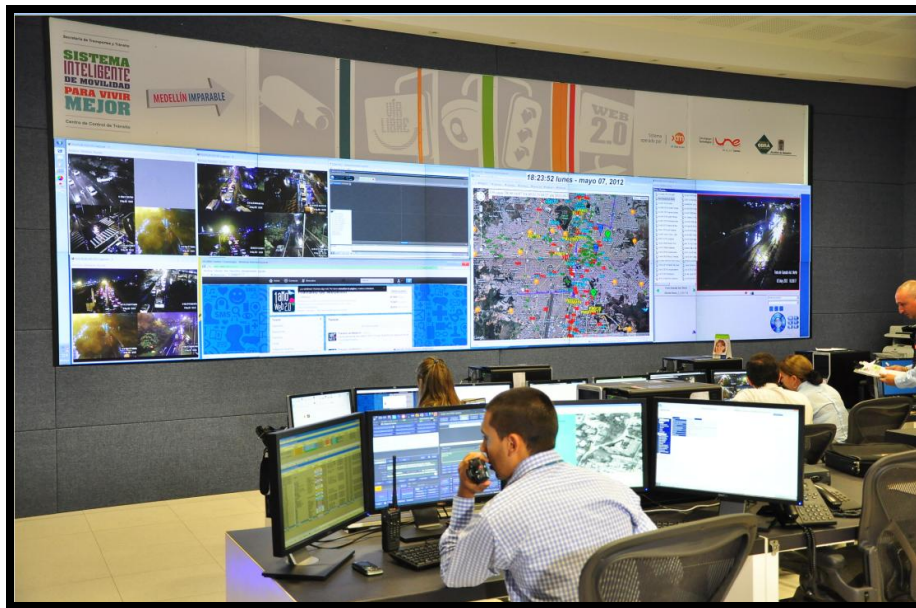
Nesta seção, são descritas, em ordem alfabética, as principais características relacionadas aos transportes públicos urbanos de alta capacidade. Ao fim, será apresentado um quadro resumo com os conceitos que se adéquam a cada um dos modais.

3.3.4.1 Centro de controle operacional

Sua adoção nas operações aumenta a segurança, confiabilidade e satisfação do usuário com o sistema, uma vez que garante maior regularidade e pontualidade para o transporte. O centro de controle operacional também proporciona melhorias significativas no tempo de recuperação após incidentes como, por exemplo, panes de veículos (HIDALGO; MUÑOZ, 2011). Na figura 9 é apresentado um exemplo de centro de controle operacional.

⁹ Foto cedida por LOGIT

Figura 9 – Centro de controle operacional de Medellín/Colômbia



(fonte: foto cedida por EMBARQ BRASIL)

3.3.4.2 Embarque em nível

Segundo a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (2010, p. 24), o embarque em nível contribui para a redução do tempo de permanência dos veículos nas plataformas. Dessa forma, o sistema terá uma maior capacidade e velocidade operacional.

Isso ocorre porque o piso do veículo é alinhado ao da plataforma de embarque não havendo, dessa forma, a necessidade de subir degraus ou da utilização de ascensores para pessoas com necessidades especiais. O embarque em nível pode ser tanto por piso baixo quanto elevado (figura 10).

Figura 10 – Embarque em nível (piso alto) no BRT da Cidade do México



(fonte: foto cedida por EMBARQ BRASIL)

3.3.4.3 Espaço viário dedicado

Essa característica permite uma rápida movimentação dos veículos com a menor interferência possível do restante do fluxo da superfície viária. Isso é alcançado por meio de faixas exclusivas/segregadas, normalmente localizadas no canteiro central (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS, 2010).

Segundo Vuchic (2007), a faixa segregada proporciona uma separação física dos demais veículos do tráfego, contudo possui cruzamentos no mesmo nível tanto com veículos, como com pedestres. Já as faixas exclusivas estão fisicamente separadas ao longo de toda a extensão, não existindo cruzamentos no mesmo nível, como é o caso dos sistemas metroviários. Na figura 11, é apresentado um exemplo de faixa segregada.

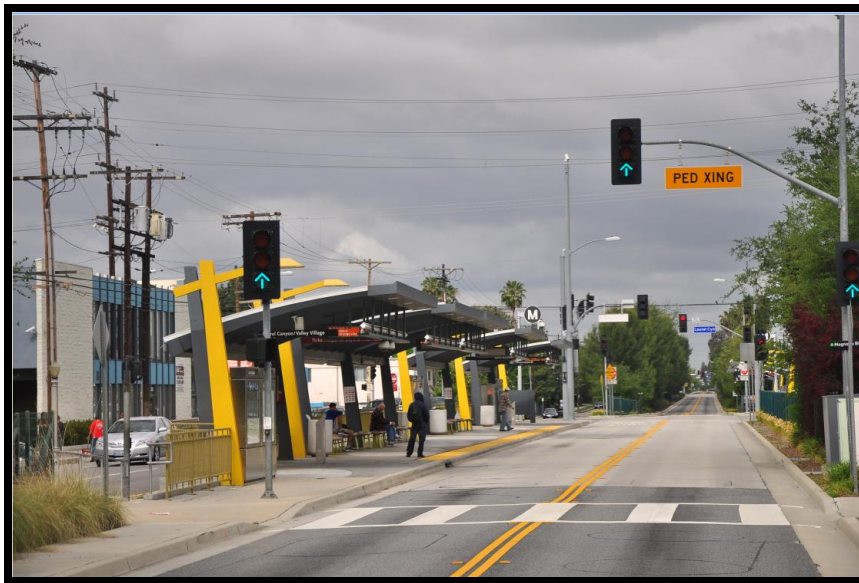
3.3.4.4 Identidade visual

Conforme EMBARQ (2011):

Para criar uma marca de sucesso um sistema de transporte coletivo deve começar pela definição de seus valores centrais. A maioria dos sistemas de transporte coletivo busca uma marca que apresente claramente seus serviços como modernos, eficientes, rápidos, confiáveis, convenientes, confortáveis e seguros.

Dessa forma e através da utilização de *marketing*, a imagem dos sistemas deve associar a ideia de *status* à boa qualidade do serviço, a fim de atrair novos usuários, obtendo assim êxito (figura 12). Muito mais do que apenas um nome e um logotipo, a identidade visual é expressa através da existência de um padrão de cores para os veículos/serviços e de um design coerente em todo o sistema, além de outras formas de percepção que os usuários possam ter sobre o serviço (EMBARQ, 2011).

Figura 11 – Faixa segregada do BRT de Los Angeles/Estados Unidos



(fonte: foto cedida por EMBARQ BRASIL)

Figura 12 – Campanha publicitária da agência de transportes de Los Angeles/Estados Unidos



(fonte: UPTON, 2012)

3.3.4.5 Pré-pagamento

Implantada originalmente nos metrô, essa característica foi adaptada aos demais sistemas e contribui, da mesma forma que o embarque em nível, para a redução do tempo de permanência dos veículos nas plataformas. Consequentemente, resultando em uma maior capacidade e velocidade operacional (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS, 2010).

O pré-pagamento caracteriza-se pela validação da passagem anterior ao embarque no veículo. Ainda, como o mesmo normalmente é realizado por meio de cartões eletrônicos, existe a possibilidade da adoção de políticas de integração tarifária entre diferentes serviços e modos de transporte. A utilização desse artifício tem, como consequência, o incentivo ao crescimento do número de usuários do sistema (EMBARQ, 2010). Na figura 13, é apresentado um exemplo da utilização de sensores para o pré-pagamento nos sistemas de transporte público.

Figura 13 – Pré-pagamento no metrô de Medellín/Colômbia



(fonte: foto cedida por EMBARQ BRASIL)

3.3.4.6 Sistema de informação ao usuário

O objetivo básico desta característica é facilitar a utilização do transporte público para os passageiros. Segundo EMBARQ (2011), para esse sistema ser adequado, o mesmo deve atender a quatro princípios básicos:

- a) eficiência: as informações devem estar dispostas em locais estratégicos, por exemplo, estações de transferência;
- b) usabilidade: mapas e quiosques de informações devem ser acessíveis a todos;
- c) entendimento: a concepção das informações do sistema deve ser intuitiva aos usuários e bem integrada na cultura local. Devem-se identificar claramente conexões entre rotas e pontos de referência (figura 14);
- d) qualidade: o uso de materiais de alta qualidade e bem elaborados melhora a experiência do usuário e aumenta o prestígio do sistema de transporte público urbano.

Figura 14 – Informações sobre rotas e estações de transferência do sistema Metrobús/Cidade do México



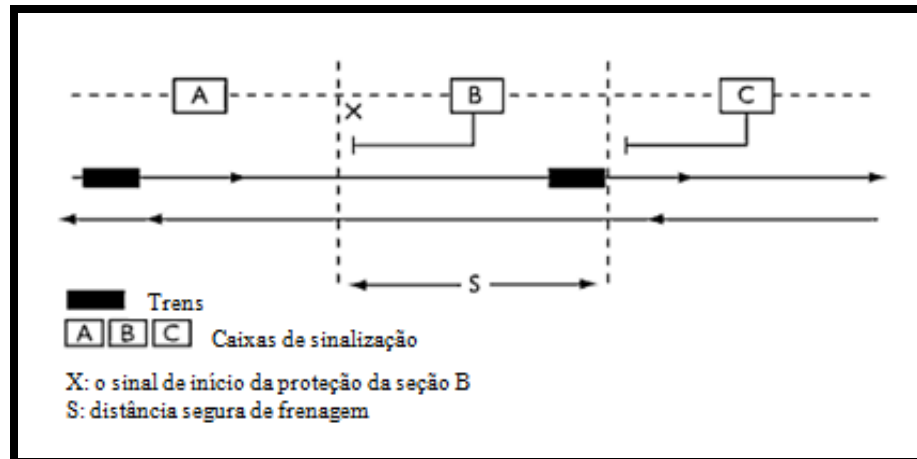
(fonte: foto cedida por EMBARQ BRASIL)

3.3.4.7 Sistema de sinalização por seção de bloco

Segundo White (1986, p. 72, tradução nossa), essa característica pode ser descrita da seguinte forma:

Um trem não pode entrar em uma seção de bloco antes que o trem anterior tenha saído da mesma [...] [(figura 15)]. O trem na seção A não pode entrar na seção B até que o trem naquela seção tenha entrado na seção C. A distância mínima entre seções de bloco normalmente é, no mínimo, igual à mínima distância segura para frenagem na velocidade máxima permitida, [...]

Figura 15 – Sinalização por seção de bloco



(fonte: WHITE, 1986, tradução nossa)

3.3.4.8 Ultrapassagem nas estações

Permite a operação conjunta de diferentes serviços ao longo do corredor como: os expressos (ligam terminais de forma direta), os acelerados (atendem algumas estações) e os paradores (serviços locais). Dessa forma, possibilita a continuidade do serviço, uma vez que não é necessário parar quando as demais linhas de ônibus estiverem nas estações para embarque e desembarque (figura 16). Logo, a capacidade da via é elevada com as ultrapassagens, além de se obter ganhos em termos da velocidade média comercial do sistema (FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION, 2009).

Figura 16 – Faixa de ultrapassagem nas estações em Bogotá/Colômbia



(fonte: foto cedida por EMBARQ)

3.3.4.9 Quadro resumo das características

O quadro 1 sintetiza quais características, anteriormente descritas, correspondem a cada modal. Onde:

- a) O: característica usual;
- b) F: característica não usual;
- c) N/A: não se aplica.

Quadro 1 – Características de cada modal

Característica	Metrô	VLT	BRT
Centro de controle operacional	O	O	F
Embarque em nível	O	F	F
Espaço viário dedicado	O	F	F
Identidade visual	O	F	F
Pré-pagamento	O	F	F
Sistema de informação ao usuário	O	F	F
Sistema de sinalização por seção de bloco	O	F	N/A
Ultrapassagem nas estações	F	F	F

(fonte: elaborado pelo autor)

Observando-se o quadro, é possível perceber que os sistemas de BRT e VLT não apresentam uma padronização das características. Isso se deve ao fato da implantação de um maior número delas depender do nível de desempenho almejado para o corredor de transporte, o qual pode ser traduzido pelo número de passageiros/dia ou pela velocidade média operacional.

Como exemplo pode-se citar o Transmilenio, sistema BRT de Bogotá/Colômbia, que apresenta todas as características descritas e, conseqüentemente, possui uma elevada velocidade média comercial (28 km/h) e o BRT de Curitiba, o qual não possui ultrapassagem na maioria das estações e, dessa forma, apresenta uma velocidade média comercial inferior (18,34 km/h) (EMBARQ, 2012).

4 BENCHMARKING

Na metade da década de 70, a *Xerox Corporation*, empresa americana de copiadoras, detinha cerca de 80% do mercado mundial. Contudo, ao final da mesma década, a parcela havia diminuído para apenas 30% (SPENDOLINI, 1992).

Baseado neste fato e com o intuito de compreender o que ocasionou a queda de desempenho do seu produto diante de seus concorrentes, principalmente em termos de qualidade e custo unitário, a *Xerox Corporation*, no ano de 1979, foi a responsável por aplicar, pela primeira vez, o processo de *benchmarking*, disseminando esta prática a nível global (CAMP, 2002).

Neste capítulo, será definido o conceito desta ferramenta assim como seus tipos e seu processo cíclico. Por fim, serão apresentadas algumas utilizações desta prática na área de transportes.

4.1 DEFINIÇÃO

Segundo Araujo (2009, p. 196), *benchmarking* é:

[...] uma das tecnologias de maior utilidade para a gestão organizacional. Centrada na premissa de que é imperativo explorar, compreender, analisar e utilizar as soluções de uma organização, concorrente ou não, frente a determinado problema, o *benchmarking* é uma excelente tecnologia de gestão organizacional e oferece [...] alternativas para o aperfeiçoamento de processos organizacionais, produtos ou serviços.

