

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO**

**MODELAGEM PARA A MENSURAÇÃO DE  
DESEMPENHO DOS SISTEMAS BUS RAPID  
TRANSIT NO BRASIL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Alvaro Luiz Neuenfeldt Júnior**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2014**

# **MODELAGEM PARA A MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO DOS SISTEMAS BUS RAPID TRANSIT NO BRASIL**

**Alvaro Luiz Neuenfeldt Júnior**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção.**

**Orientador: Prof. Dr. Julio Cezar Mairesse Siluk**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2014**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de  
Mestrado

**MODELAGEM PARA A MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO DOS  
SISTEMAS BUS RAPID TRANSIT NO BRASIL**

elaborada por  
**Alvaro Luiz Neuenfeldt Júnior**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Engenharia de Produção**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Julio Cezar Mairesse Siluk, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Bruno Hartmut Kopittke, Dr. (UFSC)**

---

**Elpidio Oscar Benitez Nara, Dr. (UNISC)**

Santa Maria, 25 de Fevereiro de 2014.

## RESUMO

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Maria

### **MODELAGEM PARA A MENSURAÇÃO DE DESEMPENHO DOS SISTEMAS BUS RAPID TRANSIT NO BRASIL**

AUTOR: ALVARO LUIZ NEUENFELDT JÚNIOR  
ORIENTADOR: JULIO CEZAR MAIRESSE SILUK  
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 25 de Fevereiro de 2014.

É notório o papel dos deslocamentos urbanos dentro do contexto evolutivo social, econômico e cultural das sociedades ao longo dos últimos séculos, sendo uma das atividades de maior relevância e preocupação no que tange a administração e o planejamento das cidades, de modo que mais da metade da população mundial se encontra diretamente envolvida em alguma destas localidades. Tendo em vista esse cenário preocupante, diversas atividades vêm sendo planejadas nos últimos tempos visando a melhoria das condições em que a mobilidade urbana se encontra, em especial para o sistema denominado por *Bus Rapid Transit* (BRT), o que exige de seus responsáveis ferramentas capazes de sinalizar, de maneira proativa, a situação em que se encontra a sua operação local. Portanto, o presente trabalho tem por objetivo central propor uma modelagem para a mensuração de desempenho dos transportes BRT no Brasil que auxilie os seus gestores para o gerenciamento eficiente do sistema. Metodologicamente, utilizou-se os conceitos descritos pela Abordagem multicritério, de forma a ser capaz de remeter o nível de competitividade dos fatores no setor. Ao final a aplicação contempla a verificação da situação de doze cidades que possuem BRT e mais de um milhão de habitantes no Brasil, onde se constatou que a cidade de Curitiba ( $Iobj_9 = 89\%$ ) possui o sistema com melhores condições de instalação no país, cujo nível de avaliação se encontra no padrão "Satisfatório", seguido do Rio de Janeiro ( $Iobj_2 = 81\%$ ), Recife ( $Iobj_3 = 78\%$ ) e São Paulo ( $Iobj_1 = 78\%$ ), de modo a atender com nível de confiabilidade aceitável a demanda de pesquisa em questão.

**Palavras-chave:** Mobilidade urbana; Sistemas de mensuração de desempenho; Abordagem multicritério; Competitividade; Sistemas BRT.

## ABSTRACT

Master Degree Qualifying Project  
Production Engineering Post-Graduation Program  
Federal University of Santa Maria

### MODELING FOR PERFORMANCE MEASUREMENT OF BUS RAPID TRANSIT SYSTEMS IN BRAZIL

AUTHOR: ALVARO LUIZ NEUENFELDT JÚNIOR

ADVISOR: JULIO CEZAR MAIRESSE SILUK

Date and Place of the Defense: Santa Maria, February 25, 2014.

It is notorious the role of urban displacements within the evolutionary social context, economic and cultural societies over the past centuries, being one of the most important activities and concern regarding the administration and planning of cities, so that more than half of the world's population is directly involved in any of these locations. In view of this scenario, various activities have been planned recently in order to improve the urban mobility conditions, in particular for the system called Bus Rapid Transit (BRT), which demands of its responsible proactively management tools about the situation of the local operation. Therefore, this paper aims to propose a modeling for performance measurement on transport BRT in Brazil that helps their managers for the efficient management of the system. Methodologically, the concepts described by multi-criteria Approach, in order to be able to refer the competitiveness level of the factors in the industry. To end, the application includes the verification of the situation of twelve cities with BRT and more than one million inhabitants in Brazil, where it was noted that the city of Curitiba ( $Iobj_9 = 89\%$ ) has the system with better conditions of installation in the country, whose level of evaluation is in the default "Satisfactory", followed by Rio de Janeiro ( $Iobj_2 = 81\%$ ), Recife ( $Iobj_3 = 78\%$ ) and São Paulo ( $Iobj_1 = 78\%$ ), in order to comply with acceptable reliability level research in demand.

**Keywords:** Urban mobility; Performance measurement systems; Multi-criteria decision aid; Competitiveness; BRT systems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Demandas nacionais de transportes classificadas por modais .....	15
Figura 2 – Estrutura do trabalho .....	17
Figura 3 – Organização dos transportes com base na característica demográfica das cidades .....	20
Figura 4 – Tipos de transportes públicos sobre pneus .....	22
Figura 5 – Relação entre as variáveis ambientais para um ambiente estudado .....	28
Figura 6 – Processos para o desenvolvimento da pesquisa .....	35
Figura 7 – Estrutura esquemática da modelagem .....	38
Figura 8 – Distribuição dos BRTs por densidade demográfica no Brasil .....	41
Figura 9 – Estrutura hierárquica dos fatores para o SMD .....	44
Figura 10 – Hierarquização dos fatores localizados em $gC2t$ .....	65
Figura 11 – Ranqueamento dos KPIs .....	66
Figura 12 – Resultados da função-objetivo para o caso .....	71
Figura 13 – Resultado das funções de minimização de $egCat$ e $ewId$ para as variações de $ki$ e $kj$ .....	73
Figura 14 – Análise de sensibilidade em relação à função-objetivo .....	74

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Definição dos indicadores do Sistema de Mensuração de Desempenho	46
Tabela 2 – Escalas qualitativas dos intervalos de desempenho de <i>Dqb</i> e <i>Iobjb</i> .....	57
Tabela 3 – Maiores cidades brasileiras com BRT em operação .....	64
Tabela 4 – Resultados dos indicadores operacionais ( <i>D1b</i> ) .....	67
Tabela 5 - Resultados dos indicadores estruturais ( <i>D2b</i> ).....	68
Tabela 6 - Resultados dos indicadores sistemáticos.....	70
Tabela 7 – Prospecção dos KPIs cuja avaliação impactou mais relevantemente em relação ao desempenho da função-objetivo.....	76

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Métodos para a mensuração de desempenho .....	30
Quadro 2 – Enquadramento metodológico da pesquisa .....	33



## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A: DIAGNÓSTICO 1.....	89
APÊNDICE B: DIAGNÓSTICO 2.....	90

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>4</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>6</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>7</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>8</b>
<b>LISTA DE APÊNDICES</b> .....	<b>9</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>10</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 Formulação do problema</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2 Objetivos</b> .....	<b>14</b>
<b>1.3 Justificativa</b> .....	<b>14</b>
<b>1.4 Estrutura do trabalho</b> .....	<b>17</b>
<b>2 ASPECTOS PARA A MODELAGEM PROPOSTA</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1 Mobilidade urbana</b> .....	<b>18</b>
2.1.1 Tipos de transportes urbanos .....	19
2.1.2 Características do transporte público sobre pneus .....	21
2.1.3 O sistema BRT .....	23
2.1.4 Relação com a Engenharia de Produção .....	26
<b>2.2 Competitividade</b> .....	<b>27</b>
<b>2.3 Sistemas de Mensuração de Desempenho</b> .....	<b>28</b>
<b>2.4 Abordagem multicritério de apoio à decisão</b> .....	<b>31</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>33</b>
<b>3.1 Enquadramento metodológico</b> .....	<b>33</b>
<b>3.2 Desenvolvimento da pesquisa</b> .....	<b>35</b>
3.2.1 Construção teórica do problema .....	35
3.2.2 Unidades de análise .....	36
3.2.3 Desenvolvimento da modelagem .....	37
3.2.4 Aplicação da modelagem .....	41
<b>4 DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM</b> .....	<b>43</b>
<b>4.1 Identificação dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS)</b> .....	<b>43</b>

<b>4.2 Definição dos KPIs</b> .....	<b>45</b>
<b>4.3 Ranqueamento dos KPIs</b> .....	<b>52</b>
<b>4.4 Definição da função-objetivo do problema</b> .....	<b>56</b>
<b>4.5 Normalização dos indicadores</b> .....	<b>58</b>
<b>4.6 Verificação da confiabilidade dos dados</b> .....	<b>59</b>
4.6.1 Razão de consistência da AHP .....	59
4.6.2 Minimização do erro em <i>gCat</i> e <i>wId</i> .....	60
4.6.3 Grau de consistência lógica dos decisores .....	61
4.6.4 Análise de Sensibilidade da hierarquização dos <i>Iobjb</i> .....	62
<b>5 APLICAÇÃO DA MODELAGEM</b> .....	<b>63</b>
<b>5.1 Identificação do contexto</b> .....	<b>63</b>
<b>5.2 Verificação do ranqueamento dos KPIs</b> .....	<b>65</b>
<b>5.3 Mensuração de desempenho dos centros urbanos</b> .....	<b>67</b>
<b>5.4 Confiabilidade dos dados</b> .....	<b>73</b>
<b>5.5 Recomendações de melhoria</b> .....	<b>75</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>78</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>80</b>
<b>APÊNDICE A: DIAGNÓSTICO 1</b> .....	<b>89</b>
<b>APÊNDICE B: DIAGNÓSTICO 2</b> .....	<b>90</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A vigente necessidade por movimentação dos cidadãos em um ambiente demográfico pode ser considerada como um dos fatores mais relevantes para a organização da sociedade, de maneira que o crescimento descontrolado das cidades ocorrido nas últimas décadas é preponderante para a diminuição da qualidade de vida da população, pois inviabiliza muitas vezes o acesso fácil destes a locais de convívios sociais ou até mesmo o escoamento com efetividade de produtos envolvidos com as empresas de manufatura (DUARTE; SÁNCHEZ; LIBARDI, 2012).

O crescimento descontrolada gera conflitos entre os diferentes meios de deslocamento disponibilizados, de modo que em países como o Brasil há por tendência a priorização da utilização dos transportes privados em detrimento aos públicos, o que gera gastos extras para investimentos no aumento e manutenção das estruturas viárias, em supressão as premissas básicas da mobilidade urbana, que ressaltam a inclusão social através do acesso amplo aos espaços públicos existentes em uma comunidade local (KITTELSON & ASSOCIATES et al., 2007; WRIGHT; HOOK, 2007).

Para tanto, existe a iminente preocupação dos diversos setores responsáveis pelo planejamento urbano das cidades de se estudar formas de disponibilizar meios de transportes públicos que possuam qualidade, flexibilidade, conforto e segurança, com baixos custos para implantação e preservação, sendo capazes de atender as questões ambientais, urbanas e de correta utilização do solo (DUARTE; SÁNCHEZ; LIBARDI, 2012).

A partir de tais premissas, atualmente um dos sistemas públicos mais difundidos mundialmente é o denominado por *Bus Rapid Transit* (BRT), em português literal Trânsito Rápido de Ônibus, no qual é considerado como uma das melhores alternativas quando se aborda a questão do deslocamento em massa de passageiros, de forma a ser a espinha principal de uma série de medidas focadas no melhoramento das dinâmicas socioeconômicas das cidades, racionalizando recursos, principalmente, em oposição às formas individuais motorizadas de condução (KITTELSON & ASSOCIATES et al., 2007; WRIGHT; HOOK, 2007; NTU, 2011).

A tarefa de verificar os efeitos promovidos pela implantação do BRT passa a ser implicitamente uma primazia sob a ótica dos impactos que os fatores considerados como mais relevantes dentro dos transportes urbanos, a fim de monitorar o nível de contribuição do modal para o contexto demográfico. Em diversas situações, tais condições são requeridas por instituições de cunho financeiro e social, de modo a transparecer aos poderes públicos responsáveis pela fiscalização a qualidade do serviço prestado (WRIGHT; HOOK, 2007). Além disso, há a demanda vigente de monitoramento das agências de trânsito locais, através de informações precisas capazes de reportar a situação em que se encontra a operação, a fim de mitigar possíveis prejuízos vigentes à sociedade (NTU, 2011).

Devido à complexidade de se realizar esse tipo de controle, é fundamental a compreensão e a ponderação das principais características inerentes ao ambiente urbano, de modo a se prospectar o gerenciamento mais completo dos indicadores, orientado para a parametrização da mensuração de desempenho relacionada ao processo de gestão do deslocamento de pessoas por meio do BRT no Brasil.

## **1.1 Formulação do problema**

O desafio de antever situações que possam prejudicar de alguma maneira a sistemática no qual o transporte público está composto faz com que estudos, a respeito de metodologias, capazes de transformar dados difusos e desconexos em informações relevantes se tornem premissas básicas para a tomada da melhor decisão gerencial, no momento certo e de acordo com as orientações consideradas como ideais para o contexto ao qual se está inserido.

Por o BRT se tratar de um conceito que está diretamente interligado com outros modais, a verificação do nível em que tal serviço está sendo ofertado aos usuários acaba por influenciar direta e indiretamente a sociedade como um todo, devendo haver para tanto formas de se expor o nível de contribuição positiva ou negativa das maneiras em que ocorrem a sua execução.

Portanto, o problema de pesquisa está composto pela seguinte questão: É possível o gerenciamento da operacionalização em um BRT através de uma modelagem capaz de mensurar e controlar o seu desempenho?

## 1.2 Objetivos

O trabalho tem como objetivo geral:

Propor uma modelagem para a mensuração de desempenho dos sistemas de transportes BRT no Brasil.

Com o propósito de alcançar o objetivo principal deste estudo, os seguintes objetivos específicos devem ser alcançados:

- a) Descrever a natureza e os processos que compõem a atividade de um BRT;
- b) Verificar os fatores mais relevantes para a operação, estruturando-os hierarquicamente conforme o seu grau de relevância em relação ao problema;
- c) Desenvolver um sistema de indicadores capaz de refletir a situação dos centros urbanos a serem mensurados;
- d) Simular a proposta de modelagem para a mensuração de desempenho;
- e) Otimizar os resultados obtidos a fim de tornar sistema mais robusto em relação ao contexto em questão.

## 1.3 Justificativa

O acentuado agravamento das condições de convivência e deslocamento nos centros urbanizados tem motivado a estruturação de ferramentas inovadoras de gestão dos transportes públicos, de modo a gerar uma demanda latente por estudos que visam o detalhamento das suas formas de estruturação e operação, bem como do seu impacto para o planejamento das cidades.

O intento para o desenvolvimento de uma mensuração focada nos BRTs se justifica pelo relevante aumento da demanda nacional por otimização dos transportes, visto um cenário atual majoritariamente predominado pela falta de planejamento das zonas urbanas, principalmente, de médio a grande porte (VUCHIC, 2007). Em conjunto, Brahmchari e Gangopadhyay (2011) comentam

acerca da necessidade de um número maior de estudos envolvendo a temática, em conformidade para o atendimento da demanda crescente por controles específicos para esse tipo de composição viária, de forma a atender os anseios por informação tanto da esfera pública, quanto da privada e social, visto o objetivo de oferecer um serviço público de qualidade que possibilite, ao menos parcialmente, a redução da utilização dos modais automotores privados (FTA, 2009).

Conforme estudos elaborados pela Global BRT (2013), atualmente existe no Mundo uma capacidade instalada para corredores BRT superior a 3.800 km, número oito vezes superior ao encontrado no ano 2000, distribuídos em aproximadamente 147 cidades espalhadas por todos os continentes (desconsiderando a Antártida). Inserido nesse cenário, o Brasil possui o maior número de cidades com esse tipo de modal instalado, 31 ao total, sendo 56% superior a segunda maior concentração encontrada, Estados Unidos da América com 14 cidades, através de uma demanda de passageiros que se aproxima a 10 milhões de pessoas por dia, o que representa, em valores totais, a 6% de toda a população nacional.

Porém, apesar da notória importância do país, ainda há uma potencial demanda por usuários que atualmente recorre a outras formas de deslocamento, segundo os dados da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) referentes ao ano de 2010, através da Figura 1.

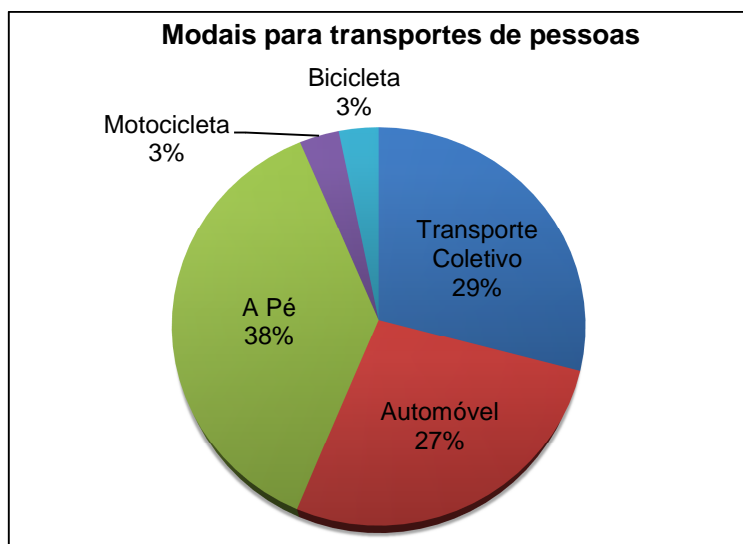


Figura 1 – Demandas nacionais de transportes classificadas por modais

Fonte: Baseado em ANTP (2011).

Conforme a ANTP (2011), os valores encontrados são resultado de uma análise macroambiental que envolve cidades cuja população varia de um limite inferior de 60 mil habitantes até superiores a 1 milhão, onde o maior tipo encontrado são os deslocamentos a pé (38%). Somados apenas os valores relativos ao privado motorizado, a soma corresponde a 30% do total, superando a categoria de transportes coletivos (29%), o que justifica a potencialidade de haver um número maior de usuários para a segunda categoria oriundos da primeira.

Segundo as diretrizes elaboradas por USDOT (2004), Boareto (2007) e Medeiros (2011), em uma via movimentada da maioria dos centros urbanos, para cada 3,5 m, é possível escoar, de carro, uma capacidade máxima igual a 1.350 pessoas, enquanto pelos corredores BRT este número é dez vezes maior (13.500 passageiros). Portanto, pode-se afirmar que conversões, mesmo que pequenas, do ramo privado para o coletivo elevariam razoavelmente a capacidade de escoar pessoas dentro dos centros urbanos.

A partir da sumarização dos dados elencados, pode-se afirmar que o desenvolvimento do trabalho justifica-se pois propõe homogeneizar as visões dos usuários, operadoras e órgão reguladores a respeito do funcionamento desse tipo de modal no Brasil, de modo a buscar reduzir a dificuldade em identificar quais atributos do transporte urbano integrado devam ser considerados como realmente importantes para um alcance da excelência.

Sob o ponto de vista acadêmico, a pesquisa trata de um contexto atual e latente na vida de praticamente toda a população nacional, no qual exige um alto grau de verificação dos fatores que mais influenciam a dinâmica da sociedade, gerando assim um nível de ineditismo quanto da abordagem da mensuração do desempenho em conjunto com aspectos mais relevantes discutidos em estudos da mobilidade urbana, em específico para a abordagem relativa ao BRT.

Ao ponto de vista profissional, a pesquisa orienta os envolvidos a temática a respeito da utilização de uma modelagem capaz de retornar as diretrizes mais relevantes a respeito do sistema, visto que para ser possível o usufruto eficiente se faz necessária a visualização do *status* da gestão. Entretanto, muitas formas organizacionais apresentam dificuldades em aperfeiçoar os seus processos operacionais pela insuficiência de mecanismos sustentáveis capazes de mensurar o seu desempenho (LAMBERT; POHLEN, 2001; KAPLAN; NORTON, 2008).



## 1.4 Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em seis capítulos, a fim de atingir os objetivos estabelecidos, por meio do arranjo sequencial descrito pela Figura 2.

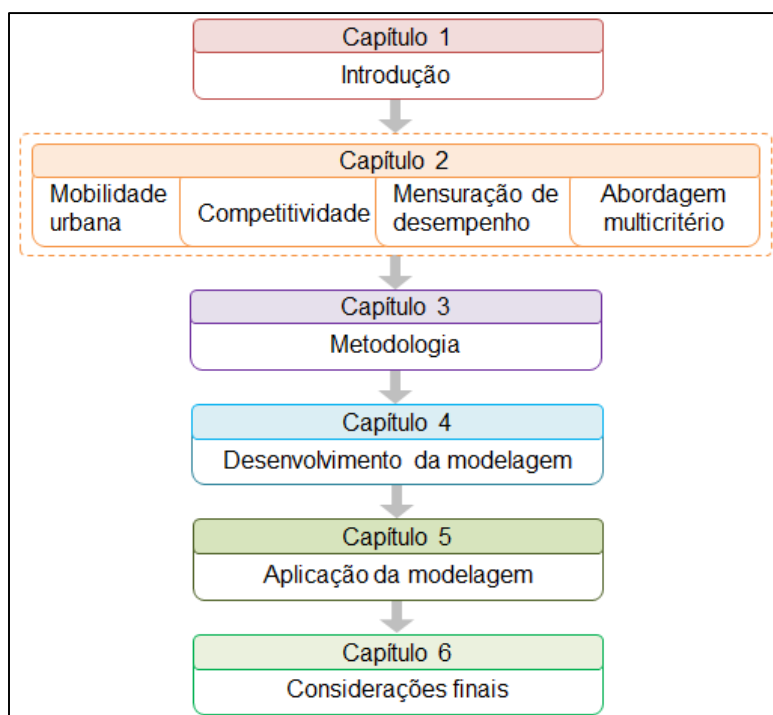


Figura 2 – Estrutura do trabalho

O Capítulo 1 visa contextualizar o tema e sua relevância, bem como apresentar os objetivos propostos. Já no Capítulo 2 é proposta a base teórica da pesquisa, além da descrição dos modelos conceituais utilizados, de maneira a abranger as premissas, aplicações, benefícios motivadores e potencialidades de cada uma das ferramentas.

Para o Capítulo 3 estão delineados os procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento da modelagem proposta no Capítulo 4, que apresenta em detalhes as formas com que está concebida a mensuração de desempenho. Por fim, o Capítulo 5 detalha a aplicação prática, a fim de tornar possível a percepção da sua utilização, enquanto o Capítulo 6 remete as considerações finais, além das limitações da pesquisa e sugestões para futuros trabalhos.