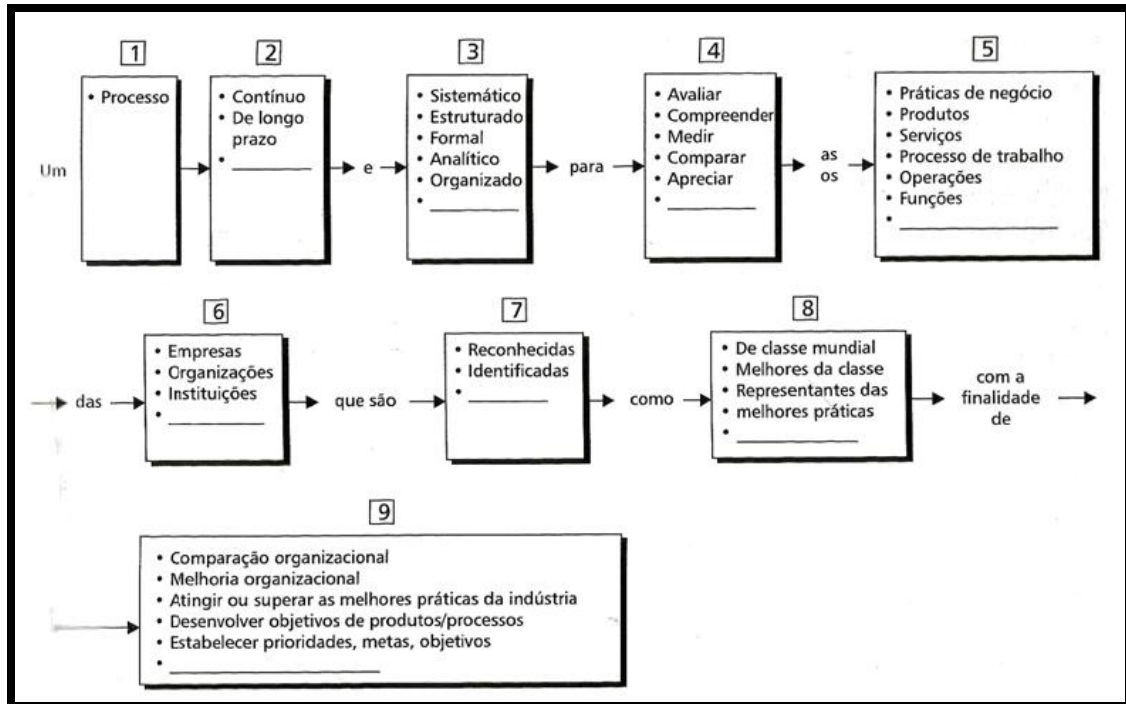
Em suma, este processo tem por objetivo revelar as melhores práticas de uma organização reconhecida como a mais competente em seu ramo. A finalidade disso é promover o aumento da *performance* das demais corporações usando-se como referencial a empresa investigada.

Contudo, existem outras diversas definições de *benchmarking* na literatura. Isso ocorre haja vista que este processo é extremamente flexível e pode ser utilizado por qualquer organização para diversos fins.

Por isso Spendolini (1992) criou o chamado *benchmarking menu* (figura 17) que consiste em uma figura com nove caixas nas quais, em cada uma delas, se escolhe um termo para, ao fim,

se determinar o conceito. Isso possibilitou que qualquer um pudesse elaborar um significado de sua preferência para o processo, sem que seu sentido primordial fosse alterado.

Figura 17 – *Benchmarking menu*



(fonte: SPENDOLINI, 1992, tradução nossa)

4.2 TIPOS DE BENCHMARKING

Existem diversas formas de *benchmarking*. Para Araujo (2009), Camp (2002) e Spendolini (1992) o processo pode ser dividido em três tipos:

- a) interno;
- b) competitivo;
- c) funcional/genérico.

4.2.1 Interno

O objetivo deste tipo de *benchmarking* é analisar as diferenças de desempenho entre os mesmos setores de uma determinada empresa. Isso é possível, pois, segundo Araujo (2009, p. 200):

Hoje as organizações se dispersam em territórios geográficos distintos, o que viabiliza diferenças de toda sorte, incluídas as diferenças de caráter cultural, levando a alterar formas de se executarem práticas idênticas.

Os objetivos do *benchmarking* interno são a identificação do grau de desempenho da organização, bem como a compilação de informações sobre a própria organização que o promove para, no futuro, servir de base a uma investigação de *benchmarking* externo.

4.2.2 Competitivo

Esse tipo é voltado à identificação das melhores práticas dos concorrentes, sendo assim um *benchmarking* externo. Através da determinação de informações específicas sobre os produtos, processos ou serviços dos competidores, este modelo visa realizar comparações entre os dados inferidos com os da própria organização, almejando, desta forma, alcançar uma melhor colocação no mercado (SPENDOLINI, 1992).

Neste tipo de *benchmarking* existe grande dificuldade na obtenção de dados. Isso ocorre uma vez que muitas destas informações são confidenciais por ser uma vantagem competitiva do concorrente (CAMP, 2002; SPENDOLINI, 1992).

4.2.3 Funcional (genérico)

Também sendo uma forma de *benchmarking* externo, o objetivo principal deste tipo é identificar melhores práticas de organizações que estabeleceram uma reputação de excelência na área em que atuam (SPENDOLINI, 1992) e comparar a sua *performance* com a de outras empresas que não são competidoras diretas. Por isso, esta prática é comumente utilizada na área de engenharia e será aplicada no presente trabalho.

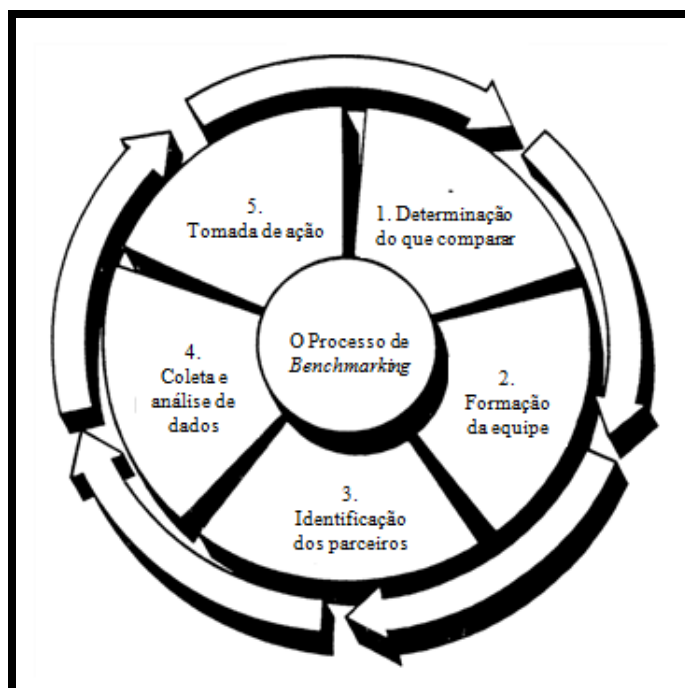
4.3 O CICLO DO *BENCHMARKING*

Segundo Spendolini (1992), o processo de *benchmarking* pode ser dividido em cinco estágios abrangentes (figura 18):

- a) determinação do que comparar;
- b) formação da equipe;
- c) identificação dos parceiros;
- d) coleta e análise de dados;

e) tomada de ação.

Figura 18 – Os cinco estágios do processo de *benchmarking*



(fonte: SPENDOLINI, 1992, tradução nossa)

A primeira etapa consiste, basicamente, no diálogo com os clientes para a determinação dos indicadores a serem avaliados. Nesta fase também é determinado qual tipo de *benchmarking* será utilizado no processo (SPENDOLINI, 1992).

O segundo estágio pode ser definido, segundo Spendolini (1992), como o processo de seleção, orientação e gestão de uma equipe de *benchmarking*. Nesta fase, papéis e responsabilidades específicas são atribuídos a cada membro e ferramentas de gerenciamento de projetos são introduzidas para garantir que as atribuições de *benchmarking* estão claras para todos os envolvidos e que as etapas-chave do projeto foram identificadas. Embora normalmente o processo seja realizado por grupos, o mesmo pode ser feito individualmente.

A terceira etapa pode ser caracterizada, segundo Spendolini (1992, p. 49, tradução nossa), como a:

[...] identificação de fontes de informação que serão usados para a coleta das informações para o processo de *benchmarking*. Essas fontes incluem empregados das empresas avaliadas, consultores, analistas, fontes do Governo, literatura de comércio e negócios, relatórios industriais e bancos de dados computadorizados [...]. Nesta etapa também está incluída a identificação [dos detentores] das melhores práticas do ramo.

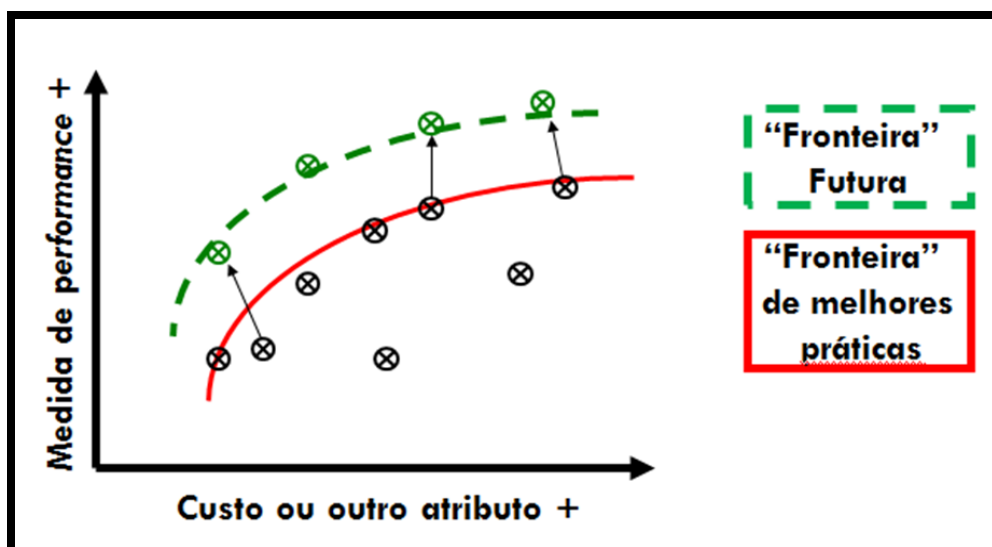
O quarto estágio do processo de *benchmarking* consiste na escolha de um método de coleta de informações. Nesta etapa, as fontes de informação dentro das empresas são contatadas e os dados são recolhidos de acordo com um protocolo previamente estabelecido para, posteriormente, serem sintetizados para análise. Após a apreciação das informações obtidas, de acordo com as necessidades dos clientes originais, recomendações para a tomada de ação são elaboradas (SPENDOLINI, 1992).

Por fim, a quinta etapa consiste na tomada de ação. Segundo Spendolini (1992, p. 49, tradução nossa):

Esse estágio do processo é influenciado pelas solicitações do cliente original e o uso das informações do *benchmarking*. A ação tomada pode variar desde a produção de um relatório ou apresentação à produção de um conjunto de recomendações para a implementação efetiva de mudanças baseadas, ao menos em parte, nas informações recolhidas durante a investigação do *benchmarking*. Quaisquer próximos passos [...] das atividades são identificados, incluindo a continuação do processo de *benchmarking*.

Deve-se ressaltar que, embora o *benchmarking* seja um processo cíclico, no presente trabalho, apenas serão realizadas as etapas de um a quatro. Isso ocorre devido ao fato de o objetivo central do estudo ser a identificação das **fronteiras de melhores práticas** para cada um dos modais abordados. Para EMBARQ (2007) esse delineamento permite que se obtenha faixas de *performance* em que cada sistema opera através da análise de dois ou mais atributos em um mesmo gráfico (figura 19).

Figura 19 – Fronteiras de melhores práticas



(fonte: EMBARQ, 2007, tradução nossa)

4.4 UTILIZAÇÃO NA ÁREA DE TRANSPORTES

O processo de *benchmarking* tem sido amplamente utilizado por diversas organizações na área de transportes. O principal objetivo nessa área é a identificação e a melhora de deficiências no funcionamento dos seus respectivos sistemas de transporte público urbano.

Segundo Randall et al. (2007), os objetivos do *benchmarking* nesta área são:

- a) estabelecer um sistema de medidas para o gerenciamento interno;
- b) usar o sistema de medição para a identificação das melhores práticas;
- c) dar suporte a tomadas de decisões nas organizações;
- d) prover informações comparativas para gerentes e governantes.

Conforme abordado nestes quatro processos, a utilização da prática do *benchmarking* é de suma importância. Segundo *Project Management Institute* (2000,¹⁰ apud EMBARQ, 2007, tradução nossa), um dos motivos para isso é que esse processo permite “[...] comparar práticas de projetos vigentes ou planejados com outros projetos a fim de gerar ideias para a sua melhoria e prover um padrão com o qual se possa mensurar a *performance*.”. Ademais, para Santos (2010, p. 13), sua utilização também se faz relevante haja vista que “[...] a aplicação de características errôneas ou de eficiência não satisfatória levará a dois visíveis problemas: desperdício de verba, dado o grande investimento reservado para a obra, e a desaprovação dos usuários cativos.”.

Portanto, as informações provenientes do uso de *benchmarking* podem ser de grande valia para diversos tomadores de decisão. Por exemplo, gerentes de agências de trânsito ou transporte encarregados das operações e do planejamento, funcionários do governo local e nacional, bancos de desenvolvimento e outras agências que financiam ou avaliam projetos (EMBARQ, 2007).

Conforme será mostrado nos exemplos a seguir, o processo de *benchmarking*, como uma ferramenta gerencial para o transporte público urbano, já é amplamente utilizado. Sua principal aplicação ocorre em cidades européias, no qual é empregado tanto para sistemas sobre trilhos quanto para ônibus, obtendo um mensurável sucesso, conforme será explorado nas seções posteriores.

¹⁰ PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. [S. l.], 2000.

4.4.1 *Community of Metros (CoMET)*

Segundo a *Community of Metros* (2012), a primeira tentativa de *benchmarking* na área de transporte ocorreu em 1982, quando a *London Underground* e a *Hamburg Hochbahn* concordaram em realizar um processo para comparar seus sistemas. Contudo, como os metrô eram muito diferentes entre si, muitos parâmetros foram difíceis de comparar. Mesmo assim, o projeto levou a programas de melhoria de desempenho bem sucedidos e ao uso inovador de indicadores-chave de *performance* (KPI – *key performance indicators*).

A tentativa posterior de *benchmarking* ocorreu apenas em 1994, quando a agência reguladora do metrô de Hong Kong propôs a outros quatro operadores (*London Underground*, *Régie Autonome des Transports Parisiens – RATP –*, *New York City Transit – NYCT –*, *Berliner Verkehrsbetriebe – BVG –*) a formação de um consórcio. O mesmo teria como objetivo a troca de dados de desempenho e a investigação das melhores práticas entre os sistemas. Este consórcio ficou conhecido como o Grupo dos Cinco (COMMUNITY OF METROS, 2012).

Para a sua gerência, o Centro de Estudos de Transporte do *Imperial College* foi contatado com o intuito de agir como uma empresa sob o controle dos participantes. Isto permitiu aos membros direcionar esforços para as áreas nas quais pensavam que produziriam os maiores benefícios (COMMUNITY OF METROS, 2012).

Ainda conforme o *website* da *Community of Metros* (2012), as primeiras tarefas realizadas no âmbito do programa foram: projetar e selecionar um sistema de KPI com os quais se pudesse comparar os sistemas. Ao mesmo tempo, um estudo de caso, entre os sistemas de Londres e Hong Kong, para identificar as melhores maneiras de aumentar a capacidade das linhas de metrô, estava em execução. Ao fim do estudo, concluiu-se que o fator mais influente neste parâmetro era o **tempo de permanência** nas estações. Seguindo a filosofia do grupo, os resultados foram compartilhados com os demais membros e, conseqüentemente, a prática foi adotada pela NYCT, o que acarretou o aumento de 4,5% da capacidade de uma das linhas mais movimentadas da cidade.

Quando as notícias de progresso do grupo se difundiram, os operadores da Cidade do México, de São Paulo e de Tóquio decidiram juntar-se, o que ocorreu em 1996. Com oito membros, o

grupo ficou conhecido como CoMET. Atualmente, o consórcio contempla catorze sistemas de metrô (COMMUNITY OF METROS, 2012).

4.4.2 *International Bus Benchmarking Group (IBBG)*

Criado nos mesmos moldes do *Community of Metros*, o IBBG foi formado em 2004 pelo Centro de Estudos de Transporte do *Imperial College* em Londres. É um programa de *benchmarking* internacional entre operadores de sistemas de transporte público de ônibus. Ele tem por objetivo:

- a) compartilhar experiências;
- b) comparar *performance*;
- c) identificar melhores práticas entre os membros.

Segundo o *website* do *International Bus Benchmarking Group* (2012), o processo de *benchmarking* do grupo baseia-se na análise de um conjunto de KPI para comparar os diferentes sistemas e destacar aqueles que operam acima do padrão. Estas medidas foram desenvolvidas a partir das experiências de *benchmarkings* anteriores, no caso a CoMET, e modificadas de acordo com a entrada de novos membros.

Atualmente, é composto por um consórcio de treze diferentes organizações, estando a maioria localizada no continente europeu e na América do Norte. Juntas, essas empresas detêm mais de 30 mil ônibus transportando cerca de seis bilhões de passageiros ao ano (INTERNATIONAL BUS BENCHMARKING GROUP, 2012).

4.4.3 *Associação Latino-americana de Sistemas Integrados e Bus Rapid Transit (SIBRT)*

Com a finalidade de qualificar, padronizar e disseminar os modelos de Sistemas Integrados de Transporte e BRT, dezoito das mais influentes agências de transporte urbano da América Latina formaram a SIBRT. Fundada em 2010, a Associação visa a comunicação direta e sistemática entre os membros e tem por objetivo solucionar problemas e desafios comuns através de três pontos principais:

- a) compartilhamento de informações estratégicas para a criação de indicadores;

- b) identificação de áreas de gestão e operação com potencial real de melhora;
- c) geração de informações que forneçam suporte ao diálogo com governos, órgãos reguladores e outros atores chave.

Conforme o *website* da Associação Latino-Americana de Sistemas Integrados e *Bus Rapid Transit* (2012a), a associação tem como finalidade cooperar e gerar sinergia para a promoção, consolidação e fortalecimento integral dos sistemas BRT e sistemas integrados de transporte, de tal maneira que se tornem modelos do futuro da mobilidade, na América Latina e no mundo, contribuindo efetivamente para melhorar a qualidade de vida urbana. Dessa forma, almeja desenvolver uma indústria eficiente e competitiva para o suporte aos sistemas atuais e futuros ao promover a troca de conhecimentos para a criação de melhores práticas de gestão e operação do transporte coletivo urbano.

Os membros fundadores incluem representantes de órgãos municipais ligados ao transporte urbano no Brasil, Chile, Colômbia, Equador e México. Atualmente, os membros da SIBRT fornecem serviços para mais 19 milhões de usuários por dia, através de mais de 550 quilômetros de corredores de ônibus segregados (ASSOCIAÇÃO LATINO-AMERICANA DE SISTEMAS INTEGRADOS E BUS RAPID TRANSIT, 2012a).

5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Nesta seção, é descrita a metodologia adotada na pesquisa. É abordada desde a definição dos sistemas de transporte público urbano analisados até os critérios considerados para a escolha dos dados coletados.

5.1 DEFINIÇÃO DOS SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO ANALISADOS

Para a escolha dos dez sistemas de transporte público urbano de cada modal (metrô, VLT e BRT) analisados, dois critérios distintos foram inicialmente considerados: **extensão do espaço viário dedicado**, a qual garante ganhos em relação à velocidade média comercial, e **demanda do sistema**. Estes parâmetros foram julgados mais relevantes, pois quanto maior a extensão do sistema, maior a área abrangida pelo mesmo e, conseqüentemente, maior tende a ser o número de pessoas atendidas pelo modal. Portanto isso explicaria a adoção do critério **extensão** para nortear a definição dos sistemas estudados.

Contudo um fator que pesou contra essa decisão foi a existência de sistemas metropolitanos, e inclusive alguns municipais, que circulam por um grande vazio urbano, como, por exemplo, o corredor BRT Transoeste (figura 20), localizado no Rio de Janeiro, e o sistema VLT de Alicante, Espanha. A consequência disso é uma baixa demanda pelo sistema implantado o que poderia resultar em distorções nas análises posteriormente realizadas, uma vez que o objetivo principal do trabalho é avaliar as faixas de *performance* em que cada modal opera. Percebido isso, duas alternativas eram possíveis: a exclusão desses sistemas ou a procura por um novo parâmetro de referência.

Dessa forma, como segunda opção, adotou-se a variável **demanda** como critério para a definição dos mesmos. Além disso, para a ratificação da escolha desse parâmetro, confrontaram-se as redes de transporte que seriam analisadas através da adoção de cada um deles, chegando ao resultado apresentado no quadro 2.

Figura 20 – Traçado do corredor BRT Transoeste/Rio de Janeiro



(fonte: RIO DE JANEIRO, 2012)

Quadro 2 – Número de sistemas coincidentes entre os critérios **extensão** e **demand**

Modal	Sistemas coincidentes
Metrô	9
VLT	3
BRT	6

(fonte: elaborado pelo autor)

Observando-se o quadro, percebe-se que os sistemas de metrô serão, majoritariamente, os mesmos independentemente do critério adotado para sua definição. Isso ocorre, pois, devido aos elevados investimentos para a construção de sua infraestrutura, ele só possui viabilidade financeira em zonas densamente habitadas, fator este que tem direta influência na quantidade de passageiros transportados (a evolução da extensão dos sistemas analisados no trabalho pode ser encontrada no apêndice A). Já os modais VLT e BRT, por não necessitarem de investimentos tão expressivos, podem ser construídos em áreas com vazios urbanos tendo como objetivo o TOD, conforme visto na seção 3.2.

Outro importante ponto que teve de ser considerado, acerca da definição dos sistemas VLT analisados, é a existência de duas gerações distintas deste modal. Conforme Taplin (2010) a

segunda geração (*new start*) começou em 1978, tendo como marco a inauguração de uma linha em Edmonton, Canadá. A principal diferença entre essas duas fases é o acréscimo de características de sistemas de alta capacidade, como a inclusão de um espaço viário dedicado, o qual garante maior velocidade média comercial e, dessa forma, uma melhor *performance* do sistema. Tendo em vista isso, apenas foram selecionados sistemas que tiveram data de inauguração posterior a 1978.

Ainda acerca dos VLT, um dos pontos mais enfatizados para a sua escolha, em detrimento dos outros modais, é a sua capacidade de integração com o entorno urbano. Conforme France (2012, [p. 10]):

O VLT torna-se um aliado para reconstruir uma cidade de qualidade ao restaurar a paisagem urbana muitas vezes desfigurada pelo carro: eliminação dos efeitos de corte urbano, redistribuição de tráfego, maior consideração com pedestre e ciclistas, tratamento arquitetônico das estações...

Em suma, na visão dos defensores do VLT, sua implantação significa uma oportunidade para renovar a cidade, sendo esta sua principal vantagem em relação aos demais modais. Tendo em vista isso, buscou-se, neste trabalho, incluir somente sistemas que tivessem esta característica (figura 21).

Figura 21 – Sistema VLT de Strasbourg plenamente integrado ao ambiente urbano



(fonte: HAUBTMANN, [2009?])

Considerando todos estes aspectos, no quadro 3 é apresentada a lista final de sistemas analisados no presente estudo.

Quadro 3 – Sistemas analisados no estudo

Metrô	VLT	BRT
Cidade do México	Bordeaux	Bogotá
Guangzhou	Grenoble	Cidade do México
Londres	Los Angeles	Curitiba
Moscou	Lyon	Guangzhou
Nova Iorque	Montpellier	Jakarta
Paris	Nantes	Istambul
Pequim	Paris	Lima
Seul	Portland	Quito
Tóquio	Porto	Santiago
Xangai	Strasbourg	Teerã

(fonte: elaborado pelo autor)

Pode-se notar que algumas cidades estão duplicadas. Isso ocorre, pois as mesmas são grandes centros urbanos e, conseqüentemente, necessitam de densas redes de transporte público para prover bons níveis de serviço à população. Mesmo estando de posse de um banco de dados no qual se poderia substituir estas cidades, optou-se por utilizá-las, a fim de que não se adotasse uma nova restrição à escolha dos sistemas. Outro aspecto que contribuiu para esta decisão deve-se ao fato disso ser uma característica positiva, haja vista que demonstra a necessidade da diversificação dos sistemas de transporte público utilizados nas cidades os quais devem constituir uma rede e não corredores isolados. Dessa forma, a distribuição geográfica dos sistemas analisados pode ser vista na figura 22.

Observando-se a imagem, é possível visualizar que os sistemas de metrô, em sua maioria, estão localizados em países desenvolvidos ou que sofreram um intenso crescimento

Ainda, deve-se ressaltar que todos os dados inferidos foram obtidos através do instituto Demographia (2012). Isso foi necessário para garantir uma homogeneidade dos critérios utilizados para estimar a área da região metropolitana e a população.

5.2.2 Quanto a características gerais do sistema

A definição dos parâmetros relacionados a características gerais do sistema teve, como principal delimitação, o desafio em coletar dados consistentes e comparáveis entre os operadores. Tendo em vista isso, optou-se pela busca por informações relacionadas, majoritariamente, a aspectos de infraestrutura dos sistemas, conforme os descritos a seguir:

- a) extensão (medida em quilômetros, é o espaço viário dedicado ao modal);
- b) estações (número de estações total do sistema);
- c) estações de transferência (número de estações que servem a mais de uma linha e, conseqüentemente, onde pode-se realizar uma transferência entre as mesmas);
- d) número de linhas (número de rotas que operam, exclusivamente, dentro do espaço viário dedicado).

Além destes parâmetros, algumas variáveis de *performance* foram coletadas:

- a) demanda anual (passageiros transportados por ano);
- b) demanda diária de um dia típico (passageiros transportados em um dia típico, ou seja, em dias úteis);
- c) velocidade média comercial (velocidade de operação do sistema medida em km/h).

Deve-se ressaltar que houve a necessidade de se coletar duas variáveis de demanda uma vez que, dependendo do operador do sistema, apenas uma das duas opções (demanda anual ou diária) era disponibilizada. A fim de se padronizar este parâmetro, duas ações foram tomadas:

- a) busca na literatura por um fator de ajuste já existente;
- b) elaboração de um fator de ajuste através de séries de dados obtidas através de operadores de sistemas.

Segundo o Relatório Geral 2010 da Associação Nacional de Transportes Públicos (2011), esse fator seria equivalente a 300 dias úteis/ano. Embora não houvesse uma explicação teórica de como se tinha obtido este resultado, o mesmo foi aceito ao ratificá-lo com dados de

operadores latino-americanos como o metrô de São Paulo (296,01 dias úteis/ano – anexo A), o Trensurb e o sistema de ônibus de Porto Alegre (298,8 dias úteis/ano – anexo B; e 301,75 dias úteis/ano (PINTO, 2012) respectivamente) e o Transmilenio de Bogotá o qual também opera com um fator de equivalência de 300 dias úteis/ano (informação verbal). Contudo, para as cidades localizadas em outros continentes, foi utilizado o valor de 310 dias úteis/ano como fator de conversão, tendo como base os resultados obtidos através da análise da demanda do metrô de Nova Iorque e de Londres (maiores detalhes, consultar o apêndice B e anexos C e D).

5.3 COLETA DE DADOS

Os procedimentos e os problemas encontrados durante o levantamento dos dados são abordados nesta seção.

5.3.1 Procedimentos adotados

Como previamente comentado no item 2.6 do trabalho (delineamento), o primeiro procedimento adotado, após a definição das variáveis, foi a elaboração de uma planilha para a tabulação dos dados (figura 23). A mesma foi desenvolvida no *software* Microsoft Office Excel e teve como principal intuito promover uma fácil manipulação das informações coletadas.

Figura 23 – Planilha de armazenamento de dados

METRÔ				
Cidade	Londres	Nova Iorque	Moscou	Tóquio
Pop metro				
Área metro				
Dens metro				
Extensão				
Demanda/ano				
Demanda/dia				
Velocidade				
Nº Estações				
Est, dc				
Nº Linhas				

(fonte: elaborado pelo autor)

Posteriormente, teve início a coleta de dados, a qual foi realizada majoritariamente através de contatos com as agências reguladoras e com os operadores do sistema. Deve-se ressaltar que a Internet apenas foi utilizada para a obtenção das informações quando o contato com os órgãos gestores do sistema não tinha sucesso. Além disso, sempre se buscou duas fontes distintas a fim de garantir uma maior confiabilidade da informação encontrada.

Ainda acerca da coleta de dados, deve-se destacar que, durante a busca pelos mesmos, foram encontrados quatro confiáveis *websites* com informações, os quais foram utilizados como primeira opção caso o contato com as agências falhasse. Os mesmos são citados a seguir:

- a) *World Metro Database* (ROHDE, 2012);
- b) *Trams in France* (GRONECK, 2012);
- c) *Global BRT data* (EMBARQ, 2012);
- d) Fichas técnicas SIBRT (ASSOCIAÇÃO LATINO-AMERICANA DE SISTEMAS INTEGRADOS E BUS RAPID TRANSIT, 2012b).

5.3.2 Problemas enfrentados

O maior problema enfrentado durante a coleta de dados esteve relacionado ao contato direto com as agências e operadores. Visto que os sistemas analisados no estudo estão distribuídos entre diversos países, o maior empecilho foi a barreira de idiomas a qual dificultou as tentativas de contato. Embora o inglês seja, atualmente, uma língua universal, se supôs que os funcionários responsáveis pelos setores de atendimento ao cliente talvez não tivessem fluência no mesmo. Além disso, outro entrave enfrentado relacionado ao idioma é que, em muitas vezes, os *websites* estavam disponíveis apenas na língua local.

Por fim, o último problema durante o trabalho foi a não padronização dos dados a serem coletados. Isso ocorreu principalmente com o parâmetro demanda, conforme previamente mencionado (item 5.2.2), e com a velocidade média comercial, a qual, em muitos casos, era informada como a velocidade limite.

6 KEY PERFORMANCE INDICATORS: DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE

Segundo Randall et al. (2007), a utilização de KPI auxilia na identificação de sistemas que possuem ótimo desempenho em sua operação. Além disso, os mesmos ainda possibilitam um meio de comparação entre as *performances* dos sistemas através da utilização de *benchmarking*. Nesta seção, será abordado o desenvolvimento desses indicadores bem como sua análise.