## 2 ASPECTOS PARA A MODELAGEM PROPOSTA

A fundamentação teórica da pesquisa envolveu a exploração de quatro temas, abordados de forma evolutiva a partir dos itens a seguir descritos:

- a) Mobilidade urbana: Descrição dos pontos relevantes que a compõem, levando em considerações a sua natureza e principais características, bem como do seu comportamento evolutivo e expectativas quanto da sua modernização para as demandas dos próximos anos;
- b) Competitividade: Contextualização da temática com a tendência de cenário encontrado na gestão das organizações, no qual estas estão situadas cada vez mais em ambientes considerados de alta competição;
- c) Sistemas de mensuração de desempenho: Panorama geral sobre os métodos possíveis de serem utilizados para a verificação do *status* que se encontra o desenvolvimento das atividades relacionadas aos objetivos preestabelecidos para a mensuração; e
- d) Abordagem multicritério de apoio à decisão: Propõe a discussão das formas com que a temática pode ser adaptada quantitativamente a fim de auxiliar a mensuração.

Com base nos preceitos estudados, houve a possibilidade de expandir os conhecimentos, para se tornar viável o desenvolvimento da modelagem apresentada no problema de pesquisa.

### 2.1 Mobilidade urbana

No decorrer da história, o deslocamento de pessoas e cargas tem sido um dos pontos mais relevantes para o desenvolvimento econômico e social da humanidade, de forma a repercutir diretamente na evolução do pensar a respeito das formas em que sociedade se organiza, que culmina nas atuais formas de organizações demográficas urbanas conhecidas (DUARTE; SÁNCHEZ; LIBARDI, 2012; VASCONCELLOS, 2012).

Como evolução dos pressupostos desenvolvidos nos anos de 1970 na cidade de Curitiba, por Jaime Lerner, acerca da evolução dos métodos tradicionais de transportes urbanos, no ano de 2012 foi desenvolvida a Política Nacional da Mobilidade Urbana, através da Lei nº 12.587, definida da seguinte maneira:

A Política Nacional de Mobilidade Urbana é um instrumento da política de desenvolvimento urbano, objetivando a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território do Município (BRASIL, 2012).

Fica clara a preocupação em se dispor de espaços que contemplem os principais meios de transportes, de maneira harmoniosa e conjunta, com o objetivo de tornar acessível o deslocamento das pessoas, independente da demografia do local considerado (FERREIRA, 2009; IPEA, 2011). Outras atividades governamentais veem sendo desempenhadas em prol de ações que visam melhores condições de convivência nos ambientes urbanos, tal como encontrado na Lei do Uso e Ocupação do Solo, no que tange a sua caracterização em zonas conforme as suas funções específicas, de modo a equilibrar tanto as questões sociais quanto o seu desenvolvimento (DUARTE; SÁNCHEZ; LIBARDI, 2012; VASCONCELLOS, 2012). Além disso, existem também os Planos Diretores Municipais, no sentido de promover a regularização das construções locais, a fim de promover a implantação de redes integradas de trânsito público (DRUCIAKI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2011; DUARTE; SÁNCHEZ; LIBARDI, 2012).

Caso pleno de boa utilização dos recursos para se atingir esses objetivos pode ser encontrado na cidade de Curitiba, onde a ocupação dos espaços urbanos está diretamente ligada à preocupação com o desenvolvimento de práticas sólidas relacionadas a mobilidade, o que promove, por consequência, o retorno desse planejamento em investimentos realizados que valorizam ainda mais cada um dos seus espaços (LINDAU; HIDALGO; FACCHINI, 2010a; LINDAU; HIDALGO; FACCHINI, 2010b).

### 2.1.1 Tipos de transportes urbanos

Entre as diversas maneiras de se deslocar pessoas de um ponto a outro, pode-se destacar dois grupos distintos: O primeiro está relacionado aos meios de

transportes públicos, sejam sob pneus (ônibus), meios férreos (trens, metrô, VLTs<sup>1</sup> e bondes) ou aquáticos (barcos e navios), através de uma trajetória previamente estipulada, com horários definidos de chegada e saída, estando, em teoria, acessível a toda população pertencente a aquele centro urbano (UFPR, 2012; VASCONCELLOS, 2012).

O segundo grupo é o denominado por privado, caracterizado através de deslocamentos que envolvam automóveis, motocicletas, bicicletas ou, até mesmo, a locomoção a pé, de forma que a principal vantagem destes é a versatilidade de servir o público no momento e local no qual ele desejar. Porém, para os dois primeiros casos citados, existe a demanda por espaços para escoamento significativamente maiores do que os formatos públicos, já que possuem um poder de otimização veículo/habitante inferior ao descrito para aqueles (BOARETO; 2007; DUARTE; SÁNCHEZ; LIBARDI, 2012).

Para tanto, o nível da participação de cada um no cenário urbano das cidades brasileiras é distinto, de forma que uma das maneiras de se caracterizar tal comportamento é proposta agrupando-se os locais de acordo com a densidade demográfica, segundo estudo realizado pela NTU no ano de 2010 mostrado pela Figura 3, no qual é levada em conta a estimativa do total médio de viagens realizadas por ano.

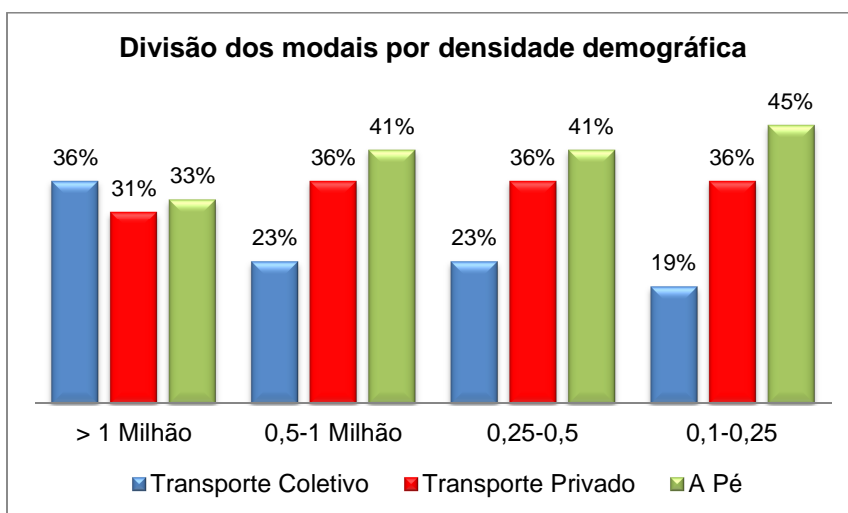


Figura 3 – Organização dos transportes com base na característica demográfica das cidades

Fonte: NTU (2011).

<sup>1</sup> VLT: Sigla para Veículo Leve sobre Trilhos.

É possível observar como uma característica primordial o gradativo crescimento dos deslocamentos privados a pé conforme a redução do número de habitantes, havendo, por analogia, um gradativo aumento do percentual de uso dos transportes públicos nas maiores cidades, fato confirmado devido à necessidade de deslocamentos maiores da população, principalmente no que tange a trajetória residência-trabalho-residência, o que impossibilita muitas vezes que o traslado seja feito, por exemplo, a pé, permitindo uma pluralização maior dos sistemas coletivos e dos privados motorizados.

### 2.1.2 Características do transporte público sobre pneus

Por ser fundamental dentro da organização das cidades, o deslocamento considerado como de regime público sobre pneus deve contemplar meios de locomover com segurança, confiabilidade e comodidade, sendo o mais popular e destacado historicamente no Brasil (UFPR, 2012; DUARTE; SÁNCHEZ; LIBARDI, 2012).

Desenvolvido para ser um meio flexível e adaptável as diversas situações urbanas encontradas, nacionalmente ao decorrer dos anos estas características se mostram cada vez menos presentes, de forma a gerar uma degradação da sua imagem perante a demanda populacional das cidades, o que se revela em estudos conduzidos pelo Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA) no ano de 2010, no qual se constatou que mais de 40% da população urbana que vive em centros com mais de 100 mil habitantes estão insatisfeitos ou muito insatisfeitos com esse tipo de deslocamento.

Para tanto, Wright e Hook (2007) descrevem que este modal pode ser classificado de seis maneiras deferentes: transportes alternativos, convencionais, básicos, BRT leve, intermediário e completo, dos quais praticamente toda a insatisfação decorre das práticas de locomoção caracterizadas nos três primeiros grupos, devido basicamente as suas naturezas operacionais de atendimento dos usuários, conforme mostra a Figura 4.

Serviços de transportes alternativos	Serviços de ônibus convencional	Corredores Básicos	BRT-leve	BRT	BRT Completo
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Operadores sem regulamentação</li> <li>&gt; Similares a taxis (lotações)</li> <li>&gt; Serviço ruim</li> <li>&gt; Pouca segurança no trânsito/ segurança pessoal</li> <li>&gt; Veículos velhos e pequenos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Operação privada ou pública</li> <li>&gt; Normalmente subsidiados</li> <li>&gt; Cobrança dentro do ônibus</li> <li>&gt; Paradas sinalizadas com postes ou coberturas bem simples</li> <li>&gt; Serviço ruim</li> <li>&gt; Ônibus tamanho padrão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Vias segregadas em corredores isolados</li> <li>&gt; Cobrança dentro do ônibus</li> <li>&gt; Paradas com coberturas simples</li> <li>&gt; Ônibus tamanho padrão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Algumas formas de prioridade, mas não vias totalmente segregadas</li> <li>&gt; Melhores tempos de viagem</li> <li>&gt; Paradas de melhor qualidade</li> <li>&gt; Tecnologia veicular (de emissões) limpa</li> <li>&gt; Identidade de mercado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Vias segregadas</li> <li>&gt; Tipicamente cobrança externa</li> <li>&gt; Estações de melhor qualidade</li> <li>&gt; Tecnologia veicular (de emissões) limpa</li> <li>&gt; Identidade de mercado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Serviço de metrô</li> <li>&gt; Rede de linhas e corredores integrados</li> <li>&gt; Estações fevhadas de alta-qualidade</li> <li>&gt; Cobrança externa</li> <li>&gt; Serviço rápido e frequente</li> <li>&gt; Veículos modernos, tecnologia (emissões) limpas</li> <li>&gt; Identidade de mercado</li> <li>&gt; Superior customer service</li> </ul>

Figura 4 – Tipos de transportes públicos sobre pneus

Fonte: Wright e Hook (2007).

No primeiro nível, denominado por alternativos, o serviço é prestado de maneira muitas vezes irregular, retornando aos usuários um atendimento bem abaixo do esperado, o que desmotiva o mesmo para a sua utilização. A seguir estão localizados os convencionais, caracterizados pela grande maioria dos deslocamentos coletivos públicos no Brasil, onde, por mais que tenham um nível de regularização apropriado, geralmente não retornam ao passageiro um serviço de qualidade, com tempos de viagem superiores ao privado motorizado, gerando uma desmotivação da população quanto a sua utilização (WRIGHT; HOOK, 2007).

O terceiro nível trata do mesmo serviço anteriormente citado, somente com uma vantagem quanto do tempo de viagem ser menor devido à utilização de corredores exclusivos em determinados locais da cidade (FTA, 2009). Por fim, as últimas três classificações tratam dos diversos tipos de modalidades do BRT, nos quais serão tratados com maior especificidade na seção 2.1.3.

Portanto, há o consenso voltado para a necessidade do desenvolvimento de pesquisas a respeito de métodos que possibilitem a melhora da qualidade do transporte coletivo sobre pneus, a fim de conduzir a ampliação de modais com um

maior nível de qualificação e menores custos de implantação e manutenção, sendo uma das mais destacadas mundialmente a que compreende a composição dos conceitos encontrados para o *Bus Rapid Transit* (LEVINSON et al., 2003; FTA, 2009).

### 2.1.3 O sistema BRT

Primeiramente instalados na cidade de Curitiba em meados dos anos 70 e com reconhecidos casos de sucesso nos últimos tempos em cidades como São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Bogotá (Colômbia) e Brisbane (Austrália), os sistemas denominados por *Bus Rapid Transit*, ou simplesmente BRT, são definidos pela EMBARQ Brasil (2013) como:

Sistema de ônibus de alta capacidade que provê um serviço rápido, confortável, eficiente e de qualidade. Com a utilização de corredores exclusivos, o BRT simula o comportamento de outras características atrativas dos modernos sistemas de transporte sobre trilhos, com uma fração do seu custo (EMBARQ Brasil, 2013).

Este visa ser capaz de servir a atual demanda de passageiros, sem deixar de lado a prospecção de aumento dos usuários no futuro oriundos de outros meios de condução e do crescimento natural que ocorre nos centros urbanos, além de servir como um agente de revitalização das áreas que o compreendem por meio da sua integração com outros modais de acesso coletivo motorizado (metrô, trem e barcas) e não motorizados (a pé), o que possibilita ao máximo a restrição do uso de veículos automotores individuais, obtendo-se, como consequência, ambientes sustentáveis, melhores utilizações dos solos e uma maior qualidade de vida da população (LEVINSON et al., 2003; WRIGHT; HOOK, 2007; LERNER, 2009; NTU, 2011).

Como primazia, o BRT deve compreender em suas etapas de planejamento, implementação e operacionalização, foco na adaptabilidade das suas características de utilização conforme a cidade em questão, a partir da prévia análise das pessoas envolvidas e o padrão de seus deslocamentos, de modo a oferecer opções de linhas e preços condicentes com a realidade encontrada (KITTELSON & ASSOCIATES et al., 2007; RODRIGUEZ; MOJICA, 2009; DELMELLE; CASAS, 2012).

Segundo a Global BRT (2013), atualmente a América Latina é o local no Mundo que compreende o maior número de BRTs, por meio do atendimento de mais de 16 milhões de passageiros/dia, espalhadas em 50 cidades com mais de 1.300 km de corredores construídos. Inserido nesse contexto, no Brasil existem 31 cidades que possuem este tipo de operação, onde se destacam, em relação ao total de vias deste tipo construídas, as cidades de São Paulo (122 km), Porto Alegre (112 km) e Curitiba (81 km) que, somadas, possuem 45% do total da malha viária nacional.

Conforme supracitado na seção 2.1.2, o sistema pode ser dividido em três categorias distintas, segundo Wright e Hook (2007), desde uma aplicação considerada como mais básica denominada por BRT leve, onde já é perceptível a evolução do serviço e operacionalidade em relação ao convencional, pois resulta em menores tempos de viagem, redução nas emissões de gases poluentes e desenvolvimento inicial da marca registrada, apesar das vias não serem totalmente segregadas. Tal configuração geralmente é encontrada em cidades de menor porte demográfico e estrutural.

Em uma situação mediana se encontra o BRT intermediário (ou simplesmente BRT), que se diferencia do ideal pelo tamanho da escala dos serviços e operações, porém com os mesmos elementos constituintes, sendo o mais encontrado tanto no Brasil quanto no Mundo. Por fim há o sistema definido como pleno, que pode ser caracterizado pelos seguintes aspectos, de acordo com Wright e Hook (2007):

- a) Vias completamente segregadas na maioria de sua extensão;
- b) localização da via para os ônibus no canteiro central;
- c) integração entre as redes de transportes e linhas de BRT;
- d) estações modernas que disponibilizem aos usuários conforto, conveniência, segurança e acessibilidade, além de estações especiais para o caso de interligação entre modais (quando aplicável);
- e) cobrança da tarifa antes do embarque;
- f) integração física e de cobrança entre linhas e sistemas;
- g) entrada no terminal restrita e operadores prescritos conforme uma estrutura de avaliação previamente definida; e
- h) identidade de mercado consolidada.



Cabe destacar que o BRT ideal nem sempre é o mais apropriado para uma região urbana, de maneira que muitas vezes é possível atender a população local com qualidade através de um sistema mais simples e que atenda de maneira satisfatória as necessidades e os fatores considerados como mais relevantes da sua constituição, com custos de implantação severamente reduzidos (WRIGHT; HOOK, 2007; LERNER, 2009).

Dessa forma, é possível afirmar que não existe uma superioridade entre os três tipos elencados, e sim há apenas uma segregação a fim de compreender melhor quais as diferenças entre eles, de forma que, independente do tipo escolhido para implantação, deve-se seguir o princípio básico que caracteriza o sistema, de propiciar ao usuário vias segregadas na maioria da extensão troncal do local adotado (WRIGHT; HOOK, 2007).

Por ser constituído de um conjunto de elementos interdependentes que interagem de forma a convergir para o atingimento do objetivo relacionado a sua existência, o BRT pode ser compreendido decomposto em partes, a fim de facilitar a compreensão das causas e dos possíveis problemas existentes nesse ambiente de alta complexidade.

Em específico, a operacionalização pode ser dividida em três processos distintos: captação, transporte em si e distribuição, estando focadas diretamente na prestação do atendimento ao usuário e suas necessidades correntes com o serviço, onde a primeira está associada às formas com que o atendimento é estabelecido nos locais de origem, estações intermediárias, estações de transferência, terminais integrados e terminais de fim de curso, o nível de deslocamento necessário para completar o itinerário proposto, acessibilidade para portadores de necessidades especiais, quantidade de paradas existentes durante o percurso e a frequência na qual o serviço é disponibilizado. Além disso, podem-se observar fatores relativos ao nível em que as informações a respeito das linhas são exploradas e divulgadas aos usuários (UFPR, 2012; GLOBAL BRT, 2013).

O segundo processo compreende o deslocamento propriamente dito dos passageiros em relação à eficiência operacional, maneira com que o serviço está concebido, trajeto do itinerário e infraestrutura dos veículos. Em conjunto com esses fatos pode-se observar também a maneira com que ocorre a integração entre as diversas linhas de transportes no momento em que há o entroncamento em um corredor de uso padrão (HIDALGO; CARRIGAN, 2010; DELMELLE; CASAS, 2012).

Por fim, tem-se o momento em que ocorre o desembarque do usuário em uma estação ou terminal, havendo para tanto a necessidade de se contatar o nível médio de utilização de outros modais de deslocamento, bem como, por consequência, da distância entre ele e a sua origem, principalmente quando o desembarque ocorre nos locais com maior concentração demográfica (GUAGLIARDO, 2004; RODRIGUEZ; MOJICA, 2009).

Ao decorrer da plena operação do BRT deve-se realizar a sua contínua mensuração do desempenho, a fim de verificar distorções dos parâmetros inicialmente definidos para com a realidade encontrada, através de indicadores e metas que representem para os *stakeholders* os principais acontecimento no sistema.

#### 2.1.4 Relação com a Engenharia de Produção

A respeito da Engenharia de Produção, segundo Batalha (2011), “esta trata do projeto, aperfeiçoamento e implantação dos sistemas integrados, de maneira econômica respeitando os preceitos éticos e culturais.”

Quanto ao contexto do BRT, estudos relativos a mobilidade urbana se encontram em um rol que se pode elencar de especial atenção nos dias de hoje, de maneira que a condução de estudos conjuntos relativos a estas tendem para otimização dos recursos empregados para a atividade de transporte das pessoas, possibilitando a geração de serviços considerados como de maior sustentabilidade se comparados as formas tradicionais de locomoção, sejam elas de caráter público ou privado (PEREIRA, 2011).

Dessa forma, o BRT se torna um forte aliado no que tange a questão da mobilidade social pública, influenciando diretamente os três setores da economia (primário, secundário e terciário) para o local estudado, sendo um ponto preponderante para a viabilização de diversos investimentos públicos e privados planejados para serem realizados em horizontes de médio e longo prazo (LEVINSON et al., 2003).

## 2.2 Competitividade

O cenário atual das organizações tende para que estas se envolvam cada vez mais em ambientes altamente competitivos, seja em relação aos seus concorrentes considerados como diretos como, até mesmo, para os indiretos (PORTER, 2009; IRELAND; HOSKISSON; HITT, 2014). Dessa forma, existe a predominante necessidade de se criar valor nas atividades desenvolvidas para a concepção de um produto ou serviço, tanto no âmbito externo a organização quanto setorial e interno, de modo a atender as expectativas dos seus consumidores, atraindo, por consequência, novos investimentos para a sua capacitação e aprimoramento, gerando novos valores e repassando estes ao mercado (ZOGBI, 2008; LOBATO, 2009).

Pode-se dizer, conforme pressupostos embasados por Porter (2009), que a competitividade setorial vai muito além da análise dos tradicionais adversários, e sim dependem de uma série de outras questões, chamadas de formas competitivas, que tangem desde os clientes até fornecedores, potenciais entrantes e possíveis produtos substitutos, sendo agentes no comportamento dos vetores da lucratividade da empresa e do seu posicionamento estratégico (DI SERIO; VASCONCELLOS, 2009).

Em complemento, Womack e Jones (2006) comentam sobre o nível atual de competitividade entre as empresas através de dois pontos de vista complementares relacionados com o cliente: o consumo e a provisão. O primeiro está relacionado a criação de valor através de fatores que não estão diretamente relacionados ao produto, e sim as atividades intermediárias realizadas para que este chegue até o seu destino final, o cliente, focando na sua experiência durante o seu contato com a empresa. Já o segundo permeia questões relativas a disponibilização dos recursos para venda através da relação fornecedor-empresa, por meio da correta realização das atividades de suprimento, de forma a atender aos requisitos de qualidade, prazo e quantidades corretas, focando na criação da vantagem competitiva para ambos.

Dessa forma, é possível correlacionar esses pontos de vista relacionados às atividades realizadas tanto dentro da organização quanto fora em uma matriz de análise, conforme mostra a Figura 5, contemplando assim os principais pontos que influenciam o desenvolvimento dessas em relação ao contexto local, regional e/ou

nacional (ambiente externo), estrutural (ambiente setorial) e de processos internos (ambiente interno).

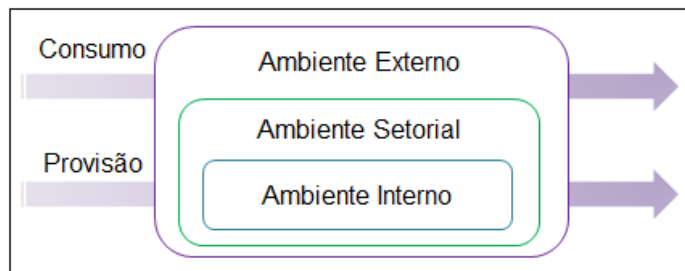


Figura 5 – Relação entre as variáveis ambientais para um ambiente estudado

Fonte: Baseado em Womack e Jones (2006) e Porter (2009).

Em específico ao transporte público coletivo, a competitividade se apresenta através de diversos modos, mas em específico no momento da mensuração dos resultados da operacionalização dos processos. Para tanto, é necessário que se realize verificações tanto no âmbito externo, através das questões sociais, econômicas e contextuais, quanto no setorial, por meio do posicionamento da concorrência no mercado e, por fim, o interno, partindo da visualização da capacidade de se atender a demanda de serviços prospectada para o local.

Esses fatos, interrelacionados com a capacidade de obtenção de insumos e produtos (provisão), bem como do atendimento satisfatório aos clientes (consumo) são capazes de retornar o nível em que o serviço está sendo prestado no centro urbano estudado.