6.1 DESENVOLVIMENTO

Tendo em vista os parâmetros aferidos, diversas combinações foram realizadas a fim de se obter KPI que tivessem coerência lógica e expressassem o desempenho dos sistemas de transporte público urbano abordados. Segundo Randall et al. (2007), esses indicadores devem ter como critério de escolha a sua abrangência, mas ao mesmo tempo devem ser concisos.

Randall et al. (2007) ainda destaca que escolher o denominador correto para a elaboração de KPI pode ser crucial para se conseguir realizar comparações. Dessa forma, no item posterior são expostas as análises obtidas no presente estudo, sendo apresentada no mínimo uma de cada variável coletada.

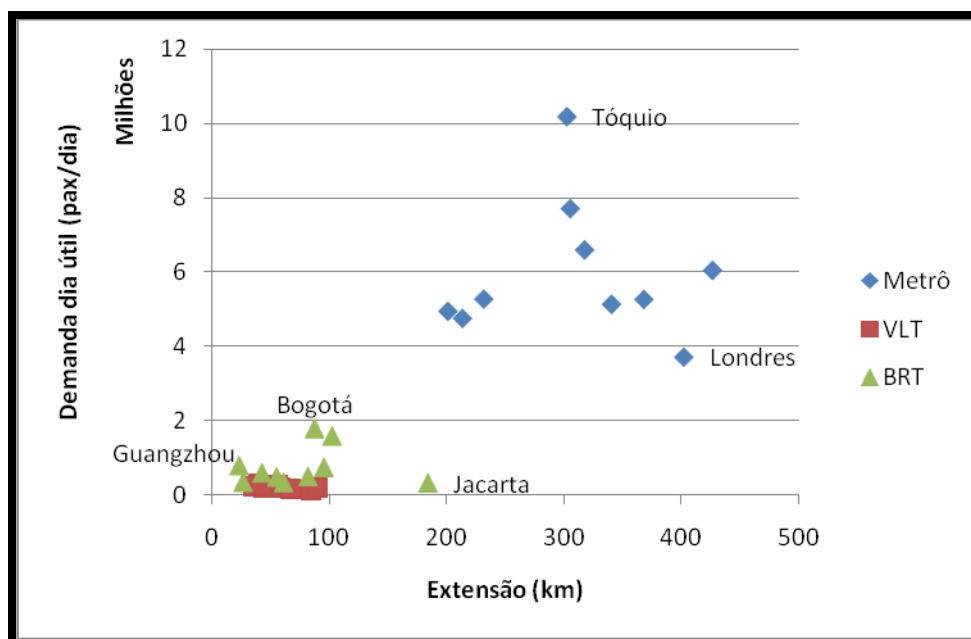
6.2 ANÁLISE

As análises realizadas tiveram como principal objetivo aferir a influência das características do sistema sobre a sua *performance*, ou seja, sobre a demanda e a velocidade média comercial efetuadas no mesmo, através da utilização de *benchmarking*. Para isso, esta seção foi dividida em três partes: a primeira abordando apreciações em relação à demanda diária (em dia útil); a segunda, em relação à velocidade média comercial; e, por fim, a terceira trazendo um gráfico final com a faixa de operação de cada sistema em relação a essas duas variáveis principais. Todos os dados utilizados para a obtenção destes parâmetros encontram-se no apêndice C do trabalho.

6.2.1 Demanda diária

Inicialmente, é apresentado, na figura 24, o gráfico comparando a demanda, referente a um dia útil (pax/dia), com a extensão dos sistemas abordados no estudo.

Figura 24 – Demanda diária (dia útil) *versus* extensão



(fonte: elaborado pelo autor)

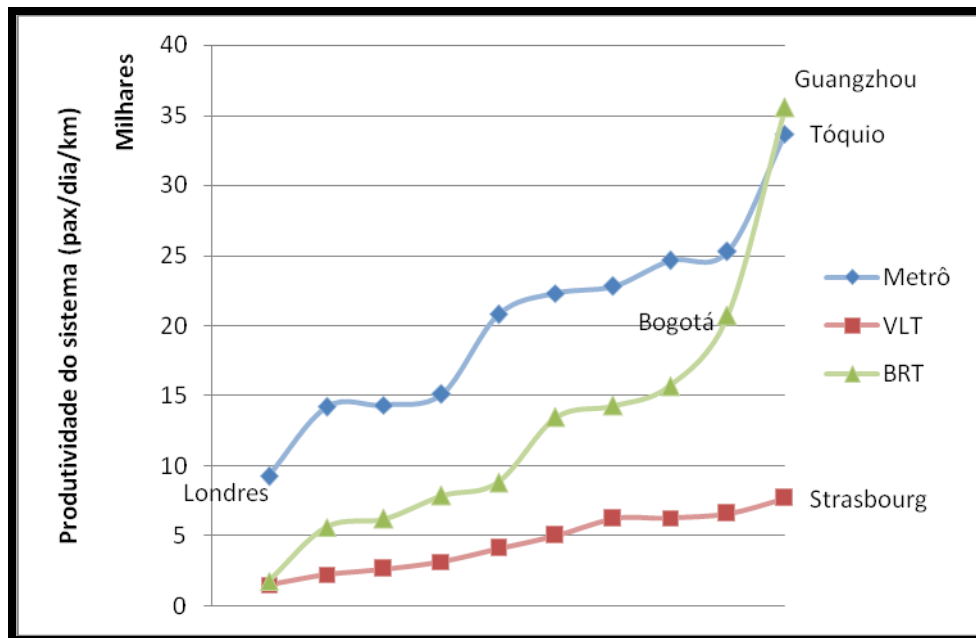
Neste gráfico, percebe-se que a demanda dos sistemas metroviários é muito superior a dos demais modais. Contudo essas redes também apresentam uma extensão maior que as outras, uma vez que datam do final do século XIX e, assim, maiores investimentos foram aplicados ao longo dos anos, enquanto o VLT e o BRT surgiram em meados da década de 70. Considerando isso, decidiu-se por plotar um gráfico que avaliasse a produtividade da rede, ou seja, comparasse quantos passageiros são atendidos por quilômetro (figura 25).

Para facilitar a visualização da figura, optou-se por, além de apresentar os pontos em ordem crescente, traçar-se uma linha que unisse os mesmos, a fim de possibilitar o discernimento das faixas de operação de cada modal com maior clareza. Observando o gráfico, nota-se uma nítida diferença entre a *performance* de cada modal, sendo o metrô o que apresenta o melhor desempenho. Entretanto, no último ponto, o mesmo é superado pelo BRT de Guangzhou. Algumas observações se fazem necessárias sobre este resultado obtido:

- a) o sistema de Guangzhou possui apenas 22,5 quilômetros de extensão e é reconhecido como o BRT de maior produtividade do mundo, segundo Hidalgo e Muñoz (2011);
- b) alguns sistemas de metrô com menor extensão, os quais não foram contemplados no trabalho, possuem produtividades superiores a de Tóquio, como, por exemplo, o da cidade de São Paulo com 44,5 mil pax/dia/km.

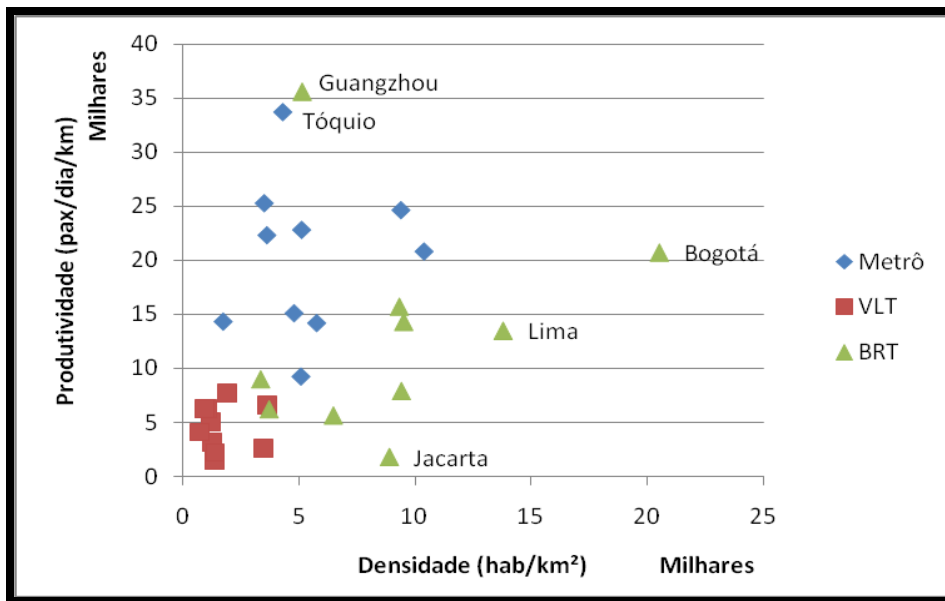
Portanto, esse aumento da produtividade constatado é esperado, haja vista que quanto menor for a extensão do sistema, mais provável é que a rede somente cubra os corredores mais carregados da cidade e, dessa forma, possua uma maior produtividade.

Figura 25 – Produtividade dos sistemas analisados



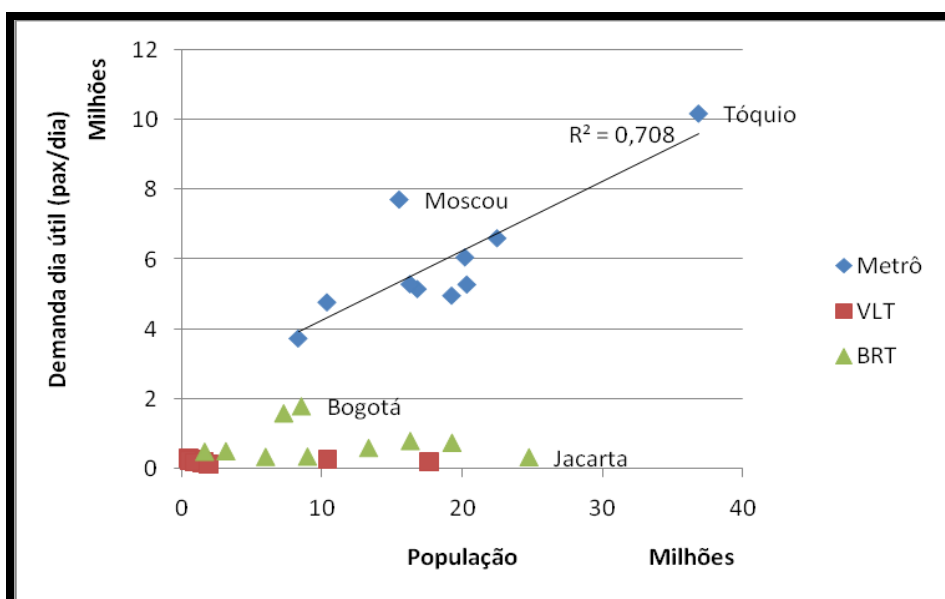
(fonte: elaborado pelo autor)

Realizada esta normalização da demanda, expressa pelo parâmetro produtividade, outro gráfico foi elaborado comparando-a com a densidade populacional das cidades (figura 26). Embora se possa notar um aumento da produtividade à medida que a densidade cresce (com exceção do sistema de Jacarta), percebe-se que, para o modal metroviário, um pequeno aumento desta última acarreta ganhos mais acentuados em termos de produtividade do que nos demais modais. Entretanto, uma análise mais criteriosa deve ser feita, haja vista o fato de a densidade populacional da região metropolitana não representar a do em torno do corredor de transporte público a qual pode ser muito maior tendo em vista uma possível realização de uma política de TOD na cidade.

Figura 26 – Produtividade *versus* densidade populacional

(fonte: elaborado pelo autor)

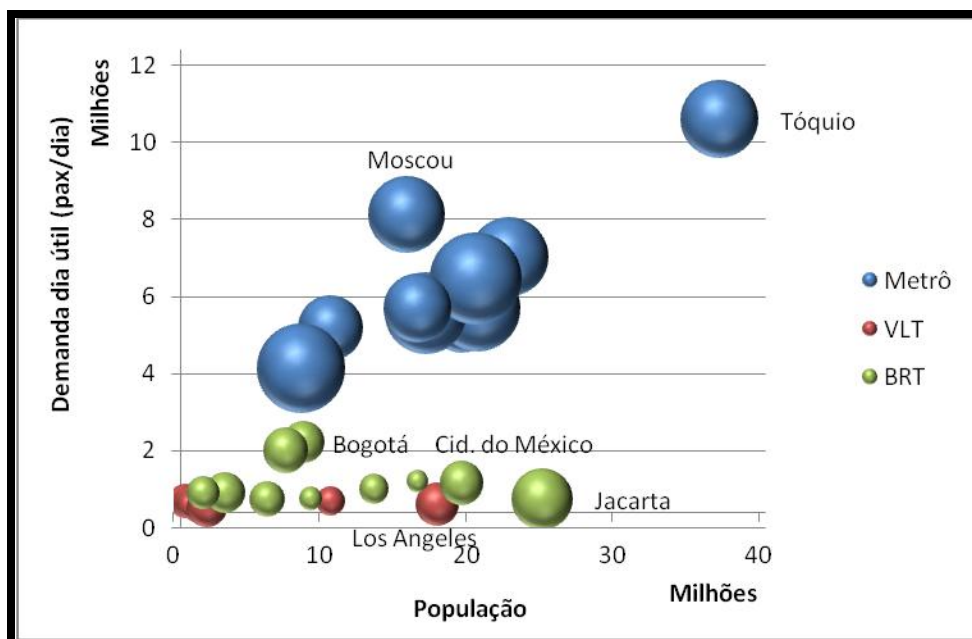
Além de comparar a demanda dos sistemas em termos de produtividade, também foram realizadas análises confrontando-a com a população. Inicialmente, fez-se uma correlação básica entre as duas variáveis (figura 27), contudo muito pouco pode ser inferido, já que apenas os sistemas metroviários pareciam, em um primeiro momento, apresentar algum tipo de relação de aumento linear da demanda com o crescimento da população, uma vez que possuem redes mais consolidadas que os demais (todos sistemas apresentam mais de 200 km).

Figura 27 – Demanda diária (dia útil) *versus* população

(fonte: elaborado pelo autor)

Tendo em vista isso, adicionou-se o parâmetro extensão na comparação (figura 28). De uma maneira geral, observou-se que essas três variáveis apresentam uma boa correlação, mas com algumas ressalvas como os sistemas BRT de Jacarta e da Cidade do México e o VLT de Los Angeles.

Figura 28 – Demanda diária *versus* população *versus* extensão



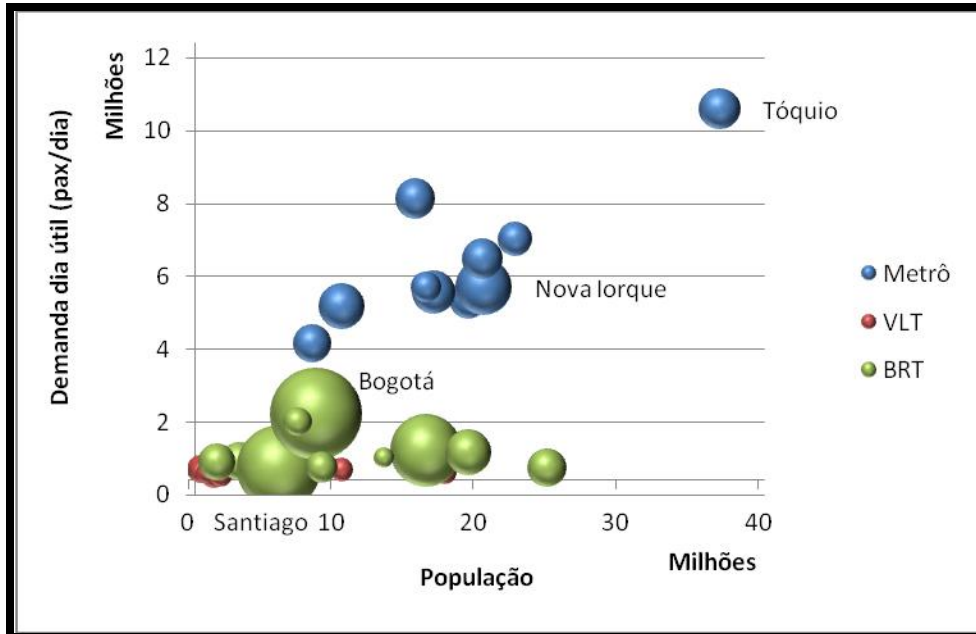
(fonte: elaborado pelo autor)

Outra correlação pressuposta foi com o número de linhas existentes no sistema (figura 29). Pode-se perceber, através do gráfico, que Bogotá, o qual entre os sistemas BRT apresenta o maior número de linhas (65), também detém o maior carregamento, contudo Santiago, com 55 linhas, possui um dos piores desempenhos observados. O mesmo ocorre com os outros modais, como, por exemplo, o metroviário (Nova Iorque/24 linhas; Tóquio/13 linhas). Portanto, nenhuma correlação pode ser inferida na análise conjunta destas variáveis.

Considerando a correlação observada na figura 28, utilizou-se o parâmetro demanda dia útil/população como variável fixa para a sua comparação com outras aferidas no estudo. Uma das análises realizadas foi em relação ao chamado índice de rede, que nada mais é do que a extensão do sistema dividido pela população da cidade a cada 100 mil habitantes (figura 30). Percebe-se, claramente, que quando maior este índice maior é o carregamento. O destaque deste gráfico deve-se aos sistemas VLT que apresentam o melhor desempenho, uma vez que

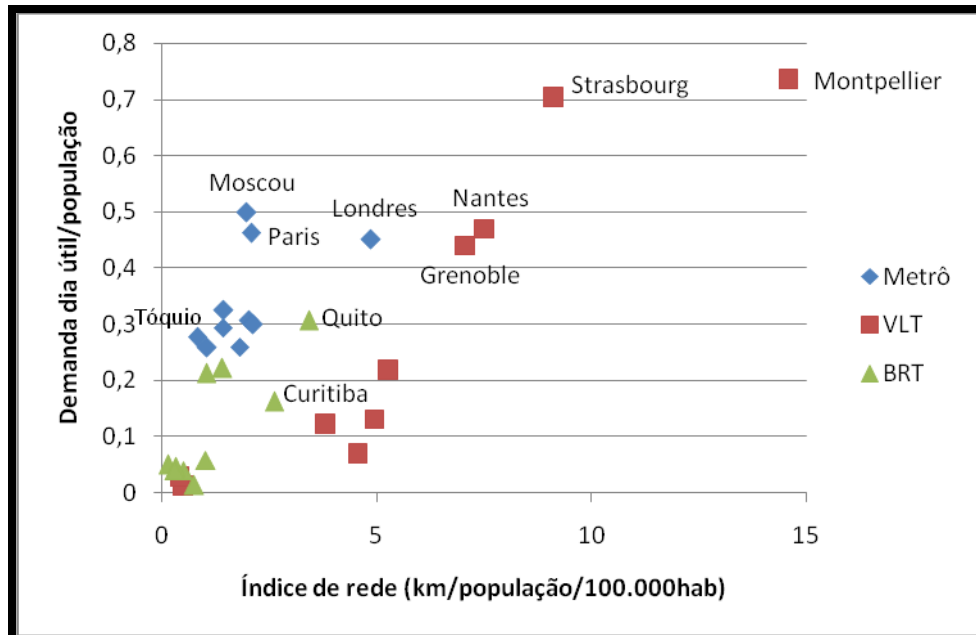
estão implantados em cidades de porte relativamente menor às outras analisadas e possuem extensões as quais garantem elevados índices de rede.

Figura 29 – Demanda diária *versus* população *versus* número de linhas



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 30 – Demanda diária *versus* índice de rede

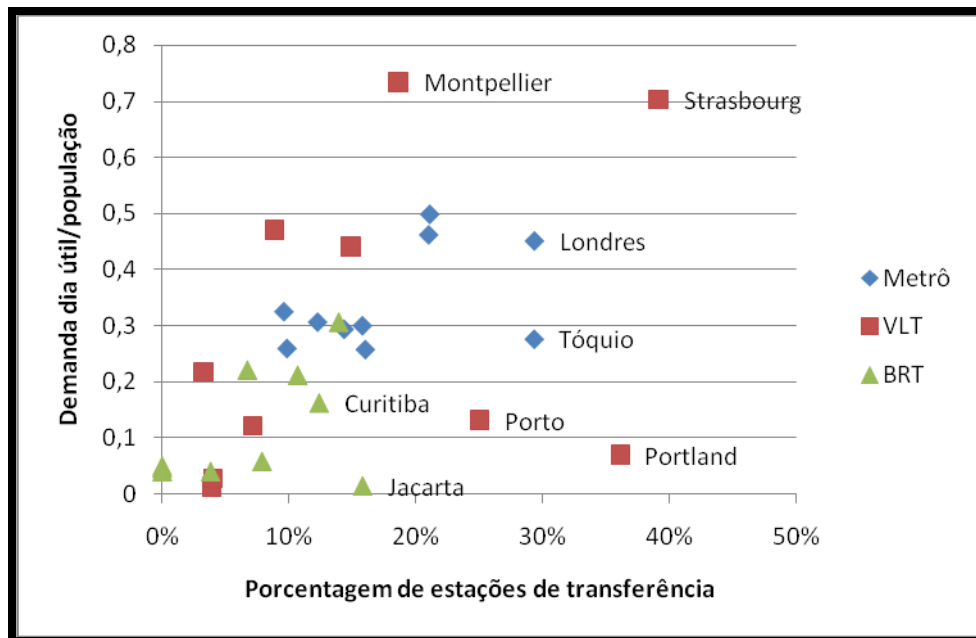


(fonte: elaborado pelo autor)

Este gráfico também permite inferir a importância de se prover uma vasta rede que vise a priorização do transporte coletivo a fim de que se atraia um maior número de usuários. Por exemplo, a cidade de Montpellier/França, a qual detém um índice de rede igual a 14,6 e possui uma população de 384 mil habitantes, transporta, apenas pelo modal VLT, 282 mil pessoas por dia útil. Tendo em vista que cada pessoa realiza, nos grandes centros urbanos, em média três viagens por dia (FRANÇA, 2010), o carregamento desses 56 quilômetros de VLT equivalem a 25% de todos os deslocamentos diários realizados na cidade, percentual superior a muitos obtidos por extensas malhas metroviárias de grandes cidades.

Outra correlação que se tentou estabelecer foi uma associação entre a demanda dia útil/população e a porcentagem de estações que permitissem transferência para outras linhas (figura 31). Com a exceção dos sistemas de Jacarta, Porto, Portland e talvez Tóquio, pode-se observar uma relação entre essas três variáveis, onde o aumento da possibilidade de transferências, agregado a uma boa oferta de rede, expresso pelo índice de rede, acarreta o aumento da demanda pelo transporte coletivo.

Figura 31 – Demanda diária *versus* estações de transferência

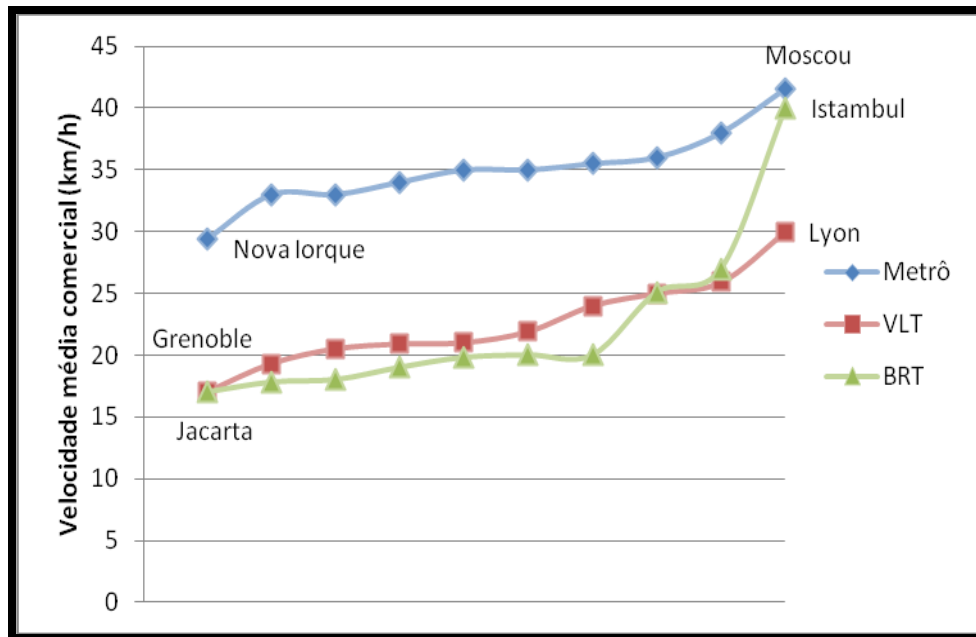


(fonte: elaborado pelo autor)

6.2.2 Velocidade média comercial

Com o intuito de comparar as velocidades médias comerciais desenvolvidas nos sistemas analisados no trabalho, primeiramente, na figura 32, é apresentado um gráfico com a sua plotagem simples em ordem crescente.

Figura 32 – Velocidade média comercial dos sistemas analisados



(fonte: elaborado pelo autor)

Pode-se observar que, majoritariamente, a velocidade média desenvolvida pelos sistemas metroviários é bem superior a dos outros modais, sendo em torno de 35 km/h, enquanto a do VLT e do BRT são 22,5 km/h e 22,4 km/h respectivamente. Isso se deve, principalmente, ao fato do metrô trafegar em faixas exclusivas, conforme abordado na seção 3.3.4.3.

Embora a velocidade média dos sistemas BRT analisados seja de 22,4 km/h, dentro da faixa relatada por Pereira (2011), em Istambul alcança 40 km/h. Isso ocorre, pois este sistema também possui dedicação exclusiva de suas faixas (fluxo interrompido apenas para embarque/desembarque). Outros corredores com a mesma característica são: Expresso Tiradentes/São Paulo (35,9 km/h¹¹ – figura 33) e Martin Luther King (40,1 km/h¹²), localizado em Pittsburgh/EUA.

¹¹ Fonte: EMBARQ, 2012

¹² Idem

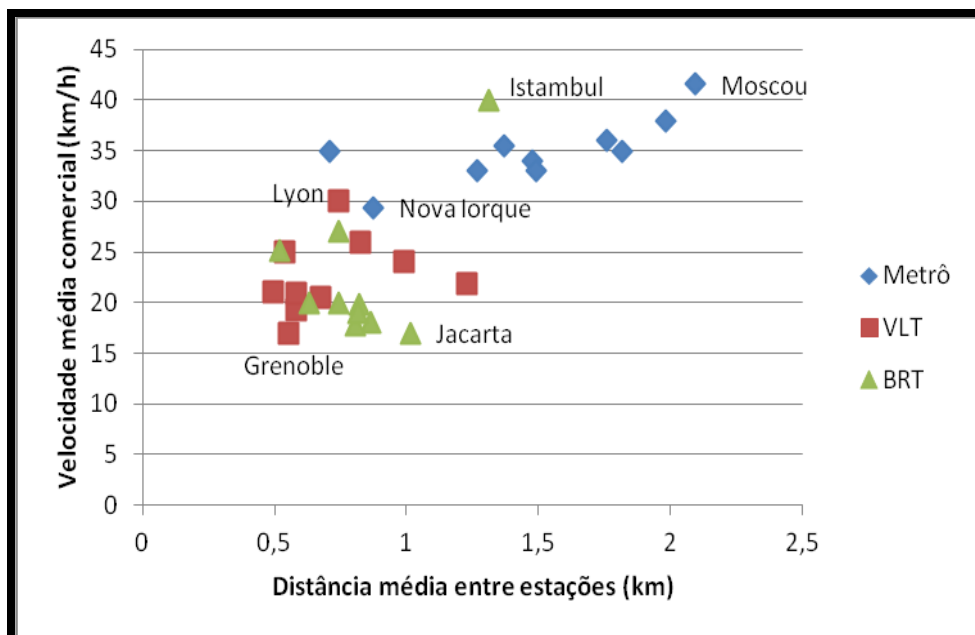
Entretanto, a velocidade comercial média desenvolvida pelos sistemas também depende de outros fatores. Dessa forma, comparou-se este critério com a distância média entre as estações (figura 34).

Figura 33 – Expresso Tiradentes/São Paulo



(fonte: PANHOTA, 2010)

Figura 34 – Velocidade média comercial *versus* distância média entre estações



(fonte: elaborado pelo autor)

Percebe-se pelo gráfico que os sistemas de Istambul e Moscou os quais apresentam as maiores velocidades médias comerciais também possuem o maior espaçamento entre as estações. Esse resultado era esperado, uma vez que quanto maior a distância entre elas, por mais tempo desenvolve-se a velocidade de cruzeiro, que nada mais é do que a velocidade máxima permitida. Da mesma maneira, os sistemas de Nova Iorque e Grenoble, os quais possuem uma das menores distâncias média entre estações, são os que apresentam menor velocidade média comercial. Entretanto o sistema de Jacarta, com espaçamento médio de um quilômetro, possui a menor velocidade dos sistemas BRT. Possíveis motivos para isso são uma alta frequência nos corredores associado à inexistência de faixas de ultrapassagem, a qual resultaria em extensos congestionamentos conforme já mostrado na figura 8 do trabalho, ou também o mal dimensionamento das baias das estações para comportar a quantidade de ônibus. Outro destaque cabível deve-se ao fato de os sistemas VLT apresentarem, normalmente, uma maior velocidade média comercial que os BRT mesmo quando possuem um espaçamento menor entre as estações.