### 2.3 Sistemas de Mensuração de Desempenho

A atividade de mensuração da maneira com que um sistema está posicionado em relação as suas atividades é considerada como um dos pontos mais básicos no que tange a gestão para o aprimoramento dos conhecimentos processuais do contexto (NEELY, 2005; KAPLAN; NORTON, 2008; HUBBARD; RICE; BEAMISH, 2011). Dessa forma, os Sistemas de Mensuração de Desempenho (SMD) se torna

uma das partes essenciais para a gestão em todos os níveis considerados como chave para o sucesso, onde se espera que a organização conquiste um nível de aperfeiçoamento interno capaz de refletir aos clientes finais a sua excelência, seja pelos produtos ou serviços disponibilizados (BRYANT et al., 2004; CHENHALL; LANGFIELD-SMITH, 2007; RATNASINGHAM, 2009).

Para tanto, a mensuração deve ser composta de indicadores, com métricas e metas bem definidas, nas quais devem estar alinhadas estrategicamente com as diretrizes do sistema estudado, visando a plena representação dos possíveis efeitos caso não se atinja o objetivo central estipulado, de maneira mais fidedigna possível com a realidade abordada (PYKE, 2006; PAVLOV; BOURNE, 2011).

É importante ressaltar o papel das pessoas no processo de elaboração do SMD, a fim de se representar de maneira mais coerente possível a realidade ao qual está sendo representada, para assim ser possível a geração de diagnósticos com foco nas múltiplas direções do desempenho ao qual estão sendo avaliadas (KAPLAN; NORTON, 2008; MARCHAND; RAYMOND, 2008).

Dentre as diversas maneiras de se realizar a mensuração de desempenho, o Quadro 1 mostra alguns dos principais métodos aplicados atualmente, seguidos de algumas dos seus principais elementos caracterizadores.

Cada um dos métodos citados é diferenciado conforme o seu enfoque de abordagem, podendo-se afirmar, portanto, da não existência de uma modelagem pré-definida capaz de atender integralmente as exigências vigentes para cada caso, o que possibilita o desenvolvimento de diversos estudos acerca do tema e suas aplicações práticas (VAN DER STEDE et al., 2006; KAPLAN; NORTON, 2008).

Em específico, os *Key Performance Indicators* (KPI), em português Indicadores Chave de Desempenho, possuem como papel primordial a capacidade de expressar a avaliação dos fatores críticos de sucesso de uma organização ou projeto, a fim de obter resultados quantitativos sobre determinada atividade em relação a um período de tempo, com base nas principais características estudadas (LATORRE; ROBERTS; RILEY et al., 2010; PARMENTER, 2010).

Os KPIs para um sistema são calculados a partir da definição de um objetivo global, composto de  $n$  indicadores, onde cada um pode ser considerado como uma ferramenta de mensuração da performance que ajuda na comparação da situação do caso em relação a uma estimativa, o que reflete aos direcionadores estratégicos, possibilitando a comparação dos resultados com valores denominados por alvos (ou

metas) para cada um dos KPIs definidos no SMD (COX; ISSA; AHRENS, 2003; TOOR; OGUNLANA, 2009; BARTZ et al., 2011).

<b>Método</b>	<b>Principais características</b>	<b>Referências bibliográficas</b>
Administração por objetivos (APO)	Técnica de direcionamento de esforços através do planejamento e controle administrativo, no qual as metas são definidas em conjunto entre administrador e seu superior e as responsabilidades são especificadas para cada posição em função dos resultados esperados.	Drucker (2008); Monahan (2008); Templar (2011)
KPI	Ferramenta para avaliar o estado de determinada atividade, de maneira que os níveis de uma empresa compreendam a forma como seus trabalhos influenciam no negócio.	AUSINDUSTRY (1999); Toor e Ogulanda (2008); Bandeira (2009); Parmenter (2010)
Balanced Scorecard (BSC)	Traduzir a estratégia da organização em um conjunto de medidas capazes de realizar a mensuração do seu desempenho, a fim de se atingir os principais objetivos estratégicos traçados.	Olson e Slater (2002); Kaplan e Norton (2008); Othman (2008); Bartz et al. (2011)
Três Níveis de Desempenho	O modelo considera o estabelecimento de três níveis (organização, processo e executor) de desempenho, de maneira a qual uma empresa ou um sistema pode ser avaliado a partir do cumprimento dos requisitos destes vértices.	Rumler e Brache (1992); Dutra (2005); Van der Stede et al. (2006)
Mckinsey 7-S	É um modelo de gestão desenvolvido para compreender sete fatores considerados como de determinação para a efetiva mudança de uma organização.	Rasiel (2000); Zago et al. (2008); Egner (2009)
Baldrige	Tem por objetivo prestar auxílio às empresas no estímulo ao aperfeiçoamento da sua qualidade e produtividade, fornecendo as informações necessárias para se chegar a um alto nível de qualificação dos seus processos.	Brown (2008); Blazey (2011); Kelly (2011)
Quantum	O modelo proposto tem como objetivo associar missão, estratégia, metas e processos dentro da organização, trabalhando com uma matriz em três dimensões: qualidade, custo e tempo, visando equilíbrio entre estas.	Hronec (1994); Dutra (2005); Bartz et al. (2011)
Performance Prism	É uma metodologia que visa integrar os processos a fim de se criar valor para as partes interessadas no sistema, partindo-se de indicadores capazes de remeter o status no qual a gestão se encontra.	Neely, Adams e Kennerley (2002); Neely (2005); Rauch et al. (2009)

Quadro 1 – Métodos para a mensuração de desempenho

É importante salientar que os indicadores devem partir de Fatores Críticos de Sucesso (FCS) considerados como elementos chave capazes de determinar o sucesso ou fracasso em relação aos objetivos, se tornando assim um ponto de referencia alinhando as características e as capacidades inerentes de maneira uniforme, proporcionando ao usuário o *feedback* real do status dos processos compreendidos (ALLEN; KERN; HAVENHAND, 2002; PARMENTER, 2010).

## 2.4 Abordagem multicritério de apoio à decisão

Dentro do cotidiano organizacional, o processo de tomada de decisão é costumeiramente reconhecido como de alta complexidade, principalmente por ser necessária a definição de critérios que condicionem para a escolha das alternativas em consideração (ALMEIDA; COSTA, 2003; WALLENIUS et al., 2008; GOMES; GOMES, 2012; SAATY; VARGAS, 2012). Em específico, para a mensuração proposta nesse trabalho, a tomada de decisão está diretamente vinculada a determinação de quais possuem maior relevância para o todo, função esta rotineiramente denominada como hierarquização.

Por possuir um caráter científico, esse tipo de abordagem visa o tratamento das informações tanto de natureza quantitativa como qualitativa, desde que estas sintetizem de maneira coerente mensuração, produzindo conhecimento e aumentando o entendimento a respeito do problema (CRESWELL, 2002; USTUN; DEMIRTAS, 2008; KOKSALAN; WALLERIUS; ZIONTS, 2011).

Dentre as diversas formas metodológicas de se abordar os problemas multicriteriais, autores como Ensslin, Montibeller e Noronha (2001); Greco, Ehr Gott e Figueira (2010) e Gomes e Gomes (2012) propõem possibilidades de aplicação, de acordo com a teoria principal em que se baseiam, a partir da classificação de três possibilidades: Escola Americana; Francesa e Híbrida, conforme as características básicas apresentadas no caso estudado.

Em específico, a Escola Americana está diretamente relacionada aos tradicionais métodos da pesquisa operacional, pois visa retornar ao usuário, de maneira objetiva, uma solução ótima a partir das opções e das caracterizações quantitativa dos fatores que constituem o modelo, por meio de funções denominadas por utilidade ou valor, agregando assim taxas de substituição capazes de informar ao decisor (pessoa ou grupo de pessoas que moralmente possuem o poder da tomada de decisão para o caso) a importância relativa entre eles até o fim da estrutura hierárquica estabelecida, denominado como paradigma racionalista (FIGUEIRA; GRECO; EHRGOTT, 2005; GOMES E GOMES, 2012). Constantemente esse formato de tratamento dos dados é caracterizado como de abordagem de critério único de síntese, por haver uma forte correlação entre os seus perfis (GOMES, 2005; ZOPOURIDIS et al., 2011).

Uma das vertentes desta escola segue os pressupostos desenvolvidos por Thomas Saaty no início dos anos 70, chamada de Análise Hierárquica de Processos (AHP), que consiste na verificação, através da realização de julgamentos durante todos os níveis da estrutura hierárquica estudada, de quais alternativas elencadas são mais interessantes para o caso, gerando assim uma pré-ordem das opções a fim de facilitar na escolha a ser realizada pelos decisores (GOMES; ARRAYA; CARIGNANO, 2004; SAATY; VARGAS, 2012).

A proposta tem por premissa básica indicar a importância relativa existente entre cada um dos fatores pertencentes a um nível principal, até se chegar aos critérios submetidos para análises quantitativas a respeito do problema, hierarquizados por meio de comparações paritárias, de forma a transcrever como as mudanças das características nos níveis mais altos se distribuem e afetam direta ou indiretamente os respectivos subníveis (MARINS et al., 2010; SAATY; SHANG, 2011).

A construção hierárquica do sistema visa o desenvolvimento do raciocínio lógico do pesquisador, buscando a definição do objetivo para o qual está sendo proposto, de modo a ocorrer a divisão da estrutura em níveis, onde cada fator relevante é responsável, respectivamente, pelos localizados diretamente abaixo deles, partindo inicialmente de um primeiro nível que compreende os ligados diretamente ao objetivo central estudado, até o último, composto pelas alternativas ao SMD em consideração (COSTA, 2006; SAATY, 2008, MARINS et al., 2010).

Como a interação entre os eles ocorre de maneira paritária, existe a possibilidade da associação de valores quantitativos que representam a importância na relação entre cada um deles e reflete a sua situação em pares, o que gera a matriz representativa do fator estudado e, posteriormente, as taxas de substituição globais dos critérios em proporção ao objetivo (SAATY, 2008, MARINS et al., 2010).



### 3 METODOLOGIA

No presente capítulo são apresentadas as abordagens que tratam sobre a estrutura de construção da mensuração de desempenho, de modo a clarificar a maneira com que a pesquisa foi concebida.

#### 3.1 Enquadramento metodológico

Diante dos fatos anteriormente citados, o enquadramento da metodologia tem por concepção básica esclarecer ao leitor a maneira a qual foram determinadas os procedimentos e técnicas determinadas para o desenvolvimento do projeto de pesquisa. Portanto, a estrutura exposta no Quadro 2 mostra o enquadramento metodológico ao qual se distinguem para o trabalho em questão.

<b>Classificação</b>	<b>Enquadramento</b>	<b>Autores</b>
Natureza	Aplicada	Mattar (2005); Gil (2010)
Forma de abordagem	Qualitativa	Denzin e Lincoln (2005); Corbin e Strauss (2008); Flick (2009)
	Quantitativa	Leopardi et al. (2001); Yin (2005)
Objetivos	Exploratória	Rey (2002); Jung (2004); Silva e Menezes (2005); Gil (2010)
	Descritiva	Silva e Menezes (2005); Pacheco Júnior et al. (2007)
Procedimentos técnicos	Bibliográfica	Silva e Menezes (2005); Gil (2010)
	Estudo de caso	Scholz e Tietje (2002); Yin (2005); Miguel (2011); Martins (2008)
Método científico	Indutivo	Santos e Candeloro (2006); Marconi e Lakatos (2010)
Coleta de dados	Observação	Marconi e Lakatos (2010); Miguel (2011)
	Pesquisa	Marconi e Lakatos (2010); Miguel (2011)

Quadro 2 – Enquadramento metodológico da pesquisa

Pode-se dizer quanto à natureza da metodologia do trabalho que este se enquadra de acordo com um rol de pesquisas denominadas como aplicadas, devido a forte relação existente entre os dados e a informações obtidas no ambiente real

analisado com os objetivos e proposições elucidadas durante o estudo, focando como consequência na adoção prática deste no cotidiano dos envolvidos com o processo de mensuração dos BRTs no país.

Em relação à forma de abordagem ao tema, primeiramente o tema foi analisado sob o enfoque qualitativo, a fim de contemplar características inerentes a mobilidade urbana e, mais em específico, dos BRTs, de maneira a ser necessário para o seu pleno embasamento pesquisas bibliográficas das condicionantes para a mensuração do seu desempenho. Com esse rol de dados em mãos, fez-se necessária a aplicação de metodologias quantitativas, com o intuito de realizar a transformação dos dados em informações numéricas as quais são possíveis de serem tratadas e verificadas conforme as características dos indicadores em questão. Para tanto, utilizou-se o *softwares* como o *Microsoft Excel®*, desenvolvido pela *Microsoft Corporation®*. Em um terceiro momento houve, novamente, a conversão das informações numéricas para uma base qualitativa, separada em cinco intervalos distintos, desde um inferior denominado por “Insatisfatório” até o mais superior chamado de “Satisfatório”.

Quanto aos objetivos da linha metodológica, pode-se dizer que o trabalho possui dois enquadramentos distintos: a pesquisa exploratória, onde foram realizados levantamentos bibliográficos, documentais a respeito das normatizações relativas ao tema, entrevistas com envolvidos da área e verificação de exemplos a respeito de casos semelhantes ao estudado, e a pesquisa descritiva, que buscou conceber o levantamento dos dados a fim de responder as principais questões relativas ao problema.

Os procedimentos técnicos utilizados estão relacionados a duas formas complementares de relacionamento metodológico da pesquisa: o estudo bibliográfico e o estudo de caso, estando o primeiro vinculado ao desenvolvimento da mensuração a partir de materiais e constatações anteriormente publicadas por outros autores, enquanto o segundo está elencado pois está diretamente relacionado ao detalhado estudo dos objetivos propostos.

Além disso, por justamente se tratar de uma pesquisa que recorre da análise de casos em particular a fim de servirem como um padrão normalizado para possíveis estudos futuros a respeito do tema tem-se que o trabalho se enquadra quanto ao método científico classificado como de princípio indutivo.

Por fim, a coleta de dados foi realizada primeiramente com a observação do sistema através de uma visão externa do seu funcionamento, de maneira sistemática e individual, sob condições controladas e com padrões pré-estabelecidos anteriormente ao seu início. Com as informações coletadas foi possível estruturá-las em uma rede para se diagnosticar quais os pontos que necessitam de um maior embasamento, organizando-se para tal uma forma estruturada para a sua obtenção, conforme o procedimento metodológico descrito na seção 3.2.

### 3.2 Desenvolvimento da pesquisa

Para compreender os principais aspectos abordados, a pesquisa foi concebida em cinco etapas sequenciais, denominadas por: Revisão bibliográfica; unidades de análise; desenvolvimento da modelagem; aplicação da modelagem e considerações finais, interligados sob o regime proposto na Figura 6.

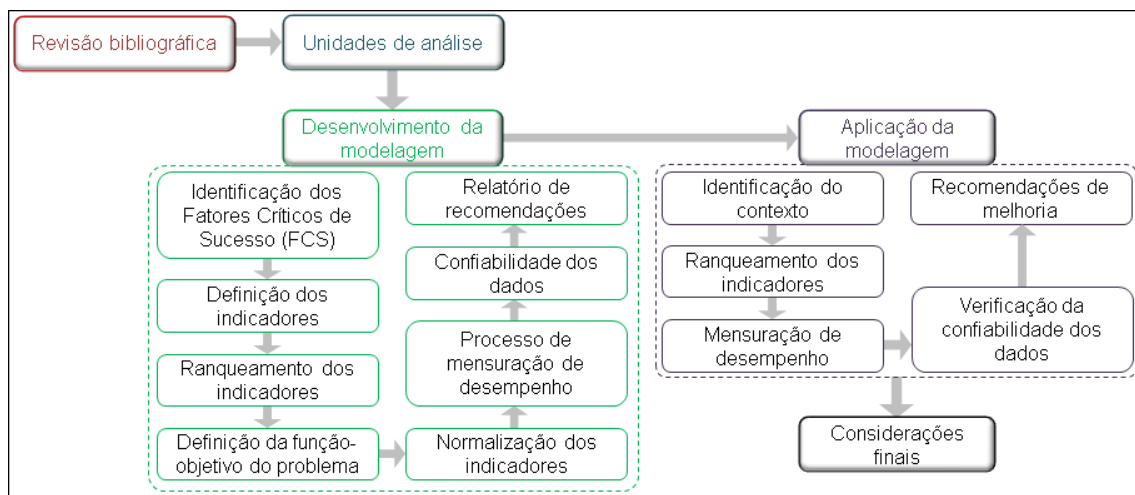


Figura 6 – Processos para o desenvolvimento da pesquisa

#### 3.2.1 Construção teórica do problema

A primeira parte da pesquisa foi compreendida através do estudo sobre as principais teorias e conceitos a respeito dos temas abordados. Para tanto, houve a

necessidade de se recorrer a ferramentas de investigação capazes de retornar ao pesquisador informações com alto grau de fundamento, como o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e os editoriais *Scientific Direct*, *Emerald* e *Scopus*, a fim de se obter artigos de relevância publicados em revistas nacionais e internacionais. Em conjunto, foram pesquisadas referências em livros sobre os principais autores e anais de congressos.

### 3.2.2 Unidades de análise

Como base de dados utilizou-se estudos relativos a situação do BRT no Brasil disponibilizados no Global BRT (2013), sendo esta reconhecida como a agência mundial responsável por prover um conveniente repositório a respeito das características de operacionalização do setor, visando estabelecer um vínculo entre a temática, os pesquisadores, organizações não governamentais e agências de trânsito, por meio do recolhimento de informações periódicas diretamente em cada um dos centros urbanos listados, a fim de expandir as possibilidades acerca da busca de melhores práticas para o crescimento e difusão do assunto em um âmbito global.

Assim, a proposta utiliza o acervo unificado de informações coletado dos maiores centros em excelência a respeito de estudos sobre BRT no Mundo, tais como:

- a) *Across Latitudes and Cultures - Bus Rapid Transit (ALC-BRT)*: Centro de excelência no desenvolvimento de ferramentas para as etapas de planejamento, implementação e operacionalização em diferentes áreas urbanas que desejam ou já possuem instalados o BRT, retornando aos interessados manuais e diretrizes a respeito das possíveis melhores decisões a serem tomadas para garantir um projeto capaz de se tornar eficiente, atendendo as demandas locais por mobilidade urbana;
- b) *EMBARQ*: É um centro voltado para a organização de estudos a respeito da sustentabilidade nos transportes, de modo a buscar solucionar os problemas de mobilidade nos centros urbanos por meio da implementação de ações que sejam consideradas financeiramente sustentáveis, melhorando

assim a qualidade de vida nas cidades;

c) *The International Energy Agency* (IEA): Organização independente que se certifica em trabalhar em prol da busca pelo desenvolvimento de energias limpas para o transporte motorizado, contando atualmente com um total de vinte e oito dos mais importantes países mundiais; e

d) *The Latin American Association of Integrated Transport Systems and BRT* (SIBRT): É composta por vinte e uma das maiores agências de controle do trânsito existentes na América Latina, no qual visa a troca de informações a respeito das melhores práticas sobre o tema, promovendo, estreitando e fortalecendo melhores práticas gerenciais e operacionais dos transportes públicos urbanos.

Diante desse contexto, é possível afirmar que a base de dados estabelecida como referencial do estudo se encontra em plenas condições de atender a expectativa a respeito do problema de pesquisa abordado.

### 3.2.3 Desenvolvimento da modelagem

Sendo o processo operacional de deslocamento de pessoas no BRT realizado por meio de três etapas distintas (captação, transporte e distribuição), a mensuração de desempenho do sistema adotado deve, obrigatoriamente, estar predisposta com base em fatores críticos aos quais se derivam em uma estrutura decomposta em níveis, até se atingir um ponto onde as especificidades atendam a correlação coerente entre fatores e os indicadores, conforme mostra a Figura 7, a fim de atender a necessidade de se converter os fatores qualitativos em informações quantitativas, o que possibilita a realização de verificações matemáticas para se gerar resultados que atendam satisfatoriamente ao cumprimento do objetivo.

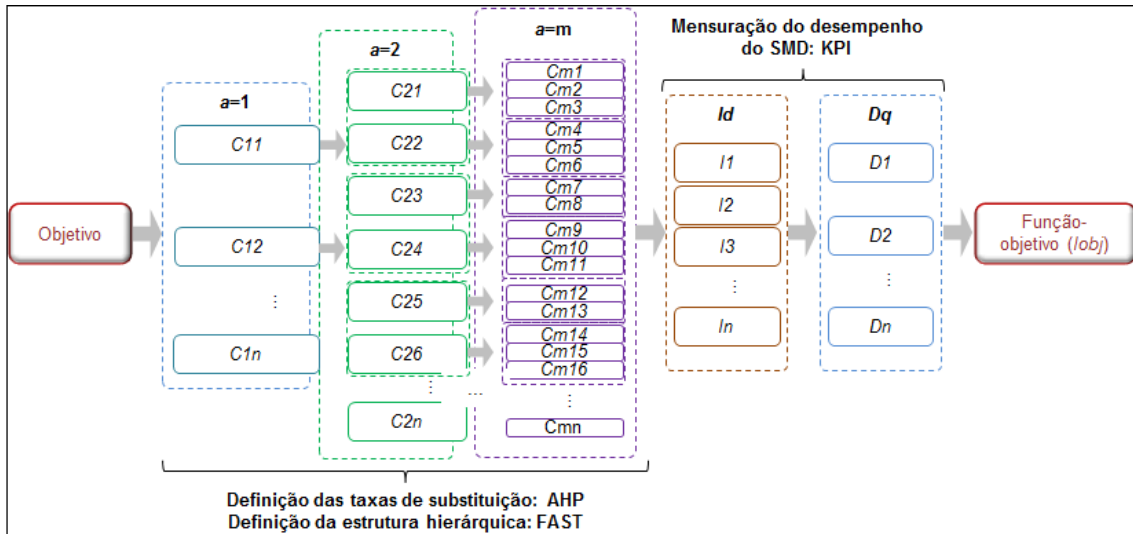


Figura 7 – Estrutura esquemática da modelagem

A identificação dos Fatores Críticos de Sucesso ( $Cat$ ) e indicadores ( $Id_b$ ) partiu de pesquisas acerca dos temas mobilidade urbana e BRT descritos em Levinson et al. (2003), Kittelson & Associates et al. (2007), Wright e Hook (2007), Lerner (2009), NTU (2011), Embarq Brasil (2013) e Global BRT (2013), onde  $\forall t, d, b \in \{1, 2, \dots, n\}$  e  $a \in \{1, 2, \dots, m\}$ :

$a$ : define a localização do fator em relação a estrutura hierárquica;

$t$ : é a indicação ordinal da sua posição no nível em que se encontra;

$d$ : valor representativo dos indicadores para o SMD; e

$b$ : índice que identifica cada um dos centros urbanos escolhidos para serem submetidas à avaliação.