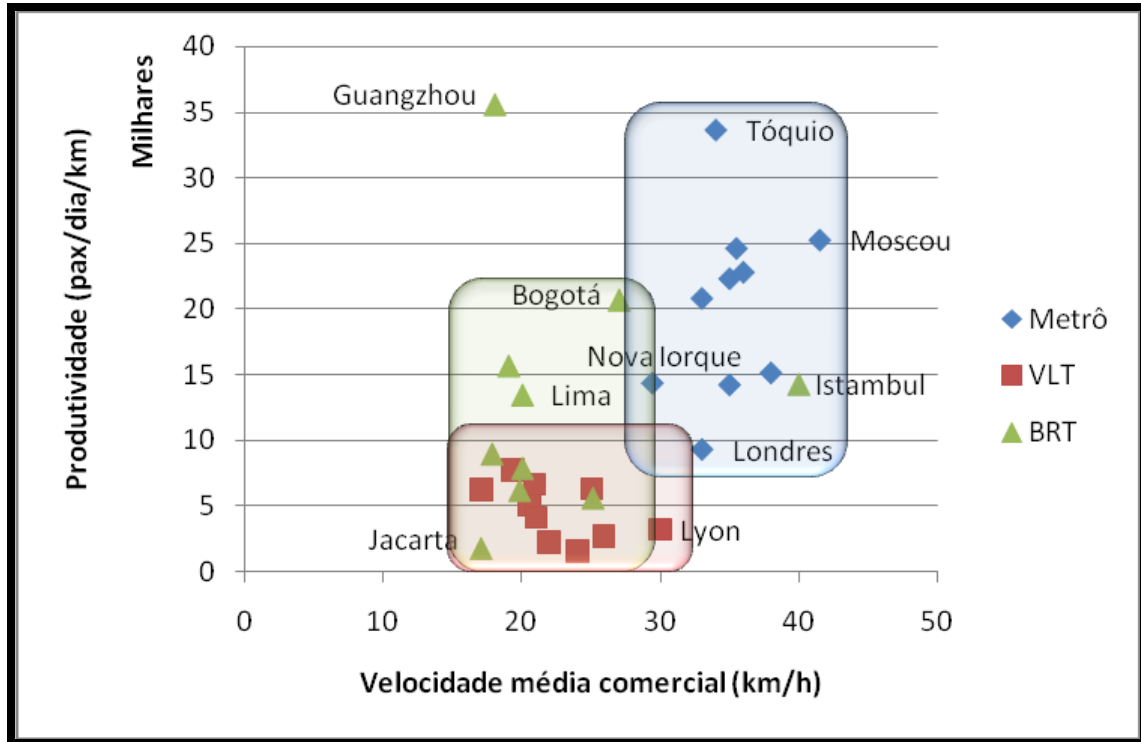
6.2.3 Faixa de operação dos sistemas analisados

Tendo como objetivo comparar as duas variáveis de *performance* analisadas no presente estudo (demanda dia útil e velocidade média comercial), elaborou-se o gráfico apresentado na figura 35. A escolha da normalização da demanda pela extensão do sistema (produtividade), ao invés da população da cidade, teve como critério de decisão o fato de a última não apresentar correlação direta com a velocidade comercial, uma vez que apenas representa a atração de usuários ao sistema. É inegável que um bom nível de serviço, expresso pela velocidade comercial, também seja um dos critérios de escolha adotados pelos usuários para a utilização ou não do transporte coletivo, visto que quanto maior esta for menor será o tempo de percurso, entretanto outros fatores como preço da tarifa, ocupação dos veículos (conforto) e sua frequência (a qual influencia diretamente no tempo de espera nas estações) tem um peso maior nesta escolha. Estas conclusões aqui inferidas também são relatadas por Santos (2010).

Analisando-se o gráfico, pode-se observar, nitidamente, a disposição dos grupos de cada modal (ou *clusters*). Dessa forma, percebe-se que os sistemas metroviários possuem o melhor desempenho em relação aos demais tanto em termos de produtividade, a qual varia de 9.278 pax/dia/km (Londres) a 33.674 pax/dia/km (Tóquio), quanto em relação à velocidade comercial (29,4 km/h (Nova Iorque) a 41,55 km/km (Moscou)). Já os sistemas VLT possuem

o pior desempenho, com a produtividade variando entre 1.506 pax/dia/km (Portland) a 7.692 pax/dia/km (Strasbourg) e a velocidade média comercial entre 17 km/h (Grenoble) e 30 km/h (Lyon).

Figura 35 – Produtividade *versus* velocidade média comercial



(fonte: elaborado pelo autor)

Por fim, os sistemas BRT, contemplados dentro do *cluster*, possuem uma *performance* equivalente ou superior a dos VLT, principalmente quando são ditos *full* (como os casos de Bogotá e Lima), ou seja, quando possuem todas as características citadas anteriormente no quadro 1 deste trabalho. Feita esta observação, pode-se inferir pelo gráfico que os sistemas BRT operam, majoritariamente, com uma produtividade entre 1.793 pax/dia/km (Jacarta) e 20.689 pax/dia/km (Bogotá) e com uma velocidade média comercial variando de 17 km/h (Jacarta) a 27 km/h (Bogotá).

Contudo, existem dois pontos destoantes os quais apresentam *performance* equivalente a dos sistemas metroviários. Em termos de produtividade, Guangzhou, com 35.555 pax/dia/km, apresenta um valor maior que o de Tóquio, entretanto perde muito em termos de velocidade comercial (18 km/h). Já em relação à velocidade média comercial, Istambul, com 40 km/h, detém o segundo melhor desempenho, atrás apenas de Moscou, isso ocorre, pois este sistema

possui dedicação exclusiva das faixas da mesma forma que os metrô. Essa característica também está presente em alguns outros sistemas BRT conforme mencionado anteriormente e apresentado na figura 33, na qual é mostrada uma foto do Expresso Tiradentes/São Paulo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o término das análises, algumas considerações sobre o trabalho ainda são cabíveis. Este estudo, ao promover a comparação, através da ferramenta de *benchmarking*, de dez sistemas de cada modal de transporte público urbano (metrô, VLT e BRT), os quais tiveram como critério de escolha seu carregamento anual de passageiros, buscou avaliar a *performance* em que cada um opera ao correlacionar os parâmetros demanda dia útil e velocidade média comercial com os demais abordados.

Dessa forma, ficou evidente que o sistema metroviário, na ampla maioria dos casos, possui um desempenho superior aos demais modais estudados em todos os aspectos, existindo apenas pequenas faixas de sobreposição nas quais sua *performance* também é igualada. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, constatou-se que, em alguns casos, o BRT atinge os mesmos níveis de desempenho:

- a) o sistema BRT de Guangzhou, quanto à produtividade, é, ligeiramente, superior ao de metrô de Tóquio, contudo ao avaliar conjuntamente a velocidade média comercial desempenhada nos dois sistemas, percebe-se que o metrô possui uma velocidade superior ao dobro da apresentada em Guangzhou. Isto, provavelmente, é consequência direta da diminuição do *headway* para comportar tal nível de produtividade no BRT;
- b) o sistema BRT de Istambul atinge níveis semelhantes ao melhor desempenho, em termos de velocidade média comercial, apresentado pelos metrôs (Moscou). Dessa forma, fica evidente que, ao se operar o BRT no mesmo nível de dedicação viária que o metrô, ou seja, exclusiva, também se pode atingir uma *performance* equivalente em relação à velocidade e ainda se apresentar um espaçamento menor entre as estações.

Outras importantes considerações observadas estão a cargo da execução de ações que busquem o desenvolvimento urbano sustentável através da aplicação de TOD, uma vez que foi provada que maiores densidades populacionais possuem uma relação direta com a atração de usuários ao sistema. Dessa forma, percebe-se que a adoção de políticas que visem estabelecer critérios para o uso do solo são de extrema importância na escolha do meio de transporte adotado pelas pessoas. Outro fator observado que também tem forte influência nisso é a existência de maiores índices de rede obtidos através da priorização do transporte público em detrimento do particular.

Também se constatou que o número de linhas existentes nos sistemas não necessariamente implica um aumento da atração de usuários ou da produtividade da rede, principalmente acerca dos BRT. Um provável motivo para isso deve-se a maior flexibilidade proporcionada pelo sistema de ônibus a qual pode levar a uma errônea execução da racionalização das linhas, não sendo eliminadas algumas que apresentam desempenhos não satisfatórios devido a facilidade de alocação da frota, diferentemente dos sistemas sobre trilhos nos quais cada corredor, majoritariamente é operado por uma linha.

Ainda sobre os BRT, observou-se que o sistema de Jacarta, em todas as análises realizadas, demonstra um desempenho aquém dos demais. Uma hipótese para isso é que talvez o mesmo possua características mais semelhantes a corredores de ônibus, como os da cidade de Porto Alegre, do que a BRT. Portanto constata-se o erro em sua seleção e sugere-se que o mesmo seja trocado pelos sistemas de Cali/Colômbia ou Guayaquil/Equador os quais eram os seguintes a serem incluídos no estudo seguindo o critério da demanda anual.

Mesmo tendo sido possível a realização de diversas análises com as variáveis coletadas, alguns parâmetros não abordados, como viagens/habitante/dia ou frequência, foram julgados interessantes para a comparação dos sistemas. Portanto, além desta ideia para trabalhos futuros, também é sugerida a comparação em termos financeiros de cada um dos sistemas ou um estudo de caso com alguma das cidades analisadas.

Por fim, embora o trabalho tivesse como intuito inferir, em determinadas condições, por qual modal optar, é imprescindível ressaltar que, mais do que esta correta escolha, defende-se que apenas a existência de redes integradas de transporte público urbanos e não motorizados poderá amenizar a presente situação da mobilidade urbana. Só assim será possível cativar os usuários de automóveis a utilizarem outros meios para se deslocar. Cabe aqui uma frase dita por Enrique Peñalosa, ex-prefeito de Bogotá, durante uma palestra no Rio+20 “Uma boa cidade não é aquela onde os pobres andam de carro, mas sim aquela onde até os mais ricos usam o transporte público.”.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, L. C. G. de. **Organização, sistemas e métodos** e as tecnologias de gestão organizacional. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

ASSOCIAÇÃO LATINO-AMERICANA DE SISTEMAS INTEGRADOS E BUS RAPID TRANSIT. **[Informações gerais]**. Disponível em: <<http://www.sibrtonline.org/pt/>>. Acesso em: 6 jun. 2012a.

_____. **Fichas técnicas**. Disponível em: <<http://www.sibrtonline.org/fichas-tecnicas/>>. Acesso em: 27 out. 2012b.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. **Avaliação comparativa das modalidades de transporte público urbano**. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.ntu.org.br/novosite/arquivos/AvaliacaoComparativa_web_semcapa.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2012.

_____. **Conceitos e elementos de custos de sistemas BRT**. Brasília, 2010. Relatório técnico.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana**. Brasília, 2011. Relatório geral 2010. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/78380903/Relatorio-Geral-2010>>. Acesso em: 23 out. 2012.

AYRES, J. M. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <gpetzhold@embarqbrasil.org> em 18 out. 2012.

BENNET, S. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <g.petzhold@gmail.com> em 22 ago. 2012.

BERLINER VERKEHRSBETRIEBE. **Berlin profiles**. Berlin, 2008. Disponível em: <<http://www.bvg.de/index.php/en/17175/name/Not+exactly+a+village.html>>. Acesso em: 4 jun. 2012.

CAMP, R. C. **Benchmarking: o caminho da qualidade total**. 3. ed.. São Paulo: Pioneira, 2002.

COMMUNITY OF METROS. **[Informações gerais]**. Disponível em: <<http://www.comet-metros.org/Welcome.do;jsessionid=B6EA452547F399EA44783D23FB77EFB6>>. Acesso em: 6 jun. 2012.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. **Informações sobre a demanda**. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br/metro/numeros-pesquisa/demanda.aspx>>. Acesso em 23 dez. 2012.

DEMOGRAPHIA. **Demographia world urban areas** (world agglomerations). 8th ed. Belleville: Demographia, 2012. Disponível em: <<http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. [**Frota veicular brasileira**]. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 7 abr. 2012.

DERNERY JR., L. W.; SETTY, M. D. **Rail transit systems worldwide: traffic density & related statistics**. Vallejo: publictransit.us, 2008. Special Report n. 7. Disponível em: <<http://www.publictransit.us/ptlibrary/trafficedensity/sr7.trafficedensity.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2012.

EMBARQ. **Bus rapid transit benchmarking and management indicator program**. Washington, 2007.

_____. **Modernizing public transportation: lessons learned from major bus improvements in Latin America and Asia**. Washington, 2010. Disponível em: <<http://www.embarq.org/en/modernizing-public-transportation>>. Acesso em: 1 jun. 2012.

_____. **From here to there: a creative guide to making public transport the way to go**. Washington, 2011. Disponível em: <<http://www.embarq.org/en/from-here-there-a-creative-guide-making-public-transport-way-go>>. Acesso em: 1 jun. 2012.

_____. **Global BRT data**. Washington, 2012. Disponível em: <<http://www.brtdata.org/>>. Acesso em: 27 out. 2012.

FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION. **Characteristics of bus rapid transit for decision-making**. Washington, 2009. Disponível em: <<http://www.nbrti.org/CBRT.html>>. Acesso em: 7 abr. 2012.

FRANCE. Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement. **La mobilité des Français**, panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008. Paris, 2010. Disponível em: <<http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Rev3.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2012.

_____. Ministério da Ecologia, do Desenvolvimento sustentável, e da Energia. **O renascimento do VLT na França**. [S. l.], 2012.

GRONECK, C. **Trams-in-France**. Bonn, 2012. Disponível em: <<http://www.trams-in-france.net/>>. Acesso em: 27 out. 2012.

HAUBTMANN, F. [**Tram Strasbourg**]. Strasbourg, ([2009?]). Disponível em: <<http://haubtmann-photo.fr/displayimage.php?album=74&pos=15>>. Acesso em: 10 out. 2012.

HIDALGO, D., MUÑOZ, J. C. Bus rapid transit in permanent evolution. In: THE VOLVO RESEARCH AND EDUCATION FOUNDATIONS. **Ten years with the future urban transport programme**. Göteborg, 2011. p. 102-113.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF PUBLIC TRANSPORT. **Transporte público: a solução verde e inteligente**. Brussels: ([2009?]). Não paginado.

INTERNATIONAL BUS BENCHMARKING GROUP. [**Informações gerais**]. Disponível em: <<http://www.busbenchmarking.org/Welcome.do;jsessionid=E621AF8662643466D1699E75CB11C151>>. Acesso em: 6 jun. 2012.

- LINDAU, L. A. Desafios da mobilidade urbana de Porto Alegre. In: TORRES, J. C. B.; BELTRAND, M. V. de. (Org.). **Porto Alegre, uma visão de futuro**: ciclo de eventos sobre o futuro da Cidade realizado em 2008. Porto Alegre: Câmara Municipal de Porto Alegre, 2009. p. 43-87.
- MELLO, J. C. **Planejamento dos transportes urbanos**. Rio de Janeiro: Campus, 1981.
- MERCER. **Direitos a férias trabalhistas ao redor do globo**. [S. l.], 2012. Disponível em: <<http://m.mercer.com.br/press-releases/1451075?detail=D>>. Acesso em: 27 out. 2012.
- METROPOLITAN TRANSPORTATION AGENCY. **Subway ridership at a glance**. Disponível em: <<http://www.mta.info/nyct/facts/ridership/>>. Acesso em: 23 dez. 2012.
- MOHAN, D. **Mythologies, metros & future urban transport**. New Delhi: Transportation Research and Injury Prevention Programme, Indian Institute of Technology Delhi, 2008. Disponível em: <<http://tripp.iitd.ernet.in/delhibrts/metro/Metro/Metro%20Mythology08.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2012.
- OLIVA, A. M. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <gpetzhold@embarqbrasil.org> em 21 jun. 2012.
- PANHOTA, D. **Expresso Tiradentes**. Disponível em: <<http://douglaspands.com/2010/05/01/ponto-de-vista-expresso-tiradentes/>>. Acesso em: 16 nov. 2012.
- PEREIRA, B. M. **Avaliação do desempenho de configurações físicas e operacionais de sistemas BRT**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- PINTO, A. B. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <gpetzhold@embarqbrasil.org> em 27 nov. 2012.
- RANDALL, E. R.; CONDRY, B. J.; TROMPET, M. International bus system benchmarking: performance measurement development, challenges, and lessons learned. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 86th, 2007, Washington. **Compendium of papers...** Washington: Transportation Research Board, 2007. Não paginado. 1 CD-ROM.
- RIO DE JANEIRO (Cidade). CIDADE OLÍMPICA. **Transoeste** – Aerial images. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.cidadeolimpica.com/en/transoeste-2/>>. Acesso em 3 out. 2012.
- ROHDE, M. **World metro database**. [S. l.], 2012. Disponível em: <<http://micro.com/metro/table.html>>. Acesso em: 27 out. 2012.
- SANTOS, P. M. dos. **A percepção da importância dos atributos do transporte coletivo**. 2010. 77 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- SPENDOLINI, M. J. **The benchmarking book**. New York: Amacom, 1992.

TAPLIN, M. 136 new tramways in three decades... and 50 more on the way. **Tramways & Urban Transit**: the international light rail magazine, Peterborough, n. 866, p. 62-66, Feb. 2010. Disponível em:

<http://www.applrguk.co.uk/files/lrta%20erg%20three%20decades%20of%20lrt%20%20-%20web%20site.pdf>>. Acesso em: 6 out. 2012.

UPTON, K. How do they do that? Create Metro's award-winning marketing and graphic design. **The source**: transportation news & views. Los Angeles, não paginado, 2 Apr. 2012. Disponível em: <<http://thesource.metro.net/2012/04/02/how-do-they-do-that-create-metros-award-winning-marketing-and-graphic-design/#comments>>. Acesso em: 4 jun. 2012.

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento**: reflexões e propostas. São Paulo: Annablume, 2002.

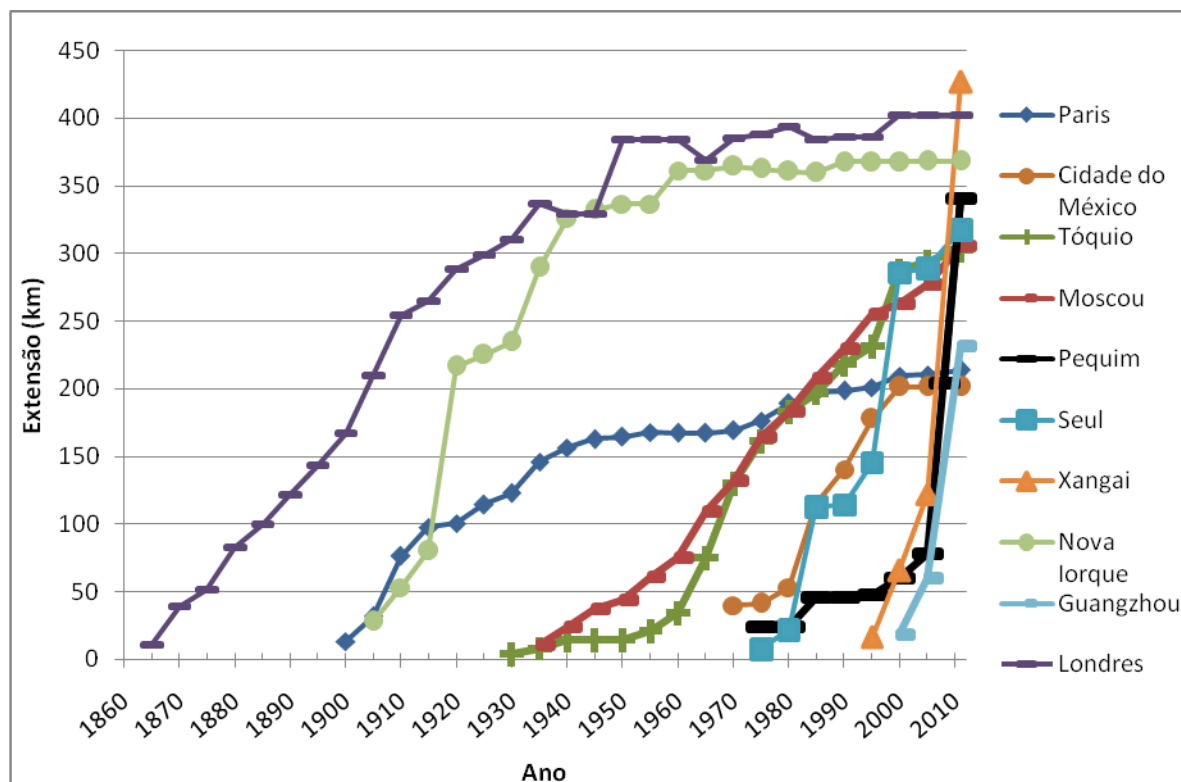
VIA QUATRO. [**Sistema metroviário**]. Disponível em: <<http://www.viaquatro.com.br/imprensa/banco-imagens/>>. Acesso em: 6 jun. 2012.

VUCHIC, V. R. **Urban transit**: systems and technology. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.

WHITE, P. **Public Transport**: its planning, management and operation. 2nd ed. London: Hutchinson, 1986.

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

**APÊNDICE A – Evolução da extensão dos sistemas metroviários abordados
no estudo**



(fonte: elaborado pelo autor)

Analisando-se o gráfico, percebe-se que a evolução dos sistemas de metrô englobados no estudo sofreram, majoritariamente, fortes expansões em curtos períodos de tempo, principalmente os iniciados antes do século XIX e os localizados na China. Também se pode notar que o *crash* da bolsa de valores de Nova Iorque, em 1929, resultou a alavancagem de investimentos na área, visto que a construção civil era extremamente benéfica para reverter o quadro de crise, pois gerava diversos empregos. Outro fator que pode ser observado é em relação ao período posterior a 2ª guerra mundial, a qual acarretou uma frenagem na expansão dos sistemas, principalmente o de Tóquio que apenas voltou a crescer de forma significativa em 1960. Por fim, outra análise relevante deste gráfico é a tendência desses sistemas a atingirem um patamar em torno de 300 quilômetros e pararem de se expandir nesse ponto. Diversos são os fatores que podem resultar isso, entretanto, para correlações mais precisas acerca disso, um estudo mais detalhado é necessário.

APÊNDICE B – Cálculo do fator de conversão de demanda

Através de contatos com a Transport of London (TfL), a qual, entre outras atribuições, é responsável pelo gerenciamento do metrô da cidade, obteve-se uma série de dados de demanda de 1997 a 2012 (BENNET, 2012). Essas informações foram fornecidas em um arquivo Excel e contavam com diversas variáveis, sendo uma matriz 219 x 5088, conforme mostra o exemplo do anexo C. Abaixo, é apresentado um quadro resumo elaborado pelo autor.

Ano	Dias	Demanda anual	Demanda diária média dias úteis	Dias úteis	Fator
2000	364	808.557.414	2.600.916	252	310,87
2001	364	842.356.022	2.725.490	251	309,07
2002	364	809.074.547	2.621.042	251	308,68
2003	364	823.676.603	2.651.383	252	310,66
2004	364	892.632.593	2.874.869	251	310,50
2005	371	915.042.818	2.885.560	258	317,11
2006	364	992.670.301	3.195.741	249	310,62
2007	364	1.069.694.234	3.434.928	250	311,42
2008	364	1.102.971.213	3.518.989	254	313,43
2009	364	1.075.431.791	3.467.662	248	310,13
2010	371	1.138.845.859	3.572.051	257	318,82
2011	364	1.170.703.781	3.731.454	251	313,74
Média					312,09

(fonte: baseado em BENNET, 2012)

Duas observações são importantes para a compreensão do mesmo:

- a) embora os dados fornecidos datassem de 1997, havia algumas lacunas nos primeiros anos que impossibilitaram a sua utilização;
- b) alguns anos possuem 371 dias, pois, por critérios da agência, o ano é dividido em 52 ou 53 semanas;
- c) os dias são divididos em quatro distintas categorias: úteis, sábados, domingos e feriados (quando ocorrem em dias úteis).

Considerando esses elementos e realizando-se as manipulações necessárias, chegou-se a um fator de equivalência de 312,09 dias úteis/ano. Optou-se por utilizar uma média simples, pois, a utilização de um desvio padrão causava uma grande variação nos valores.

Além disso, foram obtidos os dados de demanda do metrô de Nova Iorque, os quais podem ser visualizados no anexo D. Considerando a série de 5 anos fornecida, inferiu-se que o fator de equivalência para o sistema da cidade é de 310,54 dias úteis/ano, sendo praticamente constante ao longo do período analisado.

Portanto, tendo em vista as duas séries de dados analisadas, sua aplicabilidade, aos demais países de fora da América Latina, foi julgada pertinente devido a três motivos:

- a) segundo Vasconcellos (2002), em economias em desenvolvimento as pessoas que moram em cidades realizam, em média, dois deslocamento por dia, apenas a metade em relação ao feito pela população de países desenvolvidos. Conforme Mohan (2008), isso ocorre, pois, à medida que o capital da população aumenta, surgem as chamadas viagens opcionais decorrentes da possibilidade de um maior consumo. Tendo em vista isso, existe uma maior probabilidade da realização desse tipo de viagem aos finais de semana;
- b) conforme um estudo realizado pela Mercer (2012), os países latino americanos são os que possuem, normalmente, um maior número de dias de descanso (férias e feriados nacionais), dessa forma, o número de viagens realizadas nos finais de semana tende a cair, em virtude de eventuais deslocamentos para outros municípios com propósitos de lazer. Um fator que corrobora isso é o maior poder econômico da população das grandes cidades o que possibilita a realizações de atividades de lazer com maior frequência;
- c) algumas cidades analisadas são polos turísticos e, conseqüentemente, a utilização do transporte público de forma intensa também ocorre aos finais de semana e feriados.

Além do valor obtido para Londres, obteve-se o fator de equivalência para o metrô de Nova Iorque no ano de 2011, o qual foi de 304,4 dias úteis/ano. Por isso adotou-se um valor de conversão intermediário aos dois inferidos igual a 310 dias úteis/ano.

APÊNDICE C – Base de dados utilizada para as análises

METRÔ										
Cidade	Paris	Cidade do México	Tóquio	Nova Iorque	Londres	Moscou	Seul	Pequim	Xangai	Guangzhou
Pop metro	10335000	19250000	36900000	20336000	8278000	15500000	22500000	16800000	20200000	16275000
Área metro	2845	2046	8547	11642	1623	4403	2163	3497	3497	3173
Dens metro	3633	9409	4317	1747	5100	3520	10402	4804	5776	5129
Extensão	213,73	201,39	302,6	368,05	402	305,5	317,6	340,5	426,4	231,9
Demanda/ano (bilhões)	1,479	1,487	3,16	1,64	1,171	2,392	2,048	1,595	1,88	1,64
Demanda/dia (milhões)	4,771	4,957	10,194	5,284	3,730	7,716	6,606	5,145	6,065	5,290
Velocidade	35	35,5	34	29,4	33	41,55	33	38	35	36
Nº Estações	301	147	205	422	270	146	251	172	235	132
Est, dc	381	175	290	468	382	185	293	196	279	146
Nº Linhas	16	11	13	24	11	12	9	14	12	7
0,310370931										
VLT										
Cidade	Strasbourg	Montpellier	Nantes	Grenoble	Lyon	Porto	Bordeaux	Portland	Los Angeles	Paris
Pop metro	427000	384000	585000	495000	1520000	1355000	830000	1850000	17600000	10335000
Área metro	222	311	539	513	1178	389	1137	1357	12561	2845
Dens metro	1923	1235	1085	965	1290	3483	730	1363	1401,2	3633
Extensão	39	56	44	35	58	67	43,9	84,3	89,7	41,5
Demanda/ano (milhões)	93	87,42	85,25	67,58	57	55	54,7	39,308	61,783	84,9
Demanda/dia (milhares)	300	282	275	218	183,9	177,4	180	126,8	199,3	273,9
Velocidade	19,3	20,5	25	17	30	25,9	21	24	21,9	20,9
Nº Estações	67	83	82	63	78	81	89	85	73	71
Est, dc	110	102	90	74	84	108	92	133	76	74
Nº Linhas	6	4	3	4	5	6	3	4	4	4

BRT										
Cidade	Guangzhou	Cidade do México	Curitiba	Santiago	Bogotá	Quito	Istambul	Teerã	Jakarta	Lima
Pop metro	16275000	19250000	3118000	5950000	8500000	1600000	13300000	7240000	24750000	8940000
Área metro	3173	2046	842	919	414	479	1399	777	2784	648
Dens metro	5129	9409	3703	6474	20531	3340	9507	9318	8890	13796
Extensão	22,5	95	81,4	60,5	87	55,7	42	102	184	26
Demanda/ano (milhões)	248	220	151,5	102,3	540	147,3	186	496	102,3	105
Demanda/dia (milhares)	800	750	505	341	1800	491	600	1600	330	350
Velocidade	18	20	19,8	25,1	27	17,8	40	19	17	20
Nº Estações	26	151	99	117	117	68	32	125	181	35
Est, dc	26	157	113	127	131	79	32	134	215	35
Nº Linhas	40	16	11	55	65	10	3	6	11	7

ANEXO A – Tabela de demanda anual do metrô de São Paulo

DEMANDA

INFORMAÇÕES SOBRE A DEMANDA

DEMANDA DE PASSAGEIROS POR LINHA - ANO: 2011

DEMANDA	Linha 1-Azul	Linha 2-Verde	Linha 3-Vermelha	Linha 5-Lilás	Rede
Total (Milhares)	291.204	121.409	335.713	63.332	811.657
Média dos dias úteis	982	428	1.119	213	2.742
Média dos Sábados	552	178	663	124	1.517
Média dos Domingos	307	96	379	63	845
Máxima Diária	1.094	537	1.261	262	3.148

(fonte: COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO, 2012)

Informações linha 4 – Amarela (OLIVA, 2012):

- a) demanda dia útil: 570 mil usuários (março 2012);
- b) demanda anual: 51,7 milhões de usuários (2011);
- c) velocidade média comercial: 40 km/h.