Por se tratar de uma hierarquização, notou-se a necessidade de se recorrer a uma formatação capaz de organizar estes de maneira sequencial e organizada. Para tanto, propõem-se a utilização do método *Function Analysis System Technique* (FAST), por esta atender a demanda de organização dos fatores elencados como relevantes em relação ao problema de pesquisa, certificando a compreensão geral do tema, com base em autores como Bartolomei e Smith, (2001), Bytheway, (2007) e Mukhopadhyaya, (2012), através das respostas obtidas com os questionamentos básicos “como?” (do nível objetivo até os indicadores) e “por quê?” (dos indicadores ao nível objetivo) até o último nível da estrutura como o responsável para a realização da verificação do sistema.

Na tarefa de ranqueamento, com base nos pressupostos de Guitouni e Martel (1998), escolheu-se a abordagem relativa ao Apoio Multicritério à Decisão (AMD) como a mais adequada para a compreensão dos aspectos relativos a formatação das taxas de substituição que refletirão o comportamento a ser seguido pelos fatores e indicadores. Assim, tal tarefa foi realizada a partir, principalmente, dos embasamentos descritos nas obras de Gomes, Arraya e Carragnano (2004), Saaty (2008), Marins et al. (2010), Gomes e Gomes (2012) e Saaty e Vargas (2012), os quais elucidam o papel agregador desse tipo de metodologia para a construção de um pensamento multidimensional, através de um elevado grau de transparência e sistematização dos processos, visando por fim o auxílio para a tomada de decisão por parte dos envolvidos.

Inseridos nesse contexto, buscou-se utilizar os pressupostos contidos no Processo de Análise Hierárquica (AHP), de modo a se utilizar dos conceitos a respeito da concepção de matrizes de julgamentos durante os vários níveis da estrutura, visando por fim determinar em relação aos indicadores quais possuem maior relevância para a contextualização do trabalho.

Para quantificar estas interações, foram desenvolvidos dois diagnósticos a serem submetidos à decisores ( $p$ ) escolhidos no momento de se realizar a aplicação prática da modelagem. O “Diagnóstico 1” (Apêndice A) tem por objetivo contemplar a hierarquização dos fatores localizados no segundo nível ( $C2t$ ) em relação ao objetivo, por meio da escala quantitativa ordinária  $\alpha$ ,  $\forall \alpha \in \{1,2, \dots, 10\}$ , de modo que 1 denota uma importância pequena de  $C2t$  em relação ao contexto, e 10 uma relevância considerada de alto padrão. Já o “Diagnóstico 2” (Apêndice B) permeia a ordenação dos indicadores de acordo com a sua relevância quando comparado aos fatores originários localizados no nível dois ( $Id_b \subset C2t$ ), novamente através da escala  $\alpha$ . No final desta etapa, espera-se obter, por intermédio da unificação dos valores obtidos, o ranqueamento dos indicadores segundo a opinião dos decisores.

Quanto aos métodos de avaliação de desempenho, partiu-se dos estudos a respeito das premissas consideradas por Olson e Slater (2002), Kaplan e Norton (2008), Parmenter (2010), Bartz et al. (2011) e Hubbard, Rice e Beamish (2011), de modo que foi escolhida a metodologia *Key Performance Indicators* (KPI) por esta possuir como foco o tratamento dos indicadores de maneira interrelacionada em um sistema no qual tem, por finalidade principal, mensurar o nível de desempenho da função-objetivo de maneira simples e clara aos *stakeholders*, além de possibilitarem

a compreensão de todas as informações necessárias para a definição de cada um deles.

Por se tratar de indicadores que possuem como natureza de origem unidades de medidas próprias, existe a possibilidade da comparação entre elas serem distintas, fato que pode tornar a verificação sob um contexto global falha. A fim de mitigar esses efeitos, é proposta a normalização a partir do modelo pressuposto pelo *software PerformancePoint Server (2007)*®, desenvolvido pela *Microsoft Corporation*®, por ser uma ferramenta de simples aplicação que atende satisfatoriamente a demanda para a unificação dos módulos encontrados. Após essas definições, tem-se o processo de mensuração propriamente dito, de maneira a estar em conformidade com os parâmetros e diretrizes pré-estabelecidos durante a etapa de elaboração do SMD, aos quais se espera, ao final, a obtenção de valores fidedignos a realidade do contexto estudado,

A fim de garantir que a modelagem possa gerar resultados que remetam consideravelmente a realidade em relação aos dados disponibilizados, foi proposta a utilização de quatro técnicas para a verificação do nível de confiança da aplicação prática, de modo a abordar diversos momentos distintos ao decorrer da compilação dos resultados. Primeiramente, com base nos pressupostos descritos por Saaty (2008), deve-se calcular a razão de consistência dos julgamentos estabelecidos nas análises hierárquicas do problema. Em um segundo momento tem-se a minimização dos erros no módulo calculado para o ranqueamento dos fatores e indicadores, em proporção as diferentes técnicas de AHP determinadas para compor esta etapa do SMD.

O terceiro método propõe a verificação do grau de consistência lógica dos decisores na relação quantitativa proposta no “Diagnóstico 2”, a fim de evitar a ocorrência de discrepâncias entre os dados obtidos que podem afetar diretamente na hierarquização dos KPIs (ANDERSON et al., 2013). Por fim, a quarta técnica, definida por Análise de Sensibilidade (VALENTE; VETTORAZZI, 2009; NEUENFELDT JÚNIOR et al., 2014), visa a adoção de cenários a fim de simular se a modelagem mantém constante o padrão de comportamento dos resultados ao decorrer de possíveis modificações, racionais, no momento da inserção da opinião dos decisores e dos *inputs* relativos as condições dos centros urbanos em relação aos indicadores determinados no SMD.



Por último tem-se a elaboração de relatórios a fim de resumir os principais pontos encontrados durante a mensuração, recomendando possíveis ações as quais possam ser tomadas para a melhoria das condições atuais, não deixando de ressaltar também os pontos positivos e o nível de contribuição destes para o resultado global.

### 3.2.4 Aplicação da modelagem

Segundo dados da Embarq (2013), o Brasil possui trinta e um centros urbanos que possuem BRTs instalados, dos quais se pode afirmar que são o universo do contexto, sendo caracterizadas demograficamente em relação ao número de passageiros por dia transportados através da Figura 8.

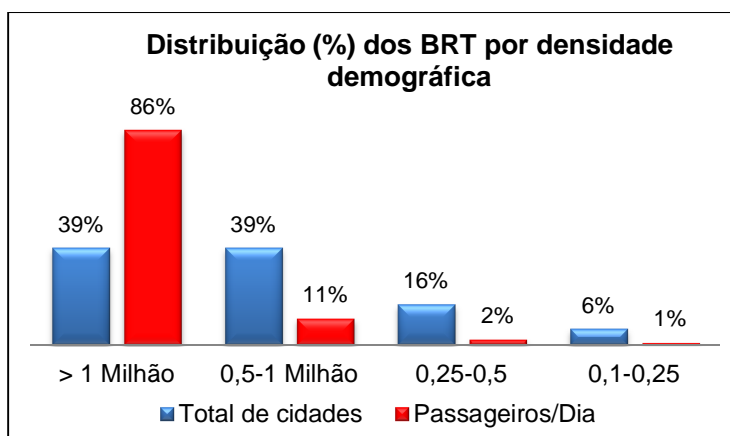


Figura 8 – Distribuição dos BRTs por densidade demográfica no Brasil

Fonte: NTU (2011); IBGE (2013).

É perceptível que a maior significância de passageiros transportados por dia se encontra nas cidades acima de um milhão de habitantes, apesar de possuir o mesmo número de localidades que o intervalo composto entre locais de 500 mil a um milhão (39%), diferença esta notadamente explicada pela maior consolidação do BRT ao decorrer dos anos naquelas, devido a maior demanda de passageiros naturalmente existente devido a sua distribuição populacional ser mais elevada.

Dessa forma, foram escolhidas para servirem como referência para a aplicação prática do SMD as cidades que se encontram contidas na faixa demográfica superior a um milhão de habitantes, devido a sua significativa relevância ao contexto, além de permitirem contemplar significativamente a maior parte das questões envolvidas com a operacionalização dos BRTs no país, onde é possível contemplar doze centros urbanos: São Paulo; Rio de Janeiro; Recife; Salvador; Brasília; Fortaleza; Olinda; Belo Horizonte; Curitiba; Porto Alegre e Goiânia.

Para a concepção da aplicação ao SMD desenvolvido, a coleta de dados foi viabilizada em dois momentos distintos, onde o primeiro, realizado em Outubro de 2013, contemplou a extração dos valores referentes as condições de cada uma das cidades supracitadas. Já o segundo momento permeou a submissão do diagnóstico a um decisor especialista da área (maiores detalhes na seção 5.1), que ocorreu durante o mês de Janeiro de 2014 através dos Diagnósticos 1 e 2 supracitados.

## **4 DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM**

De modo a apoiar a construção da modelagem para mensuração de desempenho dos BRTs brasileiros, o desenvolvimento a seguir está predisposto a partir do cumprimento de seis etapas de tratamento dos dados, que permeiam desde a escolha dos pontos considerados como fundamentais para o sucesso do sistema até a consolidação propriamente dita do processo de avaliação.

### **4.1 Identificação dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS)**

Conforme descrito anteriormente, o BRT é um conceito de transporte público constituído de três pontos fundamentais para o seu pleno funcionamento, a captação, o transporte e a distribuição, havendo, como consequência, um variado número de fatores, tanto no seu contexto interno quanto externo, que os interferem direta e indiretamente. A fim de tornar a tarefa de determinar quais destes são de real relevância para o caso, primeiramente é necessária a definição dos considerados como mais relevantes para que a processo de transportes por meio do BRT seja bem sucedido, denominados por Fatores Críticos de Sucesso (FCS), localizados no primeiro nível da estrutura hierárquica do problema ( $a = 1$ ). Assim, o Operacional (C11) foi selecionado, pois é capaz de caracterizar a situação estudada sob a ótica da forma com que a prestação de serviço ocorre diretamente com o usuário, bem como das suas limitação e variantes que impactam na eficiência da sua utilização diária (LEVINSON et al., 2003; WRIGHT; HOOK, 2007; LERNER, 2009; NTU, 2011).

Em segundo momento, é proposta a utilização dos conceitos a respeito da maneira com que os fatores Estruturais (ou Estrutural) (C12) influenciam no BRT instalado, a partir da verificação de como está caracterizado cada um dos elementos de infraestrutura, a fim de disponibilizar ao usuário qualidade e satisfação desde a sua entrada em uma estação até a saída no seu ponto de destino. Por fim, conceituam-se os fatores de natureza Sistemática (C13), pois possuem uma forte correlação com a mensuração do efeito em que condições externas podem afetar

positiva ou negativamente o sistema, a fim de visualizar possíveis condições de extensão deste em relação ao centro urbano em questão e do nível em que este tipo de modal está atingindo os usuários do local, além de abranger a verificação das questões sociais e econômicas que norteiam a sua operação (WRIGHT; HOOK, 2007; LERNER, 2009).

Dessa forma, com o auxílio da ferramenta *Function Analysis System Technique* (FAST), foi possível estratificar os fatores em um segundo nível hierárquico ( $\alpha = 2$ ), a partir da relação existente entre esses e o contexto no qual o BRT no Brasil está inserido, conforme a estrutura mostrada na Figura 9.

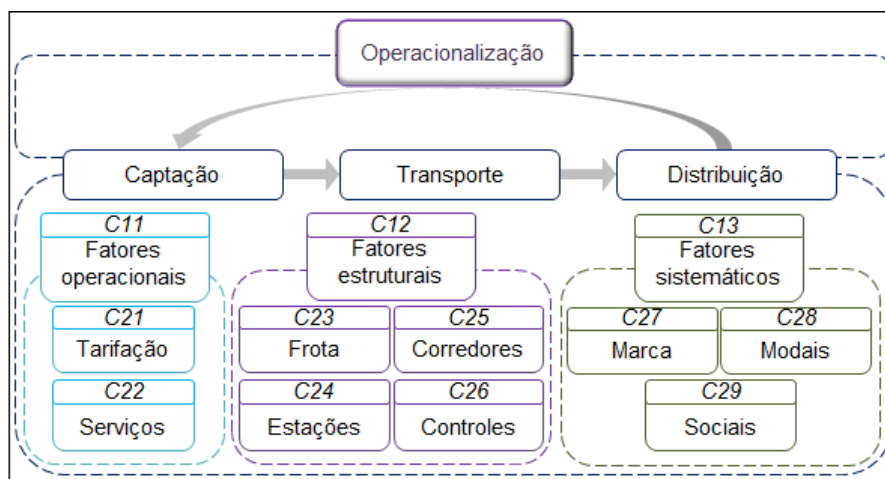


Figura 9 – Estrutura hierárquica dos fatores para o SMD

Quanto às questões Operacionais destacam-se dois pontos primordiais para o seu pleno funcionamento, a Tarifação (C21) e o Serviços (C22). O primeiro está vinculado a fatos relacionados as tabelas de preços predispostas aos usuários do transporte, o que compreende desde valores mais populares a fim de atingir a população localizada geralmente nos subúrbios dos centros urbanos, até locais em que o fluxo de pessoas é maior e mais constante. Já segundo define como o BRT está predisposto na sua operação propriamente dita, relacionado a forma com que o desenvolvimento do serviço ocorre, bem como da sua eficiência operacional, de modo a servir como balizador prático para o caso de se prever futuras expansões do sistema (WRIGHT; HOOK, 2007; RODRIGUEZ; MOJICA, 2009).

Para as Estruturais, o critério frota (C23) é caracterizado pelo levantamento dos dados sobre os tipos de veículos selecionados para o deslocamento e suas

características intrínsecas de acordo com a demanda encontrada. Enquanto isso, os nomeados por Estações (C24) e Corredores (C25) permeiam os estudos vinculados a captação e a distribuição dos usuários ao decorrer dos itinerários dispostos na organização urbana e da maneira com que as agências de transportes consolidam fisicamente a operação, fatos que estão diretamente vinculados aos estudos a respeito dos corredores e a sua disposição física perante o cenário urbano (WRIGHT; HOOK, 2007; LERNER, 2009; RODRIGUEZ; MOJICA, 2009).

Os Controles (C26) atendem a mensuração do nível em que se encontra o monitoramento da operação propriamente dita em relação ao comportamento dos deslocamentos diários, de modo a tornar viável a geração de informações capazes de mitigar as chances de não cumprimento dos planejamentos estabelecidos para as rotas (WRIGHT; HOOK, 2007; NTU, 2011).

Com relação aos fatores Sistemáticos, a Marca (C27) trata da divulgação do BRT perante os usuários, de maneira a servir de apoio para a identificação de itinerários e sua abrangência de cobertura. Os Modais (C28) representam o percentual de tipos distintos de meios de locomoção públicos e privados presentes nos centros urbanos, enquanto o Social (C29) está vinculado aos aspectos relacionados ao usuário do transporte e o nível de conforto disponibilizado, bem como das formas com que a implantação afeta direta e indiretamente na organização da sua rotina de transporte (WRIGHT; HOOK, 2007; LERNER, 2009).

## **4.2 Definição dos KPIs**

Por meio da estratificação exposta, foi possível realizar a concepção teórica dos indicadores que permeiam o SMD (Tabela 1), de acordo com as especificações dos fatores localizados em  $a = 2$  e as referências bibliográficas identificadas na seção metodológica.

Tabela 1 – Definição dos indicadores do Sistema de Mensuração de Desempenho

(continua)

KPI	Nomenclatura	Definição	Métrica	Unidade de medida	Escala	Tendência
Abrangência	I1	Identificar proporcionalmente qual é a fatia da população localizada no centro urbano em questão que utiliza os BRT instalados	$I1_b = \frac{(DA)}{PP}$	Absoluta	$[0, +\infty)$	Crescente
Índice de lucratividade	I2	Presumir a eficiência financeira da operação, por meio do nível de contribuição de cada um para o faturamento bruto da operação	$I2_b = \frac{FB}{DA}$	Monetária (Reais)	$[0, +\infty)$	Crescente
Velocidade comercial nominal	I3	Medir a velocidade operacional média do BRT	$I3_b = \left( \frac{\sum_{c=1}^m vm_c}{m} \right) \times \frac{1}{m}$	Quilômetros por hora (km/h)	$[0, +\infty)$	Crescente
Funcionamento em horários "de pico"	I4	Entender a maneira que o BRT atende a demanda de passageiros existente em horários considerados como de "pico" (início da manhã e final da tarde em dias comerciais)	$I4_b = \frac{PPH}{OPH}$	Absoluta	$[0, +\infty)$	Crescente
Cobrança integrada	I5	Identificar qual é a forma de cobrança da tarifa, seja a bordo do ônibus ou externamente	$I5_b = COB$	Absoluta	$(0, 1)$	Crescente
Qualidade operacional	I6	Determinar os diferenciais competitivos, em relação ao sistema convencional de transporte por ônibus, que remetem no aumento da eficiência da operação do BRT	$I6_b = \frac{TS+SPC+SE}{3}$	Absoluta	$[0, 2,33]$	Crescente
Preço cobrado	I7	Valor médio da tarifa em relação aos preços superiores, intermediários e inferiores adotados	$I7_b = \frac{(TS-TI)+TM}{2}$	Monetária (Reais)	$[0, +\infty)$	Decrescente

(continuação)

KPI	Nomenclatura	Definição	Métrica	Unidade de medida	Escala	Tendência
Infraestrutura das estações	18	Visualizar a maneira e a qualidade com que as instalações físicas das estações estão dispostas	$18_b = \frac{TPE+NEI+AFI+PE}{4}$	Absoluta	[0, 2,25]	Crescente
Infraestrutura dos corredores	19	Visualizar a forma e a qualidade com que as instalações dos corredores estão dispostas, a fim de viabilizar o traslado dos veículos, focado na busca pela otimização da eficiência do serviço	$19_b = \frac{TPC+PU+PPF+ISF}{4}$	Absoluta	[0, 2,75]	Crescente
Infraestrutura de controle	110	Identificar a maneira com que está predisposta a organização e controle do tráfego ao decorrer dos corredores instalados, bem como da disponibilização de informações em tempo real	$110_b = \frac{CC+CPE+ITR}{3}$	Absoluta	[0, 2]	Crescente
Distância entre estações	111	Medir a distância média entre os locais disponibilizados para as estações ao decorrer dos corredores BRT, de modo a ser possível a visualização da frequência com que o passageiro pode embarcar ou desembarcar do ônibus	$111_b = \frac{TAS}{1}$	Metros (m)	[0, +∞)	Decrescente
Nível de integração	112	Relacionar a quantidade de terminais do tipo integração entre linhas, ou de transferência para outros sistemas de transportes	$112_b = \frac{TIN+ETR}{m}$	Absoluta	[0, +∞)	Crescente
Características técnicas da frota	113	Definir a maneira com que os procedimentos técnicos estão relacionados em relação ao desempenho da frota	$113_b = \frac{POP+TCO}{2}$	Absoluta	[0, 3,5]	Crescente
Tamanho das estações	114	Mensurar o comprimento médio total das estações	$114_b = \frac{\sum_{e=1}^l TE_e}{1}$	Metros (m)	[0, +∞)	Crescente

(conclusão)

KPI	Nomenclatura	Definição	Métrica	Unidade de medida	Escala	Tendência
Uso de modais públicos (motorizados e não motorizados)	115	Estimar o total da população do local que utiliza, diariamente, os modais de transportes públicos motorizados e não-motorizados, em relação aos privados motorizados	$I15_b = MNM + MPM$	Percentual	$[0, +\infty)$	Crescente
Índice de acidentes no trânsito	116	Identificar o quanto da parcela da população esteve envolvida diretamente com acidentes oriundas do sistema viário urbano, representando assim o nível de segurança dos sistemas de transportes do local	$I16_b = \frac{TFA}{PP} \times 1000$	Absoluta	$[0, +\infty)$	Decrescente
Avaliação do BRT pelos usuários	117	Definir, por meio do indicador oriundo da EMBARQ Brasil (2013), qual o grau de satisfação dos usuários com os serviços disponibilizados pelo BRT	$I17_b = RT$	Absoluta	$[0, 1, 2, 3]$	Crescente
Marketing	118	Medir o nível de preocupação das agências reguladoras do BRT no local de atender as exigências quanto às questões de comunicação e identificação da marca	$I18_b = ELM + IP$	Absoluta	$[0, 1, 2]$	Crescente



Onde:

$t$ : Razão temporal relacionada ao período em que compreende a mensuração,  
 $\forall t \in \{1, 2, \dots, n\}$ ;

$c$ : Total de corredores compreendidos no BRT,  $\forall c \in \{1, 2, \dots, m\}$ ;

$e$ : Número de estações contidas em cada corredor,  $\forall e \in \{1, 2, \dots, l\}$ ;

$b$ : cidades adotadas para verificação do desempenho,  $\forall b \in \{1, 2, \dots, n\}$ ;

$DA$ : Demanda de passageiros;

$PP$ : População total do centro urbano em questão, segundo IBGE (2013);

$FB$ : Faturamento bruto da operadora do sistema;

$vm$ : Velocidade média comercial no corredor;

$PPH$ : Passageiros transportados por hora por sentido em horários “de pico”;

$OPH$ : Ônibus disponibilizados por hora por sentido em horários “de pico”;

$COB$ : Maneira com que a cobrança tarifária é realizada,

$$\forall COB = \begin{cases} 1, \text{ se existe} \\ 0, \text{ se não existe} \end{cases}$$

$TS$ : Tipo de serviço disponibilizado,

$$\forall TS = \begin{cases} 1, \text{ serviço tradicional} \\ 2, \text{ linhas troncais} \\ 3, \text{ linhas troncais com alimentadores} \end{cases};$$

$SPC$ : Sistema utilizado para realizar o controle dos semáforos no cruzamento,

$$\forall SPC = \begin{cases} 0, \text{ não existe} \\ 1, 5, \text{ parcial} \\ 3, \text{ total} \end{cases};$$

$SE$ : Capacidade de disponibilizar serviços expressos aos usuários,  $\forall SPC =$

$$\begin{cases} 1, \text{ se existe} \\ 0, \text{ se não existe} \end{cases}$$

$TS$ : Maior tarifa cobrada no sistema;

$TI$ : Menor tarifa cobrada;

$TM$ : Preço intermediário da tarifa;

$TPE$ : Tipo de piso utilizado para revestir a estação,

$$\forall TPE = \begin{cases} 1, \text{ asfalto} \\ 2, \text{ concreto e asfalto} \\ 3, \text{ concreto} \end{cases};$$

$NEI$ : Nível da estação de embarque,

$$\forall NEI = \begin{cases} 1, \text{na rua com nenhum nível embarque} \\ 1,5, \text{plataforma piso baixo e na rua com nenhum nível embarque} \\ 2, \text{Plataforma piso alto e na rua com nenhum nível embarque} ; \\ 2,5, \text{plataforma de piso baixo} \\ 3, \text{plataforma de piso alto} \end{cases}$$

$$AFI: \text{Existência de alimentadores integrados, } \forall AFI = \begin{cases} 2, \text{se existe} \\ 1, \text{parcial} ; \\ 0, \text{se não existe} \end{cases}$$

$$PE: \text{Existência de reforço estrutural nas estações, } \forall AFI = \begin{cases} 1, \text{se existe} ; \\ 0, \text{se não existe} \end{cases}$$

TPC: Tipo de piso utilizado para revestir o corredor,

$$\forall TPC = \begin{cases} 1, \text{asfalto} \\ 2, \text{concreto e asfalto} ; \\ 3, \text{concreto} \end{cases}$$

PU: Ocorrência de pistas que permitam a ultrapassagem entre os ônibus,

$$\forall PU = \begin{cases} 1, \text{não existe} \\ 1,5, \text{parcial} ; \\ 3, \text{total} \end{cases}$$

PPF: Posição das pistas em relação ao fluxo de veículos,

$$\forall PU = \begin{cases} 1, \text{na calçada} \\ 2, \text{mista} ; \\ 3, \text{mediana} \end{cases}$$

ISF: Interseções de veículos e ônibus ao decorrer dos corredores separadas,

$$\forall ISF = \begin{cases} 0, \text{não existe} \\ 1, \text{parcial} ; \\ 2, \text{total} \end{cases}$$

CC: Existência de central de controle das condições de circulação dos

$$\text{coletivos, } \forall CC = \begin{cases} 0, \text{não existe} \\ 1, \text{parcial} ; \\ 2, \text{total} \end{cases}$$

CPE: Possibilidade de cobrança da tarifa pré-embarque,

$$\forall CPE = \begin{cases} 0, \text{não existe} \\ 1, \text{parcial} ; \\ 2, \text{total} \end{cases}$$

ITR: Disponibilização de informações sobre o sistema em tempo real,

$$\forall ITR = \begin{cases} 0, \text{não existe} \\ 1, \text{parcial} ; \\ 2, \text{total} \end{cases}$$

TAS: Tamanho total do BRT instalado e em funcionamento;

TIN: Quantidade de terminais de integração do BRT;

ETR: Quantidade de estações de transferência para diferentes modais de

transportes;

*POP*: Posição das portas de embarque/desembarque,

$$\forall POP = \begin{cases} 1, \text{direita} \\ 2, \text{esquerda} \\ 3, \text{direita e esquerda} \end{cases};$$

*TCO*: Tipo majoritário de combustível utilizado,  $\forall POP = \begin{cases} 1, \text{direita} \\ 2, \text{esquerda} \\ 3, \text{direita e esquerda} \end{cases};$

*TE*: Tamanho de cada estação;

*MNM*: Percentual da população que utiliza modais não motorizados em seus deslocamento diário padrão;

*MPM*: Percentual da população que utiliza modais não motorizados em seus deslocamento diário padrão;

*TFA*: Total de fatalidades registradas devido a acidentes de trânsito envolvendo veículos de transportes públicos;

*RT*: Resultado da avaliação de satisfação do usuário conduzida pela Embarq

$$\text{Brasil (2013), } \forall RT = \begin{cases} 1, \text{ruim} \\ 2, \text{médio} \\ 3, \text{bom} \end{cases};$$

*ELM*: Existência de logotipo e marca características do sistema,  $\forall ELM = \begin{cases} 0, \text{não} \\ 1, \text{sim} \end{cases}; e$

*IP*: Identificação própria da frota de ônibus pertencente ao BRT,  $\forall IP = \begin{cases} 0, \text{não} \\ 1, \text{sim} \end{cases}.$

Por fim, foi necessário parametrizar a métrica do alvo (ou meta)  $TId_b$ , segundo a Equação (1), a partir da determinação do conceito de nível de exigência (*NE*) esperado no momento de aplicar o SMD,  $\forall NE \geq 0$ , de modo a ser atribuído conforme as expectativas de performance esperadas para a avaliação dos centros urbanos envolvidos no contexto,

$$TId_b = \frac{\sum_{b=1}^n Id_b}{n} \times (1 + NE) \quad (1)$$

onde a unidade de medida de  $TId_b$  segue os pressupostos do tipo de natureza de operação do  $Id_b$  em questão.

### 4.3 Ranqueamento dos KPIs

A presente etapa é composta primeiramente por meio do cálculo das taxas de substituição para os fatores anteriormente designados que, posteriormente, possibilitam a geração da hierarquização referente aos KPIs. Em ambos os casos foram utilizados os pressupostos da AHP.

Portanto, a construção matemática inicia com a conversão dos índices de relevância  $c_{\alpha}2t(p)$  apontados pelos decisores no “Diagnóstico 1” e que se encontram descritos no formato da escala  $\alpha$ , Equação (2), pois as matrizes de julgamento devem ser balizadas a partir de duas escalas, conforme a técnica proveniente da AHP utilizada, sendo  $\beta$  relativa a avaliação fundamental desenvolvida por Saaty (1980) para a AHP clássica ( $\varepsilon = 1$ ) e AHP com nebulosidade ( $\varepsilon = 3$ ), que compreende valores entre  $\beta = (1; 9)$ , e  $\gamma$ , designada a avaliação natural de Lootsma (1993), sendo  $\gamma = (-8; 8)$  utilizada na MAHP ( $\varepsilon = 2$ ) e MAHP com nebulosidade ( $\varepsilon = 4$ ), as quais geram as novas parametrizações para a avaliação dos fatores de segundo grau ( $\alpha = 2$ ) descritas como  $c_{\varepsilon}2t$ .

$$c'_{\varepsilon}2t(p) = \begin{cases} \varepsilon = 1 \rightarrow c_{\alpha}2t(p) \times \frac{c'_{1max}}{c_{\alpha}max}; \forall c_{\alpha}2t(p) > 1 \\ \varepsilon = 2 \rightarrow [c_{\alpha}2t(p) \times c'_{2max}] - (2 \times c'_{2max} - |c'_{2min}|) \end{cases} \quad (2)$$

onde  $c'_{1max}$ ,  $c_{\alpha}max$  e  $c'_{2max}$  são relativos aos máximos possíveis de serem atingidos em  $c_{\alpha}2t(p)$ ,  $c'_{1}2t(p)$  e  $c'_{2}2t(p)$ . Em situação oposta,  $c'_{2min}$  é o mínimo de  $c'_{2}2t(p)$ .

Como  $\varepsilon = 3$  e  $\varepsilon = 4$  estão vinculados as definições predispostas na teoria dos conjuntos nebulosos (ZIMMERMANN; BUCKLEY, 1983), existe a necessidade de um prévio tratamento dos resultados encontrados em  $c'_{1}2t(p)$  e  $c'_{2}2t(p)$ , de maneira a compreender possíveis variações de cenários ( $z$ ) das opiniões expressas pelos decisores. Para tanto, utiliza-se a constante  $\sigma_z$ , capaz de expressar o grau de variação desejado para cada uma das possibilidades, pressupondo-se que  $z \in \{1, 2, \dots, n\}$  e que  $\sigma_z$  está contido entre  $\{0; 1\}$ , sendo o somatório de todos estes é equivalente a uma unidade ( $\sum_{z=1}^n \sigma_z = 1$ ). As Equações (3) e (4) mostram a metodologia de cálculo aplicada para a conversão dos valores para  $c'_{3}2t(p)$  e  $c'_{4}2t(p)$ , em conformidade, respectivamente, aos pressupostos da AHP e MAHP com nebulosidade.

$$c'_{32t}(p) = \begin{cases} c'_{12t}(p) - [c'_{12t}(p) \times \sigma_z] \rightarrow \forall \sigma_z < 0 \\ 1 \rightarrow \forall c'_{12t}(p) = 1; \sigma_z < 0 \\ 9 \rightarrow \forall c'_{12t}(p) = 9; \sigma_z > 0 \\ c'_{12t}(p) + [c'_{12t}(p) \times \sigma_z] \rightarrow \forall \sigma_z > 0 \end{cases} \quad (3)$$

$$c'_{42t}(p) = \begin{cases} c'_{22t}(p) + [c'_{22t}(p) \times \sigma_z] \rightarrow \forall c'_{22t}(p) < 0; \sigma_z < 0 \\ -8 \rightarrow \forall c'_{22t}(p) = -8; \sigma_z < 0 \\ 8 \rightarrow \forall c'_{22t}(p) = 8; \sigma_z > 0 \\ c'_{22t}(p) - [c'_{22t}(p) \times \sigma_z] \rightarrow \forall c'_{22t}(p) \geq 0; \sigma_z > 0 \end{cases} \quad (4)$$

Por possibilitar a agregação da opinião de diversos decisores ( $p$ ) ao decorrer do processo de hierarquização dos indicadores, a Equação (5) expressa a pontuação da avaliação total ( $c_\varepsilon 2t$ ) para os fatores nas  $\varepsilon$  técnicas adotadas,

$$c_\varepsilon 2t = \frac{\sum_{p=1}^n \tau_p \times c'_{\varepsilon 2t}(p)}{n} \quad (5)$$

onde  $\tau_p$  representa o grau de significância dos decisores para com o contexto.

O julgamento em cada nível da hierarquia para a obtenção da taxa de substituição global ( $gC_\varepsilon 2t$ ) é proposto por meio da construção das matrizes de julgamento  $A_\varepsilon 2tt'$ , a partir da comparação paritária dos fatores localizados no segundo nível na estrutura, conforme mostra a Equação (6), com base nas propostas de Saaty (2008) e Lootsma (1993),

$$A_\varepsilon 2tt' = \begin{cases} \sum_{t'=1}^n \frac{c_1 2t}{c_1 2t'} \rightarrow \varepsilon = 1 \\ \sum_{t'=1}^n 2,7183^{k_i \times (c_2 2t - c_2 2t')} \rightarrow \varepsilon = 2 \\ \min_{1 \leq z \leq n} \sum_{t'=1}^n \frac{c_3 2t}{c_3 2t'} \rightarrow \varepsilon = 3 \\ \min_{1 \leq z \leq n} \sum_{t'=1}^n 2,7183^{k_i \times (c_4 2t - c_4 2t')} \rightarrow \varepsilon = 4 \end{cases} \quad (6)$$

de modo que  $k_i$  é a constante de proporcionalidade dos métodos multiplicativos. A seguir, a Equação (7) mostra a representação da taxa de substituição relativa  $gC_\varepsilon 2t$  proporcional da situação em  $a = 2$  em cada  $\varepsilon$  e, por fim, de modo global ( $gC2t$ ) através da Equação (8):

$$gC_\varepsilon 2t = \frac{\sum_{t'=1}^n A_\varepsilon 2tt'}{\sum_{t=1}^n \sum_{t'=1}^n A_\varepsilon 2tt'} \quad (7)$$

$$gC2t = \frac{\sum_{\varepsilon=1}^4 gC_\varepsilon 2t}{4} \quad (8)$$

Por ser um processo que ocorre pressupondo-se a opinião dos decisores em relação aos critérios localizados mais abaixo na estrutura hierárquica, tem-se, para fins de contextualização, que o ranqueamento no primeiro nível ( $gC1t$ ) é resultante dos graus de relevância encontrados em  $gC2t$ , respeitando a maneira com que estão predispostas as ligações entre os fatores ( $C2t \subset C1t$ ), o que resulta na

proporcionalidade descrita pela Equação (9):

$$gC1t = \frac{\sum_{t=1}^n gC1t}{n} \quad (9)$$

A segunda parte da hierarquização dos indicadores contempla a avaliação destes em relação aos seus fatores característicos localizados em  $a = 2$ . Da mesma forma que anteriormente, os decisores ( $p$ ) devem ser consultados para quantificar avaliar tal importância, de acordo com a proposta elaborada no “Diagnóstico 2”, através da valoração de  $C2tId_{\alpha}(p)$  da qual novamente utilizou-se por base a escala numérica  $\alpha$ , a fim de manter o padrão mental de raciocínio lógico aos atores envolvidos.

Por serem formados a partir da estruturação hierárquica dos FCS, obrigatoriamente os indicadores devem possuir relação direta de existência com os fatores característicos da sua concepção localizados no último nível da estrutura ( $a = 2$ ). Assim,  $\forall Id \subset C2t \subset C1t$  a pontuação total do KPI  $vId_{\alpha}$ , contemplando a opinião de todos os especialistas requisitados a descreverem as suas opiniões pode ser verificada pela Equação (10),

$$vC2tId_{\alpha} = \frac{\sum_{p=1}^n \tau_p \times C2tId_{\alpha}(p)}{n} \quad (10)$$

o que permite, em uma próxima etapa, a conversão desses dados da escala  $\alpha$ , segundo as mesmas regras propostas na Equação (2) para a  $\beta$  e  $\gamma$ , de modo a possibilitar o cálculo de  $vC2tId_{\beta}$  e  $vC2tId_{\gamma}$ , respectivamente, de acordo com as Equações (11) e (12),

$$vC2tId_{\beta} = vC2tId_{\alpha} \times \frac{vC2tImax_{\beta}}{vC2tImax_{\alpha}}; \forall c_{\alpha 2t}(p) > 1 \quad (11)$$

$$vC2tId_{\gamma} = [vC2tId_{\alpha} \times vC2tImax_{\gamma}] - (2 \times vC2tImax_{\gamma} - |vC2tImin_{\gamma}|) \quad (12)$$

sendo  $vC2tImax_{\alpha}$ ,  $vC2tImax_{\beta}$  e  $vC2tImax_{\gamma}$  os máximos valores possíveis de serem atingidos em  $vC2tId_{\alpha}$ ,  $vC2tId_{\beta}$  e  $vC2tId_{\gamma}$ , respectivamente, e  $vC2tImin_{\gamma}$  o mínimo de  $vC2tId_{\gamma}$ .

O próximo passo consiste da agregação dos  $gC2t$  aos valores calculados em  $vC2tImax_{\beta}$  e  $vC2tImax_{\gamma}$ , de modo a tornar viável a realização dos julgamentos necessários na busca das taxas de substituição da hierarquização. Para tanto, foi proposta novamente a utilização dos princípios de três técnicas ( $\varepsilon'$ ) oriundas na AHP, sendo que as duas primeiras utilizam os conceitos da AHP Clássica ( $\varepsilon' = 1$ ) e MAHP ( $\varepsilon' = 2$ ), de forma que a primeira etapa que compreende o cálculo das matrizes de comparação  $AC2t_{\varepsilon'}Id_{d'}$ , conforme mostra a Equação (13),

$$AC2t_{\varepsilon'}Id_{\varepsilon'} = \begin{cases} \frac{\sum_{d'=1}^n \frac{vC2tId_{\beta}}{vC2tId_{\beta}}}{n} \rightarrow \varepsilon' = 1 \\ \frac{\sum_{d'=1}^n 2,7183^{k_j \times (vC2tId_{\gamma} - vC2tId_{\gamma})}}{n} \rightarrow \varepsilon' = 2 \end{cases} \quad (13)$$

onde  $k_j$  é a constante de proporcionalidade escalar em questão. Assim, é possível constatar, por meio da Equação (14), o módulo proporcional  $w'_{C2t}Id_{\varepsilon'}$  de  $AC2t_{\varepsilon'}Id_{\varepsilon'}$  e, ao final, a Equação (15) compreende o resultado relativo  $wId_{\varepsilon'}$  para as taxas de substituição relativas as duas técnicas selecionadas.

$$w'_{C2t}Id_{\varepsilon'} = AC2t_{\varepsilon'}Id_{\varepsilon'} \times gC2t \quad (14)$$

$$wId_{\varepsilon'} = \frac{\left( \frac{\sum_{t=1}^n w'_{C2t}Id_{\varepsilon'}}{n} \right)}{\sum_{d=1}^n \sum_{t=1}^n w'_{C2t}Id_{\varepsilon'}} \left\{ \forall C2t \subset C1t \right. \\ \left. \forall \varepsilon' = \{1; 2\} \right\} \quad (15)$$

Por possuir uma natureza distinta da observada nas AHP descritas anteriormente, a terceira técnica, denominada por AHP Referenciado ( $\varepsilon' = 3$ ), tem como pressuposto a incorporação de  $k_j$  na construção dos julgamentos, em conjunto com o somatório das avaliações dos indicadores em relação à  $t$  coletados por meio do “Diagnóstico 2”, de modo a tornar possível a determinação dos valores de escala ( $s'C2t$ ) (GOMES, ARAYA; CARIGNANO, 2004), segundo as diretrizes propostas na Equação (16), para que seja possível, na Equação (17), a busca pelo seu valor relativo escalar  $sC2t$ .

$$s'C2t = gC2t \times k_j \times \sum_{d=1}^n vC2tId_{\alpha} \quad (16)$$

$$sC2t = \frac{s'C2t}{\sum_{t=1}^n s'C2t}; \forall C2t \subset C1t \quad (17)$$

Em conjunto, deve-se novamente utilizar os dados de cada um dos KPIs em contidos nos fatores  $t$ , de maneira a se elaborar as matrizes de julgamento  $AI_{dd'}$ , segundo os pressupostos descritos na Equação (18), para que haja, na Equação (19), o cálculo do módulo  $sId_{\varepsilon'}$  proporcional a  $sC2t$ .

$$sC2tId_{\alpha} = \sum_{d'=1}^n AI_{dd'} \rightarrow AI_{dd'} = \frac{vC2tId_{\alpha}}{vC2tId_{\alpha}} \quad (18)$$

$$sId_{\varepsilon'} = sC2tId_{\alpha} \times sC2t \quad (19)$$

que, ao final através da Equação (20), possibilita a descrição da taxa de substituição relativa  $wId_{\varepsilon'}$  referente a AHP Referenciada.

$$wId_{\varepsilon'} = \frac{qId_{\varepsilon'}}{\sum_{d=1}^n qId_{\varepsilon'}}; \forall \varepsilon' = 3 \quad (20)$$

Com os resultados estabelecidos os três métodos de AHP elencados, é possível determinar o ranqueamento global dos KPIs, de acordo com a média aritmética dos módulos encontrados em  $wId_{\varepsilon'}$ , definida pela Equação (21).

$$wId = \frac{\sum_{\varepsilon'=1}^3 wId_{\varepsilon'}}{3} \quad (21)$$

#### 4.4 Definição da função-objetivo do problema

A determinação da função-objetivo tem por premissa possibilitar um melhor entendimento geral acerca da maneira com que as estratégias locais, em relação à operacionalização dos corredores de BRT estão consolidadas, em formato de *benchmarking*, onde as informações quantitativas, que posteriormente assumem a forma qualitativa, se dispõem de maneira padronizada. Para tanto, o cálculo está predisposto inicialmente a partir dos resultados obtidos ao decorrer da mensuração dos KPIs para os centros urbanos, em seu formato normalizado ( $Ind_b$ ) calculado seguindo os pressupostos que serão descritos na seção 4.5, conjuntamente com as taxas de substituição ( $wId$ ) modeladas na seção 4.4, de forma a possibilitar a obtenção do valor relativo ( $Ird_b$ ) de desempenho, conforme mostra a Equação (22).

$$Ird_b = Ind_b \times wId \quad (22)$$

A fim de tornar o processo de avaliação dinâmico e coerente com a realidade, propõem-se o agrupamento dos indicadores em três segmentos ( $q$ ), Operacional ( $q = 1$ ); Estrutural ( $q = 2$ ) e Sistemático ( $q = 3$ ), em concordância com os pontos elencados como pertencentes ao primeiro nível ( $a = 1$ ) da estrutura hierárquica do SMD, de maneira que a quantificação  $Dq_b$  está proposta por meio da Equação (23).

$$Dq_b = \begin{cases} \text{se } q = 1 \rightarrow (\sum_{d=1}^7 Ird_b)/(n - d) \\ \text{se } q = 2 \rightarrow (\sum_{d=8}^{14} Ird_b)/(n - d) \\ \text{se } q = 3 \rightarrow (\sum_{d=15}^{18} Ird_b)/(n - d) \end{cases} \quad (23)$$

sendo que estão contidos em  $D1_b$  sete KPIs, desde  $Ir1_b$  até  $Ir7_b$ , sete em  $D2_b$ , de  $Ir8_b$  a  $Ir14_b$  e, finalmente, quatro para  $D3_b$ , de  $Ir15_b$  a  $Ir18_b$ . Conseqüentemente, a definição função-objetivo do SMD ocorreu por meio da maximização da média dos resultados estabelecidos nos  $Dq_b$ , conforme mostra a Equação (24),

$$lobj_b = \frac{\sum_{q=1}^3 Dq_b}{3}; \forall lobj_b \in [0\%, 100\%] \quad (24)$$



onde a escala de verificação escolhida é a unidades percentuais (%), o que obriga, necessariamente, a normalização dos valores encontrados em  $I d_b$  para este padrão, a fim de tornar viável o cálculo demonstrado.

Com os resultados estabelecidos do  $Iobj_b$ , é possível ser concebido o ordenamento dos centros urbanos conforme o seu desempenho em relação aos fatores críticos para o sucesso ao contexto dos BRTs, através da sequência lógica de comparação mostrada na Equação (25),

$$Olobj_b = \begin{cases} Iobj_b = \min_{1 \leq b \leq n} Iobj_b ; Olobj_{min} \\ \min_{1 \leq b \leq n} Iobj_b < Iobj_b < \max_{1 \leq b \leq n} Iobj_b ; Olobj_b \propto \Delta = \max_{1 \leq d \leq n} Iobj_b - Iobj_b \\ Iobj_b = \max_{1 \leq b \leq n} Iobj_b ; Olobj_{max} \end{cases} \quad (25)$$

sendo que, primeiramente, para todo e qualquer  $b$  maior ou igual a dois, deve-se verificar quais são os extremos máximo  $Olobj_{max}$  e mínimo  $Olobj_{min}$  de desempenho, para que em um segundo momento seja possível a constatação da situação proporcional intermediária das demais envolvidas ( $Olobj_b \propto \Delta$ ), tomando-se por referência  $Olobj_{max}$ .

Para fins de facilidade no entendimento do contexto da mensuração proposta, é proposta, a partir das descrições da Tabela 2, a conversão da escala quantitativa encontrada em  $Ird_b$ ,  $Dq_b$  e  $Iobj_b$  para uma qualitativa, separada em cinco intervalos distintos, desde um inferior denominado por “Insatisfatório” (1) até o mais superior chamado de “Satisfatório” (5).

Tabela 2 – Escalas qualitativas dos intervalos de desempenho de  $Dq_b$  e  $Iobj_b$

Intervalo	Limites inferiores de $Ird_b, Dq_b$ e $Iobj_b$	Limites superiores de $Ird_b, Dq_b$ e $Iobj_b$	Escala Qualitativa
1	0%	30%	Insatisfatório
2	31%	60%	Razoável
3	61%	75%	Moderado
4	76%	90%	Satisfatório
5	91%	100%	Muito satisfatório

A atribuição de tais limites se originou da experiência e das expectativas concebidas pelo autor ao decorrer do processo de desenvolvimento do SMD, de modo que tal matriz possibilite a visão mais fidedigna da realidade dos sistemas instalados nos centros urbanos.