ANEXO B – Tabela de demanda anual do Trensurb de Porto Alegre

PASSAGEIROS TRANSPORTADOS 2011 - TRENSURB

2011	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL	MÉDIA(2011)	MÉDIA(2010)
Passageiros															
Transportados TOTAL	3.693.110	3.540.013	4.241.387	4.189.161	4.574.016	4.238.374	4.203.912	4.525.919	4.506.324	4.459.773	4.387.137	4.420.937	50.980.063	4.248.339	4.057.110
Passageiros Transportados - (MDU)	147.815	154.632	165.195	178.640	177.483	171.161	166.086	174.858	180.968	180.686	179.408	169.873	2.046.805	170.567	160.946

MDU 2011	Ranking	Jan/MDU	Fev/MDU	Mar/MDU	Abril/MDU	Mai/MDU	Jun/MDU	Jul/MDU	Agosto/MDU	Set/MDU	Out/MDU	Nov/MDU	Dez/MDU	Média anual
MERCADO	1*	24.721	25.664	27.142	29.912	29.242	28.522	27.585	28.048	30.303	30.480	30.432	29.415	28.456
CANGAS	2*	16.218	17.685	18.925	20.659	20.479	19.693	18.829	19.251	20.625	20.714	20.448	19.595	19.427
MATHIAS VELHO	3*	14.681	15.454	15.936	17.103	16.842	16.014	16.117	15.666	17.224	17.236	17.401	16.514	16.349
SAPUCAIA	4*	11.737	12.297	12.693	13.769	13.689	13.355	13.245	13.160	14.000	14.060	13.776	13.444	13.269
RODOVIARIA	5*	11.729	11.563	12.301	13.036	12.729	12.132	11.774	12.114	13.058	12.895	13.060	12.573	12.413
ESTEIO	6*	9.847	10.496	11.142	12.122	12.030	11.688	11.401	12.341	13.233	12.201	12.118	11.941	11.680
SÃO LEOPOLDO	7*	9.135	9.557	10.239	11.245	11.210	10.857	10.457	11.354	11.567	11.458	11.556	10.332	10.714
NITERÓI	8*	9.019	9.463	10.256	10.760	10.723	10.482	10.240	10.123	10.902	11.027	10.962	10.347	10.359
FARRAPOS	9*	8.959	9.382	9.763	10.321	10.529	10.187	9.971	10.224	10.758	10.834	10.779	10.032	10.145
SÃO LUIS	10*	5.570	5.799	6.636	7.373	7.520	7.070	6.604	6.858	7.139	7.091	6.798	6.255	6.727
UNISINOS	11*	4.831	5.211	6.643	7.160	7.009	6.768	5.563	6.364	6.808	6.833	6.708	5.436	6.278
FÁTIMA	12*	5.046	5.181	5.662	6.153	6.166	5.914	5.785	5.804	6.235	6.155	6.063	5.858	5.835
AEROPORTO	13*	3.384	3.490	3.772	3.983	3.962	3.834	3.644	3.654	3.883	3.892	3.876	3.651	3.752
LUIS PASTEUR	14*	3.048	3.092	3.290	3.644	3.715	3.707	3.595	3.638	3.860	3.865	3.815	3.516	3.565
ANCHIETA	15*	2.529	2.664	2.795	3.018	3.018	2.902	2.850	2.842	3.036	3.049	3.000	2.818	2.879
SÃO PEDRO	16*	2.480	2.614	2.764	2.790	2.729	2.579	2.608	2.594	2.671	2.604	2.500	2.208	2.595
PETROBRAS	17*													

Total 2011	Ranking	Jan/Total	Fev/Total	Mar/Total	Abril/Total	Mai/Total	Jun/Total	Jul/Total	Agosto/Total	Set/Total	Out/Total	Nov/Total	Dez/Total	Total
MERCADO	1*	605.179	574.370	686.162	696.390	750.101	697.928	689.054	744.382	738.062	748.433	742.374	763.890	8.436.325
CANGAS	2*	395.193	393.056	475.158	470.565	518.313	478.543	467.441	508.964	490.293	499.181	488.768	502.115	5.687.590
MATHIAS VELHO	3*	373.622	359.195	419.919	412.271	442.463	405.893	416.517	425.363	432.752	435.839	436.025	436.124	4.995.983
SAPUCAIA	4*	296.737	285.458	331.694	329.508	357.904	336.089	342.418	356.285	354.976	352.918	340.100	353.727	4.037.814
RODOVIARIA	5*	320.238	285.431	337.148	328.598	348.417	320.331	319.891	341.656	347.672	342.948	341.960	348.171	3.982.461
ESTEIO	6*	246.423	241.484	287.522	284.448	310.409	290.159	289.092	346.385	379.782	300.401	299.424	300.955	3.576.484
SÃO LEOPOLDO	7*	234.040	223.775	269.458	272.276	296.914	276.174	272.514	289.111	290.933	291.252	290.891	292.423	3.299.761
NITERÓI	8*	229.821	220.118	266.483	256.716	279.629	263.451	262.661	274.300	270.876	276.613	269.812	273.704	3.144.184
FARRAPOS	9*	214.893	211.065	242.620	231.921	262.776	244.566	243.898	263.175	253.391	255.281	252.246	250.538	2.926.370
SÃO LUIS	10*	135.062	128.966	166.539	166.506	188.609	170.733	162.703	179.047	169.449	172.250	161.198	157.393	1.958.455
UNISINOS	11*	122.045	121.754	167.648	166.877	177.208	164.734	141.781	168.297	166.135	166.978	162.661	143.162	1.869.278
FÁTIMA	12*	124.798	120.657	145.346	143.330	159.486	146.440	144.920	154.161	155.047	151.802	146.157	150.694	1.742.838
AEROPORTO	13*	121.522	113.730	134.631	130.118	149.932	133.728	144.507	148.163	141.637	151.623	146.248	145.200	1.661.079
LUIS PASTEUR	14*	87.126	82.265	97.492	96.566	104.375	95.425	99.806	99.806	99.314	99.314	99.841	97.078	1.155.641
ANCHIETA	15*	70.556	65.507	79.434	78.299	83.362	85.647	83.879	87.408	87.408	87.669	85.531	84.740	988.936
SÃO PEDRO	16*	58.536	56.655	67.279	64.538	72.400	67.006	66.600	71.082	68.378	68.669	67.800	67.933	796.876
PETROBRAS	17*	57.319	56.527	66.856	60.234	65.678	59.629	60.882	64.838	60.232	58.602	56.101	53.090	719.988

(fonte: AYRES, 2012)

ANEXO C – Exemplo da tabela de demanda diária do metrô de Londres

A	B	C	D	E	F	G	H	I	GE	GW	GX	GZ	GY	HA	HB	HC	HD	HE	HF	HG	HH	HI	HU	HK	HL		
1	2	3	4	5	6	7	...	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219				
File: glasu	Area>	Period>	date	day	vr	wk	West End up to Tam	entry	raw	exit	raw	entry	corr	exit	corr	entry	raw	exit	raw	entry	corr	exit	raw	entry	corr	exit	corr
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	
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		
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			
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29				
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29					
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29						
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29							
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29								
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29									
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29										
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29											
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29												
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29													
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29														
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29															
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29																
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29																	
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29																		
21	22	23	24	25	26	27	28	29																			
22	23	24	25	26	27	28	29																				
23	24	25	26	27	28	29																					
24	25	26	27	28	29																						
25	26	27	28	29																							
26	27	28	29																								
27	28	29																									
28	29																										
29	30																										
30	31																										
31	32																										
32	33																										
33	34																										
34	35																										
35	36																										
36	37																										
37	38																										
38	39																										
39	40																										
40	41																										
41	42																										
42	43																										
43	44																										
44	45																										
45	46																										
46	47																										
47	48																										
48	49																										
49	50																										
50	51																										
51	52																										
52	53																										
53	54																										
54	55																										
55	56																										
56	57																										
57	58																										
58	59																										
59	60																										
60	61																										
61	62																										
62	63																										
63	64																										
64	65																										
65	66																										
66	67																										
67	68																										
68	69																										
69	70																										
70	71																										
71	72																										
72	73																										
73	74																										
74	75																										
75	76																										
76	77																										
77	78																										
78	79																										
79	80																										
80	81																										
81	82																										
82	83																										
83	84																										
84	85																										
85	86																										
86	87																										
87	88																										
88	89																										
89	90																										
90	91																										
91	92																										
92	93																										
93	94																										
94	95																										
95	96																										
96	97																										
97	98																										
98	99																										
99	100																										
100	101																										
101	102																										
102	103																										
103	104																										
104	105																										
105	106																										
106	107																										
107	108																										
108	109																										
109	110																										
110	111																										
111	112																										
112	113																										
113	114																										
114	115																										
115	116																										
116	117																										
117	118																										
118	119																										
119	120																										
120	121																										
121	122																										
122	123																										
123	124																										
124	125																										
125	126																										
126	127																										
127	128																										
128	129																										
129	130																										
130	131																										
131	132																										
132	133																										
133	134																										
134	135																										
135	136																										
136	137																										
137	138																										
138	139																										
139	140																										
140	141																										
141	142																										
142	143																										
143	144																										
144	145																										
145	146																										
146	147																										
147	148																										
148	149																										
149	150																										
150	151																										
151	152																										
152	153																										
153	154																										
154	155																										
155	156																										
156	157																										
157	158																										
158	159																										
159	160																										
160	161																										
161	162																										
162	163																										
163	164																										
164	165																										
165	166																										
166	167																										
167	168																										
168	169																										
169	170																										
170	171																										
171	172																										
172	173																										
173	174																										
174	175																										
175	176																										
176	177																										
177	178																										
178	179																										
179	180																										
180	181																										
181	182																										
182	183																										
183	184																										
184	185																										
185	186																										
186	187																										
187	188																										
188	189																										
189	190																										
190	191																										
191	192																										
192	193																										
193	194																										
194	195																										
195	196																										
196	197																										
197	198																										
198	199																										
199	200																										
200	201																										
201	202																										
202	203																										
203	204																										
204	205																										
205	206																										
206	207																										
207	208																										
208	209																										
209	210																										
210	211																										
211	212																										
212	213																										
213	214																										
214	215																										
215	216																										
216	217																										
217	218																										
218	219																										
219	220																										
220	221																										
221	222																										
222	223																										
223	224																										
224	225																										
225	226																										
226	227																										
227	228																										
228	229																										
229	230																										
230	231																										
231	232																										
232	233																										
233	234																										
234	235																										
235	236																										
236	237																										
237	238																										
238	239																										
239	240																										
240	241																										
241	242																										
242	243																										
243	244																										
244	245																										
245	246																										
246	247																										
247	248																										
248	249																										
249	250																										
250	251																										
251	252																										
252	253																										
253	254																										
254	255																										
255	256																										
256	257																										
257	258																										
258	259																										
259	260																										
260	261																										
261	262																										
262	263																										
263	264																										
264	265																										
265	266																										
266	267																										
267	268																										
268	269																										
269	270																										
270	271																										
271	272																										
272	273																										
273	274																										
274	275																										
275	276																										
276	277																										
277	278																										
278	279																										
279	280																										
280	281																										
281	282																										
282	283																										
283	284																										
284	285																										
285	286																										
286	287																										
287	288																										
288	289																										
289	290																										
290	291																										
291	292																										
292	293																										
293	294																										
294	295																										
295	296																										
296	297																										
297	298																										
298	299																										
299	300																										
300	301																										
301	302																										
302	303																										
303	304																										
304	305																										
305	306																										
306	307																										
307	308																										
308	309																										
309	310																										
310	311																										
311	312																										
312	313																										
313	314																										
314	315																										
315	316																										
316	317																										
317	318																										
318	319																										
319	320																										
320	321																										
321	322																										
322	323																										
323	324																										
324	325																										
325	326																										
326	327																										
327	328																										
328	329																										
329	330																										
330	331																										
331	332																										
332	333																										
333	334																										
334	335																										
335	336																										
336	337																										
337	338																										
338	339																										
339	340																										
340	341																										
341	342																										
342	343																										
343	344																										
344	345																										
345	346																										
346	347																										
347	348																										
348	349																										
349	350																										
350	351																										
351	352																										
352	353																										
353	354																										
354	355																										
355	356																										
356	357																										
357	358																										
358	359																										
359	360																										
360	361																										
361	362																										
362	363																										
363	364																										
364	365																										
365	366																										
366	367																										
367	368																										
368	369																										
369	370																										
370	371																										
371	372																										
372	373																										
373	374																										
374	375																										
375	376																										
376	377																										
377	378																										
378	379																										
379	380																										
380	381																										
381	382																										
382	383																										
383	384																										
384	385																										
385	386																										
386	387																										
387	388																										
388	389																										
389	390																										
390	391																										
391	392																										
392	393																										
393	394																										
394	395																										
395	396																										
396	397																										
397	398																										
398	399																										
399	400																										
400	401																										
401	402																										
402	403																										
403	404																										
404	405																										
405	406																										
406	407																										
407	408																										
408	409																										
409	410																										
410	411																										
411	412																										
412	413																										
413	414																										
414	415																										
415	416																										
416	417																										
417	418																										
418	419																										
419	420																										
420	421																										
421	422																										
422	423																										
423	424																										
424	425																										
425	426																										
426	427																										
427	428																										
428	429																										
429	430																										
430	431																										
431	432																										
432	433																										
433	434																										
434	435																										
435	436																										
436	437																										
437	438																										
438	439																										
439	440																										
440	441																										
441	442																										
442	443																										
443	444																										
444	445																										
445																											

ANEXO D – Tabela de demanda anual do metrô de Nova Iorque

Subway Ridership at a Glance

Year	Average Weekday	Average Saturday	Average Sunday	Average Weekend	Annual Total
2007	5,042,263	2,917,270	2,211,502	5,128,772	1,562,515,065
2008	5,225,675	2,979,391	2,310,944	5,290,334	1,623,881,369
2009	5,086,833	2,928,247	2,283,601	5,211,848	1,579,866,600
2010	5,156,913	3,031,289	2,335,077	5,366,366	1,604,198,017
2011	5,284,295	3,033,660	2,367,261	5,400,920	1,640,434,672

(fonte: METROPOLITAN TRANSPORTATION AGENCY, 2012)