#### 4.5 Normalização dos indicadores

Os indicadores foram definidos, de acordo com a sua natureza de origem e métrica, por meio das mais distintas unidades de medidas, o que impossibilita a correta comparação global destes. Dessa forma, para ser realizada essa atividade é necessária a normalização deles para uma mesma padronizada, segundo os pressupostos desenvolvidos para o *software* PerformancePoint Server® (2007), através do cumprimento de seis etapas de tratamento dos dados, iniciados com o cálculo da pontuação bruta  $GP(Id_b)$  entre  $TId_b$  e  $Id_b$ , conforme a Equação (26),

$$GP(Id_b) = \begin{cases} \infty, \frac{\theta * Id_b}{TId_b} \left\{ \begin{array}{l} \lim_{Id_b \rightarrow 0} [PB(Id_b)] = 0 \\ \theta = 1 \end{array} \right. \\ 0, \frac{TId_b}{\theta * Id_b} \left\{ \begin{array}{l} \lim_{Id_b \rightarrow 0^+} [PB(Id_b)] = \infty \\ \theta = 1 \end{array} \right. \end{cases} \quad (26)$$

onde  $\theta$  é a constante na definição da curva da função  $GP(Id_b)$  e  $PB(Id_b)$  é a pontuação bruta obtida através da métrica utilizada em cada indicador.

A seguir, é necessário determinar os limites e as faixas em que as pontuações estão localizadas, de forma a identificar o seu posicionamento em relação a uma classificação padrão, o que deve representar o seu nível de desempenho de acordo com as  $r$  faixas estabelecidas, das quais permeiam desde o valor considerado mínima  $N_{min}$  até o máximo  $N_{max}$ , sendo os valores limites superiores ( $LS_r$ ) para cada faixa determinados pela Equação (27), a partir das diferenças  $\Delta_r$  originadas do intervalo de valores assumido.

$$LS_r = \begin{cases} r = N_{max}, Id_{max} \left\{ \begin{array}{l} Id_{max} \geq 100\% \rightarrow Id_{max} = 100\% \\ Id_{max} < 100\% \rightarrow Id_{max} \end{array} \right. \\ r \in \{2, \dots, NF_{max-1}\}, \Delta_r + LS_{r-1} + u_i \\ r = N_{min}, Id_{min} \left\{ \begin{array}{l} Id_{min} \leq 0 \rightarrow Id_{min} = 0 \\ Id_{min} > 0 \rightarrow Id_{min} \end{array} \right. \end{cases} \quad (27)$$

Para tanto,  $u_i$  é a constante que determina a diferença de  $LS_{r-1}$  e o limite inferior  $LI_k$  entre duas faixas subsequentes,  $\forall \sum_{k=NF_{min}}^{NF_{max}} \Delta_r = 100\%$ . O próximo passo é o cálculo do fator limite  $FL(LS_r)$ , ajustando proporcionalmente  $LS_r$  e  $LI_r$  para o comprimento em que  $GP(Id_b)$  está compreendida, através da Equação (28). Como consequência, a pontuação convertida ( $PC_r$ ) é calculada pela relação da distância entre a pontuação bruta e o respectivo limite inferior da faixa em que ela está localizada, conforme a Equação (29),

$$FL(LS_r) = [LS_r - (LS_{r-1} - u_j)] * NF_{max}, \quad (28)$$

$$PC_r = 0,01 * \left[ \frac{GP(Id_b) - (LS_{r-1} - u_j)}{FL(LS_r)} \right] \quad (29)$$

onde  $u_j$  é a constante na definição da curva da função  $FL(LS_r)$ ,  $\forall u_j = 1$  de acordo com as características do SMD.

A  $PC_r$  tem por finalidade relacionar o valor bruto em relação aos limites da faixa. Com isso, afere-se com precisão o posicionamento dessa pontuação, a partir do referencial estabelecido pela faixa de desempenho mínima ( $N_{min}$ ), a fim de determinar a quantidade de ajustes necessários para a padronização das pontuações brutas  $AF(r)$ , Equação (30). Por fim, é possível encontrar através da Equação (31) o valor dos indicadores normalizados ( $Ind_b$ ),

$$AF(r) = \frac{r-1}{NF_{max}}, \forall r \in \{1, \dots, NF_{max}-1\} \quad (30)$$

$$Ind_b = (PC_k)_b + AF(k)_b \quad (31)$$

sendo admissível realizar, através da interrelação dos  $Ind_b$ , o cálculo do  $Iobj_b$  proposto para o SMD na seção 4.4.

#### 4.6 Verificação da confiabilidade dos dados

A fim de entender melhor o comportamento dos indicadores ao contexto estudado e a possíveis alterações que possam influenciar o perfil dos resultados, é proposta a verificação das variáveis utilizadas para se demonstrar o nível de confiabilidade do SMD quando aplicado na prática.

##### 4.6.1 Razão de consistência da AHP

Saaty (2003), Costa (2006), Marins et al. (2010) e Saaty e Shang (2011) definem que há a necessidade de se realizar o cálculo da consistência lógica dos julgamentos realizados em cada um dos níveis da estrutura, partindo do pressuposto que os avaliadores da situação podem ser, no momento da tomada da decisão, inconsistentes com relação à definição dos pesos para os fatores.

A AHP incorpora essas situações possibilitando ao usuário a verificação do nível de contradição em cada etapa, assegurando o seu grau de confiabilidade quanto mais próximo for o valor da igualdade entre  $n$  e  $\lambda_{max}$  ( $\lambda_{max} = n$ ), podendo-se considerar que as diferenças dessas reciprocidades sejam consideradas nulas ou muito pequenas, onde a medida dessa relação é apresentada através do índice de consistência ( $IC_{Ai}$ ) mostrado pela Equação (32) com base em Saaty (2008),

$$IC_{Ai} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (32)$$

sendo  $Ai = \{A_1att'; A_3att'; AC2t_1Idd'\}$  referente as matrizes de julgamentos que tem por diretriz a utilização da AHP. Por consequência o cálculo da razão de consistência ( $CM_{Ai}$ ) através da Equação (33), permitindo finalmente definir a confiabilidade de cada uma das matrizes de julgamentos da modelagem,

$$CM_{Ai} = \left( \frac{IC}{IR} \right)_{Ai} \quad (33)$$

onde  $IR_{Ai}$  é definido como o índice de consistência randômico para cada matriz, calculado a partir de testes de diversas matrizes quadradas de ordem  $n$  padronizada a partir do Laboratório Oak Ridge, localizado nos Estados Unidos (GOMES; ARRAYA; CARIGNANO, 2004). Em caso de  $CM_{Ai}$  exceder o limite tolerável para o modelo ( $\geq 0,1$ ), o tomador de decisão deve realizar a revisão das comparações definidas atribuindo novos valores para os subcritérios envolvidos no julgamento proposto (COSTA, 2006, MARINS et al., 2010).

#### 4.6.2 Minimização do erro em $gCat$ e $wId$

Em decorrência dos resultados das taxas de substituição dos fatores ( $gCat$ ) e indicadores ( $wId$ ) terem sido concebidos através da média dos valores obtidos, devido às distintas aplicações de métodos de AHP, tem-se a ocorrência de diferenças entre os módulos destes, o que pode ser constatado a partir das medidas dos erros  $egCat$  e  $ewId$ , propostos pelas Equações (34) e (35), a partir dos arranjos combinatórios  $C(egCat)_{4,2}$  e  $C(ewId)_{3,2}$  das variações em relação ao total de modelos de AHP ( $\varepsilon'$ ;  $\varepsilon$ ) adotados.

$$egCat = \sum_{\varepsilon_1=1}^3 \sum_{\varepsilon_2=2}^4 (|g_{\varepsilon_1} Cat - g_{\varepsilon_2} Cat|) \begin{cases} \varepsilon_1 \subset \varepsilon; \varepsilon_1 = \{1, 2, 3\} \\ \varepsilon_2 \subset \varepsilon; \varepsilon_2 = \{2, 3, 4\} \\ \forall \varepsilon_1 \neq \varepsilon_2 \\ C(egCat)_{4,2} = 6 \end{cases} \quad (34)$$

$$ewld = \sum_{\varepsilon'_1=1}^2 \sum_{\varepsilon'_2=2}^3 (|wld_{\varepsilon'_1} - wld_{\varepsilon'_2}|) \begin{cases} \varepsilon'_1 \subset \varepsilon'; \varepsilon'_1 = \{1, 2\} \\ \varepsilon'_2 \subset \varepsilon'; \varepsilon'_2 = \{2, 3\} \\ \forall \varepsilon'_1 \neq \varepsilon'_2 \\ C(ewld)_{3,2} = 3 \end{cases} \quad (35)$$

Ainda,  $\varepsilon'_1$ ,  $\varepsilon'_2$ ,  $\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_2$  estão dispostos como subconjuntos dos valores contidos em  $\varepsilon'$  e  $\varepsilon$ , respectivamente. Com isso, a agregação dos resultados permite a visualização total  $ek$  da intensidade dos erros, de modo que  $egCat$  está diretamente relacionada a medida da constante de proporcionalidade  $k_i$  dos fatores, enquanto  $ewld$  se encontra sujeita a  $k_j$ , conforme a Equação (36):

$$\min_{0 \leq k < +\infty} ek, \text{ s. a: } \begin{cases} \forall k = k_i \rightarrow \sum_{t=1}^n egCat \\ \forall k = k_j \rightarrow \sum_{d=1}^n ewld \end{cases} \quad (36)$$

Por fim, espera-se que a função  $ek$  possa ser minimizada ao seu menor módulo percentual, a partir da sua sujeição a uma série de condições distintas de  $k_i$  e  $k_j$ , até que as condições estabelecidas pelos pesquisadores sejam cumpridas.

#### 4.6.3 Grau de consistência lógica dos decisores

Apesar do processo de mensuração se tratar de um procedimento de exige a opinião de especialistas no assunto, existe a probabilidade de ocorrer distorções relativamente elevadas capazes de tornar a consistência lógica dos dados difusa, o que pode comprometer os resultados obtidos acerca do contexto. Para tanto, a Equação (37) propõe o cálculo da margem de erro  $eCatId_\alpha$  para os valores de  $CatId_\alpha$ , com base nos pressupostos de Anderson et al. (2013),

$$eCatId_\alpha = \frac{\sigma_{CatId_\alpha}}{\sqrt{\sum_{p=1}^n nd_p}} \rightarrow vCatId_\alpha \pm eCatId_\alpha \quad (37)$$

de modo que, caso algum dos valores ultrapassem a tolerância determinada, tem-se a necessidade de rever com a maneira que a opinião do decisor está influenciando positivamente ou negativamente o índice.

#### 4.6.4 Análise de Sensibilidade da hierarquização dos $Iobj_b$

A presente proposta de Análise de Sensibilidade dos dados visa promover o estudo das condições relativas a possíveis mudanças no comportamento do  $Iobj_b$ . Para tanto, esta é submetida a variações do Nível de Exigência ( $NE$ ) utilizado para encontrar o alvo, em proporção aos dados de entrada dos indicadores, o que tornou viável a construção de cenários  $cj$  a fim de compreender a visualização de possíveis distúrbios no comportamento padrão de  $Iobj_b$ .

Dessa maneira, a Equação (36) possibilita a identificação de mudanças  $MIobj_{bcj}$  na estrutura do ranqueamento originalmente calculado ( $OIobj_{b_0}$ ) em relação aos cenários ( $OIobj_{bcj}$ ) adotados para simulação. Se  $MIobj_{bcj} \neq 0$ , nota-se a existência de uma variação  $\Delta_{cj,cj'}Iobj_b$  entre os módulos de  $Iobj_{bcj}$  ao decorrer de  $cj$ , e acordo com a sentença exposta na Equação (38),

$$MIobj_{bcj} = OIobj_{b_0} - OIobj_{bcj} \quad (36)$$

$$\Delta_{cj,cj'}Iobj_b = \left| Iobj_{bcj} - Iobj_{bcj'} \right| \rightarrow A_b \Delta_{cj,cj'} = \left| \Delta_{cj,cj'}Iobj_b - \Delta_{cj,cj'}Iobj_{b'} \right| \quad (38)$$

sendo que, em um segundo momento, admite a verificação da amplitude ( $A_b \Delta_{cj,cj'}$ ) que representa o quanto e como o ordenamento inicialmente calculado no SMD varia ao decorrer das mudanças impostas ao índice  $NE$ .

## 5 APLICAÇÃO DA MODELAGEM

A partir das definições para a concepção da modelagem de avaliação do desempenho dos BRTs, tem-se que a presente seção visa mostrar na prática o funcionamento das diretrizes propostas, a fim de se constatar qual a situação de alguns dos sistemas instalados nos principais centros urbanos brasileiros.

Para tanto, inicialmente é abordada a identificação do contexto ao qual o SMD foi submetido, para posteriormente possibilitar o ranqueamento dos indicadores e a avaliação de desempenho propriamente dita. Com os dados consolidados, houve a necessidade de se verificar o nível de confiabilidade das informações obtidas, por meio dos índices apresentados na seção 4.6 e, por fim, foram identificados os efeitos na função-objetivo de possíveis melhorias nos BRTs nas localidades onde o resultado encontrado está abaixo do “Moderado”.

### 5.1 Identificação do contexto

Sob o contexto de avaliação proposto, foi necessária identificar os atores que participaram do estudo. Para tanto, houve a separação destes em três grupos distintos, a fim de elucidar de forma mais clara os seus papéis no SMD. Primeiramente, o facilitador, no caso o autor da pesquisa, foi o responsável por desenvolver o SMD e organizar os dados de entrada acerca dos centros urbanos e os diagnósticos adotados.

A seguir, para o papel de decisor, responsável por emitir a sua opinião a respeito das questões contidas nos Diagnósticos propostos a identificação das taxas de substituição dos indicadores, houve a procura por um especialista da área sem qualquer contato direto com as pessoas envolvidas na concepção do estudo. Para tanto, foi realizado um convite para que um pesquisador integrante do Laboratório de Sistemas de Transportes (LASTRAN) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, grupo reconhecido como referência mundial no que tange a temática da mobilidade urbana, identificado como “decisor 1” ( $p = 1$ ). Por ser o único ator desta categoria, tem-se, portanto, que  $\tau_1 = 100\%$ , dispensando assim a necessidade da aplicação do teste de confiabilidade proposto na seção 4.6.3.

Em um terceiro momento foram definidos como agidos os doze centros urbanos cuja população supera o total de um milhão de habitantes, dos quais são: São Paulo; Rio de Janeiro; Recife; Salvador; Brasília; Fortaleza; Olinda; Belo Horizonte; Curitiba; Porto Alegre e Goiânia, de modo que segundo dados do IBGE (2013) estão distribuídos ao longo da região Sudeste, quatro na Nordeste, duas na Centro-Oeste e, finalmente, duas na Sul, detalhadas conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Maiores cidades brasileiras com BRT em operação

<b>Cidade</b>	<b>b</b>	<b>População (2010)</b>	<b>Demanda passageiros/dia</b>	<b>Total corredores</b>	<b>Total construído (km)</b>
São Paulo	1	11.376.685	3.164.000	10	129
Rio de Janeiro	2	6.323.037	2.403.600	12	78
Recife	3	3.743.854	9.413.98	3	11
Salvador	4	2.676.606	150.000	3	18
Brasília	5	2.609.997	31.000	5	54
Fortaleza	6	2.515.116	286.777	2	11
Olinda	7	2.515.116	447.695	1	13
Belo Horizonte	8	2.375.444	1.308.000	7	24
Curitiba	9	1.776.761	508.000	6	81
Porto Alegre	10	1.416.714	491.600	12	56
Goiânia	11	1.333.767	378.300	3	26
Campinas	12	1.080.999	200.000	3	13

Fonte: IBGE (2013); Global BRT (2013).

Nota-se que, do total de passageiros que utilizam o BRT no país, 64% se concentram nestas cidades, sendo que nove são capitais estaduais, duas estão localizadas em regiões metropolitanas e uma é a capital federal brasileira. Destas, São Paulo pode ser considerada, em números absolutos, como a maior referência de operação, com 26% do total nacional de usuários, dez corredores implantados e 129 km de BRTs construídos, fato derivado, principalmente, da sua elevada densidade populacional (cerca de 7% da população brasileira) (IBGE, 2013; GLOBAL BRT, 2013).



## 5.2 Verificação do ranqueamento dos KPIs

O primeiro passo para o ranqueamento consistiu no julgamento quantitativo dos dados compilados obtidos da aplicação do “Diagnóstico 1”, aos quais remeteram na hierarquização dos fatores elencados no segundo nível da estrutura do SMD em relação à função-objetivo, conforme mostra a Figura 10.

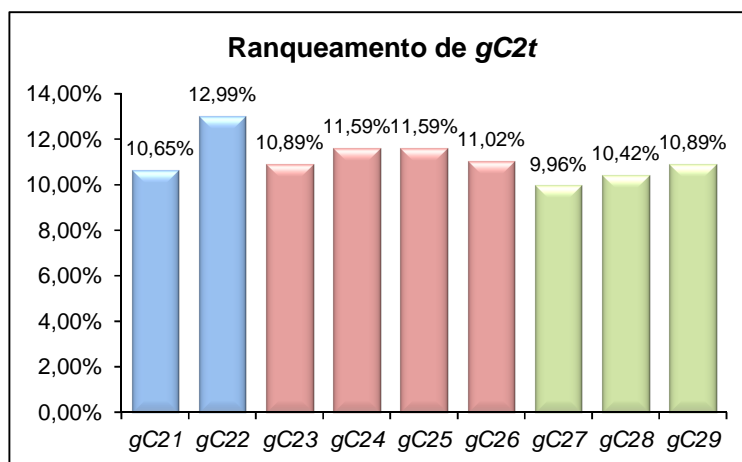


Figura 10 – Hierarquização dos fatores localizados em  $gC2t$

Em relação à ( $gC2t$ ), para  $k_i = 0,15$  que minimiza a função  $egCat$  ao limite de 0,31 pontos percentuais, a qualidade com que os Serviços ( $gC22 = 12,99\%$ ) devem ser prestados aos usuários foi elencado como mais significativo, seguido pelos denominados por Estações ( $gC24 = 11,59\%$ ) e Corredores ( $gC25 = 11,59\%$ ), ambas pertencentes a  $C12$ . Em seguida, têm-se os demais fatores até se chegar a Marca ( $gC27 = 9,96\%$ ), determinado como de menor relevância no momento. De modo geral, nota-se que as diferenças entre os extremos foi de 3,03% e, em relação aos critérios elencados no primeiro nível, tem-se que o Operacional ( $gC11 = 35\%$ ) se estabeleceu como a melhor elencada, seguida do Estrutural ( $gC12 = 33\%$ ) e do Sistemático ( $gC13 = 32\%$ ).

A partir da compilação dos dados quantificados pelo decisor após a aplicação do “Diagnóstico 2”, tornou-se possível, conforme os métodos e técnicas quantitativas adotadas ao decorrer do desenvolvimento do SMD, o cálculo das taxas de substituição  $wId$ , de forma que os resultados são apresentados na Figura 11.

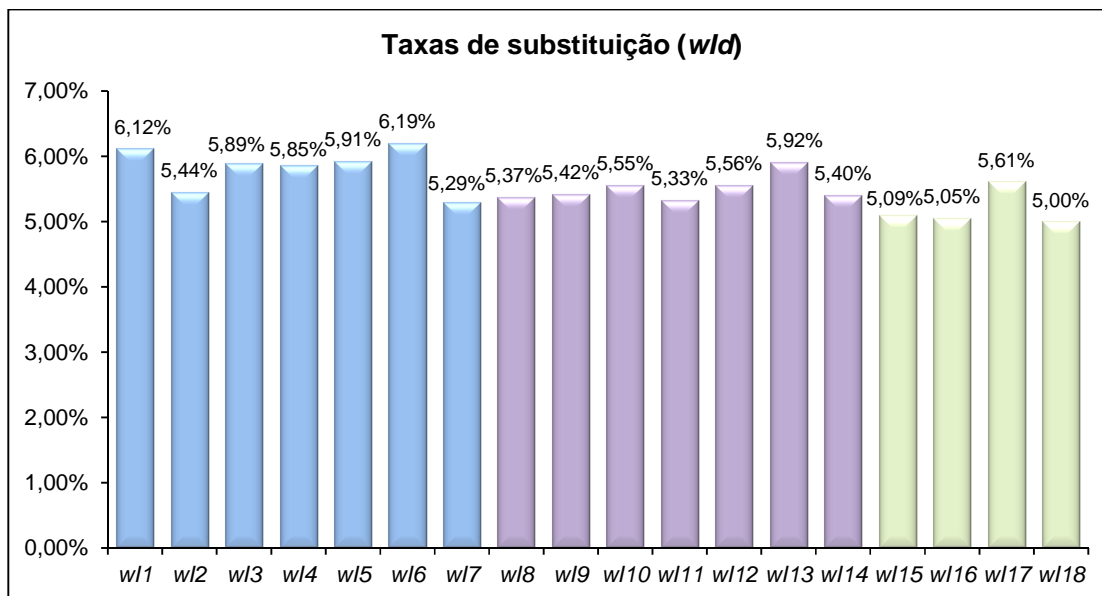


Figura 11 – Ranqueamento dos KPIs

Para  $k_j = 0,14$  que minimiza a função  $ewI_d$  ao limite de 6,90 pontos percentuais, observou-se que a Qualidade operacional ( $wI6 = 6,19\%$ ) é o indicador que possui a maior taxa de substituição em relação ao SMD, seguido da Abrangência ( $wI1 = 6,12\%$ ) com que as linhas pertencentes ao BRT instalado permeiam o centro urbano e das Características técnicas da frota ( $wI13 = 5,92\%$ ). Em oposição, o Marketing foi apontado como de menor grau de importância hierárquica, com  $wI18 = 5,00\%$ .

Pode-se constatar também que a diferença encontrada entre os extremos mensurados é de 1,19%, relativamente pequena considerando-se o total de índices elencados. Ainda, foi possível observar que entre as oito taxas de substituição mais relevantes, cinco ( $wI6$ ,  $wI1$ ,  $wI5$ ,  $wI3$  e  $wI4$ ) estão contidos no grupo de indicadores provenientes do fator Operacional, de modo que parte deste efeito é proveniente da elevada pontuação obtida para o critério Serviços ( $gC22 = 12,99\%$ ) em relação aos demais.

### 5.3 Mensuração de desempenho dos centros urbanos

De acordo com o proposto na seção 4.4, para se encontrar a função-objetivo que recorre o desempenho dos centros urbanos, deve-se prioritariamente encontrar o valor dos índices para os segmentos  $Dq_b$  de indicadores, a fim de possibilitar a verificação em detalhes da sua situação perante o contexto.

Para tanto, considerou-se para o cálculo do alvo um nível de exigência ( $NE$ ) equivalente a 0,15, pois se acredita que este possa representar com maior fidedignidade o cenário de operação ideal para o sistema. Assim, a primeira constatação refere-se a maneira com que a questão Operacional ( $q = 1$ ) se apresenta em cada cidade, por meio do desempenho obtido ao decorrer dos sete KPIs contidos nele, de modo que os resultados são apresentados pela Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados dos indicadores operacionais ( $D1_b$ )

Centro urbano	$b$	Indicadores							$D1_b$	Escala qualitativa
		$Ir1_b$	$Ir2_b$	$Ir3_b$	$Ir4_b$	$Ir5_b$	$Ir6_b$	$Ir7_b$		
Curitiba	9	100%	82%	82%	100%	100%	100%	98%	95%	Muito satisfatório
Rio de Janeiro	2	98%	84%	89%	100%	100%	100%	64%	91%	Muito satisfatório
Goiânia	11	84%	82%	61%	100%	100%	80%	84%	85%	Satisfatório
Campinas	12	56%	100%	76%	100%	100%	80%	63%	82%	Satisfatório
São Paulo	1	100%	100%	71%	69%	100%	76%	54%	82%	Satisfatório
Porto Alegre	10	100%	91%	74%	27%	100%	80%	69%	78%	Satisfatório
Recife	3	89%	58%	76%	52%	100%	80%	79%	76%	Satisfatório
Belo Horizonte	8	100%	80%	58%	43%	100%	80%	71%	76%	Satisfatório
Fortaleza	6	33%	60%	100%	20%	100%	80%	100%	70%	Moderado
Brasília	5	3%	45%	76%	64%	100%	80%	100%	66%	Moderado
Olinda	7	53%	58%	76%	47%	100%	48%	84%	66%	Moderado
Salvador	4	14%	91%	76%	56%	100%	56%	41%	62%	Moderado

Com um resultado médio  $D1_9 = 95\%$ , Curitiba se destacou por possuir a melhor estrutura operacional instalada, a partir da boa relação entre as condições de Abrangência ( $Ir1_9 = 100\%$ ), Funcionamento em horários "de pico" ( $Ir4_9 = 100\%$ ), Qualidade operacional ( $Ir6_9 = 100\%$ ) e Preço cobrado ( $Ir7_9 = 100\%$ ). Ainda, a Cobrança integrada ( $Ir5_b =$ ) se estabeleceu para todas as cidades na faixa de 100%, devido à existência desse tipo de bilhetagem, que é capaz de contemplar os diversos meios de transportes públicos disponibilizados aos clientes.

De modo geral, oito das doze localidades (66,7%) possuem desempenho acima do considerado como “Satisfatório”, o que retoma a boa condição geral desses fatores na prestação do serviço. O restante das observações concentrou-se em prol da escala denominada como “Moderada”, onde o caso mais preocupante está disposto em Salvador ( $D1_4 = 62\%$ ), pois em quatro momentos ( $Ir1_4$ ,  $Ir4_4$ ,  $Ir6_4$  e  $Ir7_4$ ) o desempenho observado pode ser considerado “Razoável” ou, até mesmo, “Insatisfatório”, o que compromete substancialmente a obtenção de um desempenho que, ao menos, possa ser considerado “Satisfatório”, principalmente no que tange a questão entre o total da população existente e a capacidade de atender a demanda por passageiros existente, verificada pelo indicador  $Ir1_4 = 14\%$ .

A seguir, a Tabela 5 mostra os resultados para os indicadores caracterizados como Estruturais ( $q = 2$ ), novamente Curitiba ( $D2_9 = 87\%$ ) se apresenta como a mais relevante entre as diagnosticadas, mesmo estando aproximadamente equivalente a Goiânia ( $D2_{11} = 86\%$ ) e São Paulo ( $D2_1 = 84\%$ ), com avaliação “Muito satisfatória” equivalente a 100% em cinco dos sete KPIs ( $Ir8_9$ ,  $Ir9_9$ ,  $Ir10_9$ ,  $Ir12_9$  e  $Ir14_9$ ).

Tabela 5 - Resultados dos indicadores estruturais ( $D2_b$ )

Centro urbano	$b$	Indicadores							$D2_b$	Escala qualitativa
		$Ir8_b$	$Ir9_b$	$Ir10_b$	$Ir11_b$	$Ir12_b$	$Ir13_b$	$Ir14_b$		
Curitiba	9	100%	100%	100%	63%	100%	48%	100%	87%	Satisfatório
Goiânia	11	100%	50%	100%	74%	100%	100%	76%	86%	Satisfatório
São Paulo	1	100%	79%	100%	87%	77%	100%	43%	84%	Satisfatório
Recife	3	100%	100%	0%	100%	100%	48%	100%	78%	Satisfatório
Olinda	7	100%	100%	0%	100%	100%	48%	60%	72%	Moderado
Rio de Janeiro	2	71%	58%	100%	56%	5%	100%	70%	66%	Moderado
Campinas	12	76%	71%	0%	71%	0%	100%	71%	56%	Razoável
Brasília	5	52%	100%	0%	80%	0%	100%	54%	55%	Razoável
Belo Horizonte	8	52%	89%	100%	37%	19%	48%	35%	54%	Razoável
Porto Alegre	10	67%	69%	0%	100%	0%	48%	76%	51%	Razoável
Salvador	4	31%	60%	0%	58%	0%	48%	100%	42%	Razoável
Fortaleza	6	22%	43%	0%	100%	0%	48%	39%	36%	Razoável

Quanto aos indicadores, existem dois pontos que devem ser observados pelos gestores a fim de otimizar a estrutura do sistema, que são: a Distância estipulada entre as estações ( $Ir11_9 = 63\%$ ) atualmente de 720 m, enquanto o alvo determinado pelo nível de exigência de 0,15 aponta para uma diferença ideal de 560 m. Em uma situação mais crítica está as Características técnicas da frota ( $Ir13_b =$

48%), principalmente devido ao posicionamento das portas situar-se exclusivamente localizada na direita, o que contrasta ao esperado, que é o arranjo das portas nos dois lados do veículo, pois facilita que haja um arranjo de embarque e desembarque flexível para qualquer forma de arranjo físico encontrado na localidade.

Estruturalmente, o cenário está concebido de forma que em apenas 33,33% dos casos (Curitiba, Goiânia, São Paulo e Recife) o desempenho é “Satisfatório” e metade está parametrizada no patamar “Razoável” (Campinas, Brasília, Belo Horizonte, Porto Alegre, Salvador e Fortaleza), o que remete, de maneira geral, muitas vezes na falta de condições de se oferecer uma composição adequada aos usuários, visto que esta questão é a que mais exige recursos tanto governamentais quanto da agência operadora do BRT.

Tal situação se configura como mais crítica para a Infraestrutura instalada do controle das frotas ( $Ir10_b$ ), onde a média dos resultados é de apenas 42%, devido à consolidação deste tipo de conceito somente em cinco das localidades (Curitiba, Goiânia, São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte).

Outro fator negativo é o Nível de integração (42%), mensurado a partir do total de terminais de integração, estações de transferência e número de corredores existentes, de modo que somente em quatro oportunidades essa relação se mostrou “Muito satisfatória” (Curitiba, Goiânia, Recife e Olinda), o que denota a falta de condições para a distribuição dos passageiros, seja para outros modais ou até mesmo no próprio BRT. Na média, destacam-se por pontos positivos os critérios Infraestrutura dos corredores e Distância entre as estações, ambos com 77% de desempenho, *status* qualitativamente configurado por “Satisfatório”.

Por fim, a Tabela 6 mostra a avaliação do contexto para os centros urbanos determinados por meio do segmento de indicadores pertencentes ao fator sistemático ( $q = 3$ ), liderados pelos desempenhos dos sistemas existentes no Rio de Janeiro ( $D3_2 = 89\%$ ) e em Olinda ( $D3_7 = 89\%$ ) em comparação as demais, oriundos da pontuação equivalente a 100% nos KPIs que representam o Índice de acidentes no trânsito ( $Ir16_b$ ) e Marketing ( $Ir18_b$ ).

Tabela 6 - Resultados dos indicadores sistemáticos

Centro urbano	<i>b</i>	Indicadores				<i>D3<sub>b</sub></i>	Escala qualitativa
		<i>Ir15<sub>b</sub></i>	<i>Ir16<sub>b</sub></i>	<i>Ir17<sub>b</sub></i>	<i>Ir18<sub>b</sub></i>		
Rio de Janeiro	2	93%	100%	66%	100%	89%	Satisfatório
Olinda	7	93%	100%	66%	100%	89%	Satisfatório
Recife	3	93%	79%	66%	100%	84%	Satisfatório
Curitiba	9	79%	49%	100%	100%	82%	Satisfatório
Campinas	12	58%	100%	66%	100%	81%	Satisfatório
Salvador	4	100%	100%	66%	0%	67%	Moderado
Porto Alegre	10	74%	80%	100%	0%	65%	Moderado
São Paulo	1	73%	100%	66%	0%	60%	Razoável
Belo Horizonte	8	73%	49%	66%	0%	48%	Razoável
Fortaleza	6	67%	53%	66%	0%	47%	Razoável
Brasília	5	60%	51%	66%	0%	45%	Razoável
Goiânia	11	59%	20%	66%	0%	37%	Razoável

Como destaque, pode-se verificar que as melhores pontuações obtidas em  $D3_b$  são diretamente proporcionais a atenção dada pela gestão dos BRTs ao Marketing, pois todas as cinco cidades observadas como de avaliação “Satisfatória” (Rio de Janeiro, Olinda, Recife, Curitiba e Campinas) possuem itens (logotipos, logomarcas e cores próprias para a identificação deste tipo de frota) capazes de ressaltar ao usuário a disposição deste tipo de sistema ao decorrer dos corredores, apesar deste ser proporcionalmente o que possui a menor taxa de substituição dentre os KPIs ( $wI18 = 5,00\%$ ).

Dessa forma, por estar contemplado apenas nestas localidades, tem-se que a sua avaliação média é de apenas 42%, o que a torna o fator que mais contribui negativamente para o contexto sistemático. De modo geral, aparte dos casos supracitados no parágrafo anterior, tem-se que qualitativamente o desempenho foi “Razoável” em cinco oportunidades (São Paulo, Belo Horizonte, Fortaleza, Brasília e Goiânia) a, no máximo, “Moderado” para Salvador e Porto Alegre.

A fim de ampliar a visualização dos sistemas abordados, através da unificação dos valores obtidos aos segmentos  $D1_b$ ,  $D2_b$  e  $D3_b$  foi possível calcular o desempenho global dos centros urbanos através da função-objetivo, de modo que os resultados apresentados pela Figura 12 mostram que Curitiba ( $Iobj_9 = 89\%$ ) atingiu a melhor performance. Esperava-se que tal fato acontecesse devido a sua posição de destaque ao decorrer do estudo dos grupos de KPIs supracitados, além de se tratar do local onde o conceito acerca das funcionalidades do BRT surgiu durante os anos 1970 e que se mantém até hoje, por intermédio de projetos de

implantação de novas tecnologias e renovação da atual malha viária instalada (NTU, 2011), demonstrando assim a preocupação local em manter a imagem de cidade referência em dispor de alternativas sustentáveis de transportes públicos no Brasil.

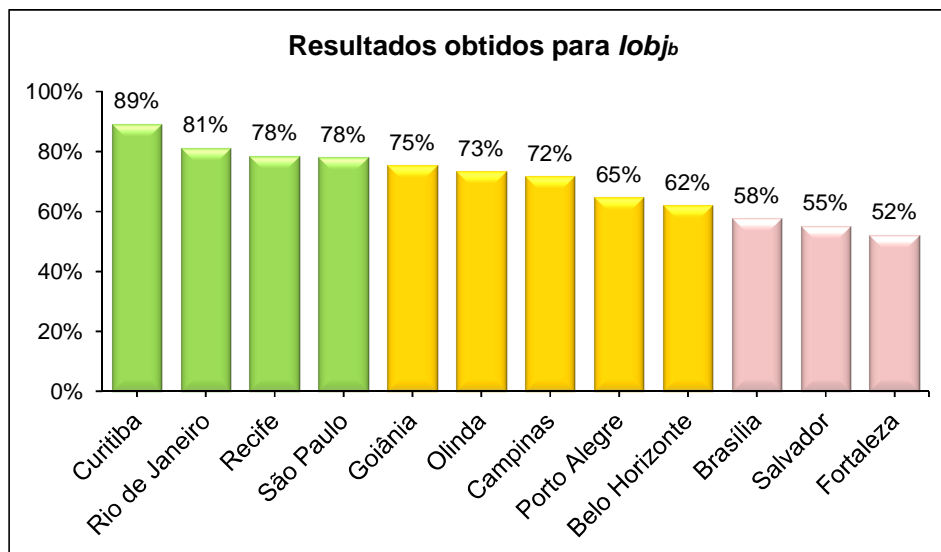


Figura 12 – Resultados da função-objetivo para o caso

Oriundo das crescentes transformações ocorridas durante os últimos cinco anos, pode-se afirmar que o conceito de BRT do Rio de Janeiro ( $Iobj_2 = 81\%$ ) é um dos mais destacados e tecnológicos quando se trata da instalação deste tipo de modal em grandes centros urbanos. Boa parte dos investimentos realizados, cerca de R\$ 800 milhões (NTU, 2011), faz parte do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) implantado pelo governo federal brasileiro em prol da revitalização dos transportes públicos, visando atender com qualidade a população local e satisfazer as demandas de usuários provenientes de grandes eventos que acontecerão nos próximos três anos na cidade.

Caracterizados por projetos que contemplam o planejamento e a integração com meios de transportes não-motorizados, por intermédio de corredores para ciclistas e vias próprias para o deslocamento de pedestres, os corredores do BRT de Recife ( $Iobj_3 = 78\%$ ) contam em sua maioria com linhas expressas ou semiexpressas, originadas das recentes atualizações que o sistema vem sofrendo ao decorrer dos últimos três anos, o que remete diretamente na boa qualidade da estrutural mostrada ao decorrer do estudo (BRT BRASIL, 2014b).

Contemplada por 129 km de vias, o BRT de São Paulo ( $Iobj_1 = 78\%$ ) é a maior malha deste tipo no Brasil, de modo a abranger sozinho aproximadamente 19% do total construído nacionalmente, e o terceiro do Mundo, perdendo apenas para Melbourne (233 km) e Jakarta (134 km), fato que torna ainda mais complexa a tarefa de manter a qualidade do serviço prestado ao usuário (GLOBAL BRT, 2014).

Com potencial de crescimento praticamente imensurável, visto que a população metropolitana local é composta por mais de 17 milhões de habitantes, tem-se que atualmente em torno de 55% da população se desloca por meio de transportes urbanos motorizados (vans, ônibus convencionais e BRT), o que permite a atração de mais usuários ao sistema, principalmente dos provenientes das políticas de desestimulação do uso de modais motorizados privados e dos planos de crescimento até 2018, onde se espera obter um total de 223 km de vias exclusivas para o BRT, por meio de investimentos que chegarão a R\$ 7 bilhões (BRT BRASIL, 2014a; NOSSA SÃO PAULO, 2014).

Das cinco localidades relacionadas como de nível “Moderado”, cabe primeiramente um destaque para a situação de Goiânia ( $Iobj_{11} = 75\%$ ), pois tanto aos indicadores Operacionais ( $D1_{11} = 85\%$ ) quanto Estruturais ( $D2_{11} = 86\%$ ) a sua situação é privilegiada em comparação aos demais, o que remeteu a ela um desempenho “Satisfatório”. Porém, notou-se que Sistematicamente ( $D3_{11} = 37\%$ ) a mesma demanda ainda necessita de substanciais desenvolvimentos, principalmente no que tange o elevado Índice de acidentes no trânsito ( $Ir16_{11} = 20\%$ ) e a inexistência de planos de Marketing ( $Ir18_{11} = 0\%$ ).

Em relação a Olinda ( $Iobj_7 = 73\%$ ), houve um comportamento dos resultados similar ao de Goiânia, de modo que em dois momentos, Estrutural ( $D2_7 = 72\%$ ) e Sistemático ( $D3_7 = 89\%$ ), a avaliação se encontra em um bom patamar, de “Moderada” a “Satisfatória”, o que não se replicou no Operacional ( $D1_7 = 66\%$ ), devido principalmente ao fato da mesma não possuir uma boa situação em relação ao seu Funcionamento em horários “de pico” ( $Ir4_7 = 47\%$ ) e a Falta de Qualidade de operação ( $Ir6_7 = 48\%$ ).

Para o restante das cidades elencadas no grupo em que o desempenho geral foi “Satisfatório” (Capinas, Porto Alegre e Belo Horizonte), não foram notados destaques relevantemente positivos ou negativos em suas pontuações, de forma que as mesmas se mantiveram classificadas em uma faixa considerada como



intermediária, desde a escala “Razoável” ( $D2_8 = 54\%$ ,  $D3_8 = 48\%$ ,  $D2_{12} = 56\%$  e  $D2_{10} = 51\%$ ), passando pela “Moderada” ( $D3_{10} = 65\%$ ) até a “Satisfatória” ( $D1_{12} = 82\%$ ,  $D1_{10} = 78\%$ ,  $D1_8 = 76\%$  e  $D3_8 = 81\%$ ).

Portanto, através dos dados obtidos com a aplicação do SMD, pode-se aferir que nenhum centro urbano foi capaz de atingir, para  $NE = 0,15$ , a faixa qualitativa ideal definida por “Muito Satisfatória”. Em compensação, não houve também quaisquer apontamentos a favor da pior escala, determinada como “Insatisfatória” e, além disso, em relação à média de todos os valores encontrados em  $Iobj_b$ , equivalente a 70%, apenas cinco cidades estão deslocadas inferiormente ao padrão.

#### 5.4 Confiabilidade dos dados

O processo de verificação da confiabilidade dos dados se iniciou através do cálculo da razão de consistência das matrizes utilizadas para os julgamentos contidos ao decorrer da aplicação da AHP Clássica e com Nebulosidade. Para tanto, nas trinta e três matrizes o valor de  $CM_{Ai}$  permaneceu abaixo do estipulado, equivalente a 0,1 (ou 10%), comprovando assim a legitimidade racional da relação existente dos dados de entrada disponibilizados.

Para a minimização de  $gCat$  e  $wId$ , conforme mencionado anteriormente, os resultados ótimos em relação à combinação proposta está contida para  $k_i = 0,15$  e  $k_j = 0,14$ , o que ajustou a combinação no somatório dos erros a totais de, respectivamente, 0,31 e 6,90 pontos percentuais, de acordo com as curvas características mostradas na Figura 13.

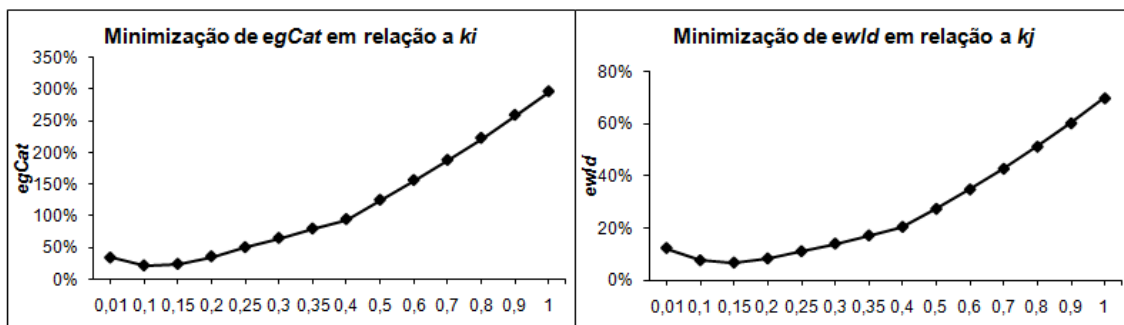


Figura 13 – Resultado das funções de minimização de  $egCat$  e  $ewId$  para as variações de  $k_i$  e  $k_j$

Quanto ao grau de consistência lógica das opiniões, por se tratar de uma aplicação que adotou apenas um decisor, não houve necessidade de calcular o nível de precisão  $eCatId_\alpha$  dos indicadores. Por fim, descreve-se a verificação da Análise de Sensibilidade dos resultados encontrados em  $Iobj_b$  ao decorrer de oito cenários ( $c_j$ ) do nível de exigência ( $NE$ ) do alvo dos KPIs, desde  $c0 \rightarrow NE = 0$  até  $c8 \rightarrow NE = 0,4$ , dos quais se obteve o comportamento dos resultados em cada centro urbano conforme a Figura 14.

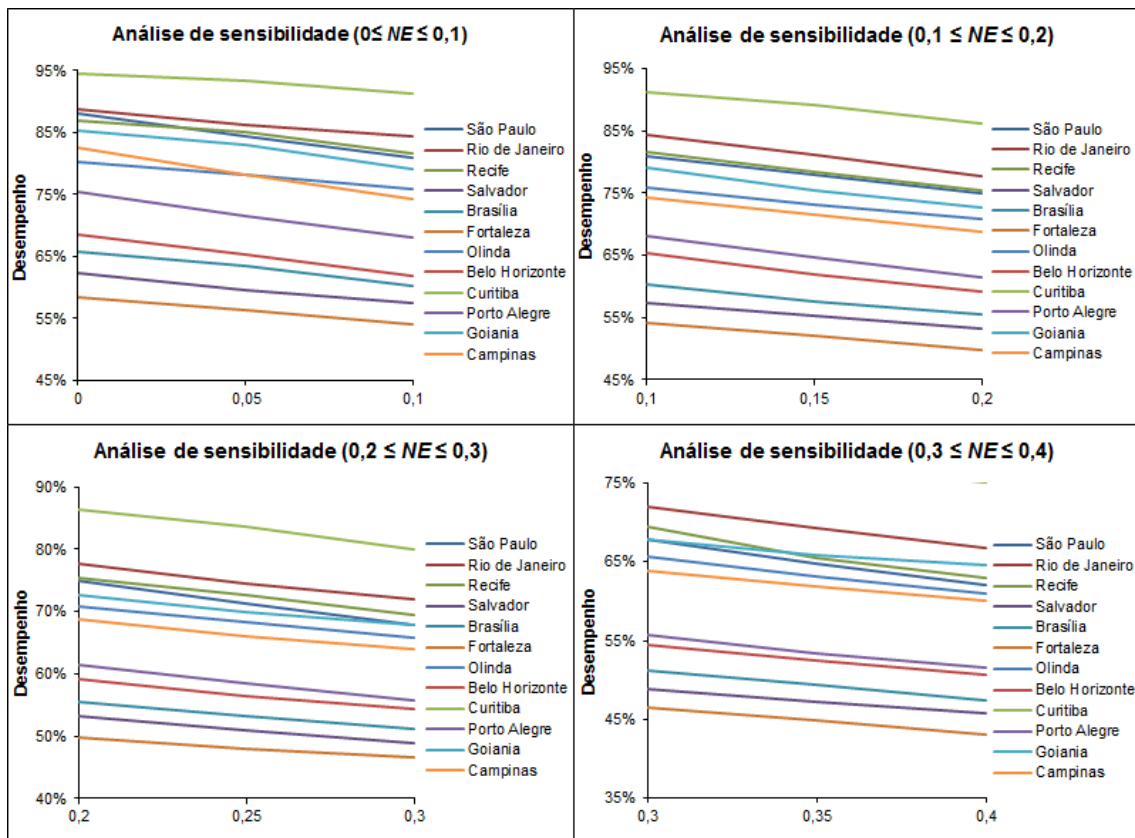


Figura 14 – Análise de sensibilidade em relação à função-objetivo

Foi possível constatar que houve, ao decorrer dos cenários apresentados, cinco mudanças de ranqueamento, de forma que a mais significativa está contida no intervalo que contempla  $0,3 \leq NE \leq 0,35$ , onde a amplitude observada na inversão de colocações entre as cidades de Recife e São Paulo atingiu um ápice equivalente a  $A_1 \Delta_{c8,c9} = A_3 \Delta_{c8,c9} = 2,11\%$ . Diante desse fato, pode-se constatar que a aplicação prática da modelagem proposta atingiu um excelente nível de confiabilidade, visto

que, para uma escala de valores que varia de 0% a 100%, o maior desvio entre as mudanças de posicionamento foi inferior a 3%, para uma média dos módulos encontrados em  $A_b \Delta_{cj,cj}$ , a partir das mudanças identificadas de 1,51%.

## 5.5 Recomendações de melhoria

Por fim, a modelagem foi concebida para contemplar em seu encerramento a recomendação de possíveis melhorias que possam ser feitas na gestão dos BRTs, com o intuito de prospectar melhorias no seu desempenho. Para tanto, foram considerados os centros urbanos que obtiveram avaliação igual ou inferior a faixa descrita por “Razoável”, no caso Brasília ( $Iobj_5 = 58\%$ ), Salvador ( $Iobj_4 = 55\%$ ) e Fortaleza ( $Iobj_2 = 52\%$ ), de modo a identificar quais são os indicadores ( $I'rd_b$ ) que mais influenciam negativamente para que os resultados tenham sido estabelecidos abaixo da expectativa esperada.

Como parâmetro balizador das alterações, considerou-se a prospecção de modo que o desempenho da função-objetivo ( $I'obj_b$ ) alcance, pelo menos, o limite inferior da escala denominada por “Satisfatória” ( $I'obj_b = 76\%$ ), de modo a se alterar os dados mensurados em  $Ib_b$  originalmente coletados até serem satisfeitas as condições supracitadas, estabelecendo-se assim os pontos da Tabela 7.

Primeiramente, houve a verificação de que nas três situações os indicadores  $I1$ ,  $I10$ ,  $I12$  e  $I18$  estavam contidos, sendo o seu módulo equivalente a zero. Por esse motivo, recomendam-se alterações equivalentes para os centros urbanos, respeitando-se as limitações e características intrínsecas a cada. Assim, por se tratar da infraestrutura necessária para a realização do controle relativo ao tráfego de veículos, propõe-se em  $I10$  a aplicação parcial de duas ações: a construção de um centro de operações ( $CC = 1$ ) e a implantação de uma sistemática que torne viável a coleta prévia das tarifas ( $CPE = 1$ ), a fim de tornar possível o atingir o alvo de  $I10$  ( $TI10_b = 0,51$ ) plenamente ( $I10_b = 0,67$ ). Da mesma forma, devido à inexistência de planos para o Marketing ( $I18$ ), foi adotada a criação de logotipo e logomarca que caracterizam o sistema, o que remete a  $I18_b = 1$ .

Tabela 7 – Prospecção dos KPIs cuja avaliação impactou mais relevantemente em relação ao desempenho da função-objetivo

Centro urbano	Desempenho mensurado	Desempenho prospectado
Brasília	$Ir1_5 = 3\%$	$I'r1_5 = 76\%$
	$Ir10_5 = 0\%$	$I'r10_5 = 100\%$
	$Ir12_5 = 0\%$	$I'r12_5 = 76\%$
	$Ir18_5 = 0\%$	$I'r18_5 = 100\%$
	<b><math>Iobj_5 = 58\%</math></b>	<b><math>I'obj_5 = 76\%</math></b>
Salvador	$Ir1_4 = 14\%$	$I'r1_4 = 76\%$
	$Ir8_4 = 31\%$	$I'r8_4 = 76\%$
	$Ir10_4 = 0\%$	$I'r10_4 = 100\%$
	$Ir12_4 = 0\%$	$I'r12_4 = 76\%$
	$Ir18_4 = 0\%$	$I'r18_4 = 100\%$
	<b><math>Iobj_4 = 55\%</math></b>	<b><math>I'obj_4 = 76\%</math></b>
Fortaleza	$Ir1_6 = 33\%$	$I'r1_6 = 76\%$
	$Ir4_6 = 20\%$	$I'r4_6 = 76\%$
	$Ir8_6 = 22\%$	$I'r8_6 = 76\%$
	$Ir10_6 = 0\%$	$I'r10_6 = 100\%$
	$Ir12_6 = 0\%$	$I'r12_6 = 76\%$
	$Ir18_6 = 0\%$	$I'r18_6 = 100\%$
	<b><math>Iobj_2 = 52\%</math></b>	<b><math>I'obj_2 = 76\%</math></b>

A seguir, ao Nível de integração ( $I12$ ), constatou-se que nenhuma das cidades possui terminais de integração do BRT ( $TIN_b$ ), tão poucas estações de transferência para diferentes modais ( $ETR_b$ ), de modo que a prospecção contemplou a necessidade de se desenvolver, pelo menos, treze conjuntos para estes fins em Brasília ( $TIN_5 = 10$  e  $ETR_5 = 3$ ), sete em Salvador ( $TIN_4 = 5$  e  $ETR_4 = 2$ ) e cinco em Fortaleza ( $TIN_5 = 4$  e  $ETR_5 = 1$ ), o que remete ao cumprimento de 76% da meta ( $TI10_b = 3,06$ ) destes, pois  $I12_b = 2,64$ .

Para  $I1$ , a relação entre a demanda total de usuários que utilizam o BRT e a população local para a cidade de Brasília deve aumentar proporcionalmente a dezessete vezes ( $DA_5 = 157.820.087$ ) ao atual patamar anual estabelecido ( $DA_5 = 9.300.000$ ), cuja situação foi a mais grave encontrada ( $I1_5 = 0,35$ ). Já em Salvador este parâmetro é de três vezes ( $DA_4 = 161.847.769$ ) e, aproximadamente, o dobro para Fortaleza ( $DA_6 = 152.082.867$ ). Independente do caso é perceptível pela forma com que o indicador Abrangência foi consolidado que este seria o ponto de maior dificuldade de implementação futura, visto que muitas vezes o aumento dos BRTs está ligada diretamente a construção de mais corredores, tarefa que exige a maior quantidade de investimentos por parte da gestão pública.

Em um segundo momento foram verificados os casos específicos de alteração, como o caso do Funcionamento em horários "de pico" (14) em Fortaleza, onde se espera que o nível "Satisfatório" seja atingido a partir de uma aumento na capacidade de coleta de  $PPH_6 = 10.000$  para  $PPH_6 = 28.160$  (por hora por sentido) e da adequação da Infraestrutura das estações (18) em Salvador e Fortaleza, por meio do incremento do tipo de piso utilizado ( $TPE_6 = 3$ ) para revestir a estação (do asfalto para o concreto) e da implantação parcial de alimentadores integrados ( $AFI_6 = 1$ ), inexistentes atualmente.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da aplicação prática supracitada, foi possível constatar que apesar de, na média, os resultados encontrados para a função-objetivo estarem em um bom patamar, os BRTs de cada um dos centros urbanos pesquisados possuem latências em seus serviços que devem ser atendidas, a fim de oferecer aos usuários um transporte que supra as suas expectativas, sendo capaz inclusive de competir com igualdade em relação aos modais privados motorizados.

Quanto ao objetivo central da pesquisa, de propor uma modelagem para a mensuração de desempenho dos sistemas de transportes BRT no Brasil, pode-se afirmar que o instrumento desenvolvido contribui para a tarefa de verificação da situação em que os transportes públicos deste tipo estão concebidos nos centros urbanos, o que permite auxiliar a gestão através da identificação, organização, mensuração e integração dos fatores considerados como críticos ao sucesso, traduzidos por meio de indicadores, de forma sistêmica e participativa.

Em relação aos objetivos específicos citados, o primeiro, determinado por descrever a natureza e os processos que compõem a atividade de um BRT, foi apresentado na seção 2, em específico no tópico 2.1. O segundo, de verificar os fatores e as variáveis mais relevantes para a operação, estruturando-os hierarquicamente conforme o seu grau de relevância em relação ao problema, está contemplado ao decorrer da seção 4, da mesma forma com que ocorre para o terceiro ponto referencial do estudo, definido por desenvolver um sistema de indicadores capaz de transmitir a real situação dos centros urbanos.

Por fim houve a necessidade de cumprir com o quarto objetivo específico, de simular e otimizar a modelagem para a mensuração de desempenho, descrita em detalhes na aplicação da seção 5 para as doze cidades que possuem BRT instalado e mais de um milhão de habitantes, segundo o IBGE (2013), das quais representam somadas 86% do total de passageiros transportados no Brasil.

Em conjunto com os resultados práticos da pesquisa, foi perceptível ao pesquisador a importância do BRT na conjuntura econômica e social dos centros urbanos, independente do seu tamanho ou arranjo organizacional. Porém, verificou-se também que a sua simples instalação, sem que haja políticas de gestão pública que tratem o contexto da mobilidade urbana como um sistema conjunto e

multidisciplinar, não é eficaz para a mitigação dos problemas dos transportes atualmente encontrados.

Para tanto, a proposta de SMD apresentada na presente pesquisa se mostrou capaz de apontar aos gestores e usuários de BRTs alguns dos principais pontos que devem sofrer alteração, para que haja a disponibilização de um serviço mais efetivo a população, respondendo assim a busca por obtenção de respostas acerca da lacuna de pesquisa ressaltada na seção 1.1.

Como expectativa para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação do SMD ao contexto das demais cidades não selecionadas nesse momento, a fim de verificar qual a situação dos BRTs em locais cujas características se diferem das grandes metrópoles nacionais. Ainda, é possível reaplicar os atuais dados obtidos ampliando-se o enfoque em relação ao total de decisores, de forma a verificar se o padrão dos resultados se mantém.

Outra possibilidade é a adoção de técnicas distintas na elaboração do SMD, tanto em relação aos métodos multicritério de apoio a tomada de decisão, onde se utilizou os pressupostos da Escola Americana de pensamento em detrimento da Francesa e Mista, como na elaboração dos indicadores, que poderia contemplar, por exemplo, pressupostos encontrados do *Balanced Scorecard* (BSC) (KAPLAN, NORTON, 2008) ou da valoração por meio de Funções de Valores Aditivas (GOMES; GOMES, 2012), ao invés da descrição por meio de KPIs.

Finalmente, as principais limitações encontradas estão relacionadas a possibilidade da aplicação ter contemplado a adoção de um conjunto maior de decisores para a valoração das taxas de substituição. Ainda, o SMD poderia contemplado de maneira mais abrangente a questão da satisfação dos clientes em relação aos serviços prestados, porém, por se tratar de um campo que exigiria tempo e orçamento indisponíveis para elaboração e, conseqüentemente, coleta dos dados em cada uma das cidades adotadas, optou-se por utilizar somente a fonte de informações proveniente da Global BRT que, neste momento, ainda é escassa em relação a tal ponto, mas atende satisfatoriamente aos demais citados ao decorrer do estudo.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, D.; KERN, T.; HAVENHAND, M. ERP Critical Success Factors: An Exploration of the Contextual Factors in Public Sector Institutions. In: proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2002, Hawaii. **Anais....** Hawaii: IEEE.

ALMEIDA, A.T.; COSTA, A.P.C.S. **Aplicações com métodos multicritério de apoio à decisão**. Recife: Editora Universitária, 2003.

ANDERSON, D.R.; SWEENEY, D.J.; WILLIAMS, T.A.; CAMM, J.D. (2013). **Statistics for Business & Economics**, Independence: Cengage Learning.

ANTP. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Sistemas de informação da mobilidade urbana: relatório 2011**. Brasília, 2011. 130 p.

AUSINDUSTRY. **Key performance indicators manual: a practical guide for the best practice development, implementation and use of kpis**. Warriewood: Business & Professional Pub, 1999. 183 p.

BANDEIRA, A.A. **Indicadores de desempenho: instrumento à produtividade organizacional**. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

BARTOLOMEI, J.; SMITH, E. A system dynamic model of government engineering support during the development phase of a military acquisition program, In: 19th International Conference of The System Dynamics Society, 2011, Atlanta. **Anais ....** Atlanta.

BARTZ, T., SILUK, J.C.M. BARTH, L.E. **Importance of industrial performance measurement in industry: a case study**. Revista Brasileira de Estratégia, Curitiba, v. 4 (1), p. 91 - 104, 2011.

BATALHA, M.O. Introdução à engenharia de produção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

BLAZEY, M.L. **Insights to performance excellence 2011-2012: understanding the integrated management system and baldrige**. Milwaukee: Quality Press, 2011. 384 p.

BOARETO, R. **Caderno de referência para elaboração de Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades**. Brasília: Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana, 2007. 232 p.

BRASIL. Lei n. 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política



- Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis n<sup>os</sup> 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei n<sup>o</sup> 5.452, de 1<sup>o</sup> de maio de 1943, e das Leis n<sup>os</sup> 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 jan. 2012. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/ lei/l12587.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm) >. Acesso em: 30 jan. 2013.
- BRAHMCHARI, S; GANGOPADHYAY S. Experts want more research on BRT system. Disponível em: < <http://go.galegroup.com.ez47.periodicos.capes.gov.br/ps/i.do?id=GALE%7CA261858224&v=2.1&u=capes58&it=r&p=AONE&sw=w> >. Acesso em : 30 jan. 2013.
- BROWN, L.G. **Baldrige award winning quality: how to interpret the Baldrige criteria for performance excellence**. London: Productivity Press, 2008. 384 p.
- BRT BRASIL. Cidades e sistemas BRT: São Paulo. Disponível em: <<http://www.brtbrasil.org.br/index.php/brt-brasil/cidades-com-sistema-brt/sao-paulo?local=223#.UuktpPuu-ZQ>>. Acesso em : 29 jan. 2014a.
- BRT BRASIL. Cidades e sistemas BRT: Recife. Disponível em: <[http://brtbrasil.org.br/index.php/brt-brasil/cidades-com-sistema-brt/recife#.UukrX\\_uu-ZR](http://brtbrasil.org.br/index.php/brt-brasil/cidades-com-sistema-brt/recife#.UukrX_uu-ZR)>. Acesso em : 29 jan. 2014b.
- BRYANT, L.; JONES, D.A.; WIDENER, S.K. Managing value creation within the firm: an examination of multiple performance measures. **Journal of Management Accounting Research**, v. 16 (1), p. 107 - 131, 2004.
- BYTHEWAY, C.W. **Fast Creativity & Innovation: Rapidly Improving Processes, Product Development and Solving Complex Problems**. Plantation: J. Ross Publishing, 2007.
- CHENHALL, R.H.; LANGFIELD-SMITH, K. Multiple perspectives in performance measures. **European Journal Management**, v. 25 (4), p. 266 – 282, 2007.
- CORBIN, J.; STRAUSS, A. **Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory**. Thousand Oaks: Sage, 2008.
- COSTA, H.G. **Auxílio multicritério à decisão: método AHP**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2006.
- COX, R.; ISSA, R.; AHRENS, D. Management's Perception of Key Performance Indicators for Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 129 (2), p. 142-151, 2003.

- CRESWELL, J.W. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. Thousand Oaks: Sage Publications, 2002.
- DELMELLE, E.C.; CASAS, I. **Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a developing country: The case of Cali, Colombia**. *Transport Policy*, v. 20, p. 36 – 46, 2012.
- DENZIN, N.K.; LINCOLN, Y.S. **Handbook of Qualitative Research**. Thousand Oaks: Sage, 2005.
- DI SERIO, L.C.; VASCONCELLOS, M.A. **Estratégia e Competitividade Empresarial - Inovação e Criação de Valor**. São Paulo: Saraiva, 2009. 364 p.
- DRUCIAKI, V.P.; FERREIRA, E.R.; OLIVEIRA, R.R. **Geografia e transportes: estudos sobre circulação, mobilidade e acessibilidade**. Rio Claro: Editora do IGCE/UNESP, 2011. 190 p.
- DRUCKER, P.F. **Management**. New York: Harper Business, 2008. 608 p.
- DUARTE, F.; SÁNCHEZ, K.; LIBARDI, R. **Introdução à mobilidade urbana**. Curitiba: Juruá, 2012. 108 p.
- DUTRA, A. **Metodologias para avaliar o desempenho organizacional: revisão e proposta de uma abordagem multicritério**. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, v. 2 (1), p. 25 – 56, 2005.
- EGNER, T. **McKinsey Seven S Model**. Munich: GRIN Verlag, 2009.
- EMBARQ BRASIL. Sobre o sistema BRT. Disponível em: < <http://embarqbrasil.org/>>. Acesso em: 30 jan. 2013.
- ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G.N.; NORONHA, S.M. **Apoio à decisão – metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001. 296 p.
- FERREIRA, E.R. **Propostas para a melhoria do sistema viário em cidades médias**. Rio Claro: Editora do IGCE/UNESP, 2009. 118 p.
- FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analysis: state of art surveys**. New York: Springer, 2005.
- FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. São Paulo: Artmed, 2009.
- FTA. FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION. **Characteristics of Bus Rapid Transit for decision-making**. Washington, 2009. 410 p.
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GLOBAL BRT. Data about BRT. Disponível em: <<http://www.brtdata.org/>>. Acesso em: 30 jan. 2013.

GLOBAL BRT. System Length. Disponível em: <[http://www.brtdata.org/#/indicators/systems/system\\_length\\_km](http://www.brtdata.org/#/indicators/systems/system_length_km)>. Disponível em: 29 jan. 2014.

GOMES, C.F. Using MCDA methods THOR in na application of outranking the ballast water management options. **Pesquisa Operacional**, v. 25 (1), p. 11 – 28, 2005.

GOMES, L.F.A.M., ARAYA, M.C.G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisões em cenários complexos: Introdução aos métodos discretos de apoio multicritério à decisão**. São Paulo: Cengage Learning, 2004.

GOMES, C.F.; GOMES, L.F.A.M. **Tomada de decisão gerencial: Enfoque Multicritério**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

GRECO, S.; EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J.F. **Trends in Multiple Criteria decision analysis**. New York: Springer, 2012. 428 p.

GUAGLIARDO, M.K. **Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges**. International Journal of Health Geographics, 3 (3), 2004.

GUITOUNI, A.; MARTEL, J.M. Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDAmethod. **European Journal of Operational Research**, 109 (2), 501 – 521.

HIDALGO, D.; CARRIGAN, A. **Modernizing public transportation, lessons learned from major bus improvements in Latin America and Asia**. Washington DC: World Resources Institute, 2010.

HRONEC S.M. **Sinais Vitais**. São Paulo: Makron Books, 1994.

HUBBARD, G.; RICE, J.; BEAMISH, P. **Strategic Management: Thinking, Analysis and Action**. Pearson Education, 2011.

IBGE. Indicadores e estatísticas. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores\\_sociais\\_municipais/default\\_indicadores\\_sociais\\_municipais.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/indicadores_sociais_municipais/default_indicadores_sociais_municipais.shtm)>. Acesso em: 30 jan. 2013.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **A mobilidade urbana no Brasil**. Brasília, 2011. 35 p.

IRELAND, R.D.; HOSKISSON, R.E.; HITT, M.A. **Strategic Management: Concepts and Cases: Competitiveness and Globalization**. Boston: South-Western College Publishing, 2014.

JUNG, C.F. **Metodologia para pesquisa & desenvolvimento: aplicada a novas tecnologias, produtos e processos**. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora,

2004.

KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P. **A Execução Premium**. Rio de Janeiro: Campus, 2008.

KELLY, D.L. **Applying quality management in healthcare**. Chicago: Health Administration Press, 2011. 450 p.

KITTELSON & ASSOCIATES, INC.; LEVINSON TRANSPORTATION CONSULTANTS, H.S.; HARRIS, DMJM+. **TCRP Report 118: Bus Rapid Transit: Practitioner's Guide**. Washington, 2007. 255 p.

KOKSALAN, M.; WALLERIUS, J.; ZIONTS, S. **Multiple criteria decision making: from early history to the 21st century**. New York: World Scientific Publishing Company, 2011.

LAMBERT, D. M. POHLEN, T. L. Supply Chain Metrics. **International Journal of Logistics Management**, 2001.

LANGFIELD-SMITH, K. Strategic management accounting: how far have we come in 25 years?. **Accounting, Auditing & Accountability Journal**, v. 21, p. 204-228, 2008.

LATORRE, V.; ROBERTS, M.; RILEY, M.J. Development of a systems dynamics framework for KPIs to assist project managers' decision making processes. **Revista de la Construcción**, v. 9, n. 1, p. 39-49, 2010.

LEOPARDI, M.T.; BECK, C.L.C.; NIETSCHE, E.A.; GONZALES, R.M.B. **Metodologia da pesquisa na saúde**. Santa Maria: Pallotti; 2001.

LERNER, J. **Avaliação comparativa das modalidades de transporte público urbano**. Curitiba: Jaime Lerner Arquitetos Associados, 2009.

LEVINSON, H.; ZIMMERMAN, S.; CLINGER, J.; RUTHERFORD, S.; SMITH, R.L.; SOBERMAN, R. **TCRP 90: Bus Rapid Transit, case studies in BRT**. Washington, 2003, 62 p.

LINDAU, L.A.; HIDALGO, D.; FACCHINI, D. Curitiba, The Cradle of Bus Rapid Transit. **Built Environment**, Oxon, v. 36, p. 274-282, 2010a.

LINDAU, L.A.; HIDALGO, D.; FACCHINI, D. Bus Rapid Transit in Curitiba, Brazil. **Transportation Research Record**, Washington, v. 2193, p. 17-27, 2010b.

LOBATO, D.M.; FILHO, J.M.; TORRES, M.C.S.; RODRIGUES, M.R.A. Estratégias de empresas. 9. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2009.

LOOTSMA, F.A. Scale sensitivity in the multiplicative AHP and Smart. **Journal of Multi-criteria Decision Analysis**, v. 2, p. 87 – 110, 1993.

- MARCHAND, M.; RAYMOND, L. Researching performance measurement systems. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 28 (7), p. 663 - 686, 2008.
- MARCONI, M.A. LAKATOS, E.M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- MARINS, F.A.S; PEREIRA, M.S.; BELDERRAIN, M.C.N.; URBINA, L.M.S. **Métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios: aplicações na indústria aeroespacial**. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2010.
- MARTINS, G.A. **Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- MATTAR, F.N. **Pesquisa de Marketing: metodologia e planejamento**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2005.
- MEDEIROS, H. Assessing the Performance of High-Capacity BRT Systems. In: 12º Conferência Internacional de Thredbo, 2011, Durban. **Anais....** Durban: Embarq.
- NEUENFELDT JÚNIOR, A.L.; SILUK, J.C.M; NARA, E.O.B.; KIPPER, L.M.; SOLIMAN, M. **Model to hierarchy the indicators for sectorial performance measurement of the Brazilian franchises**. Business Process Management Journal, No Prelo, 2014.
- MIGUEL, P.A.C. **Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e gestão de operações**. São Paulo: Campus, 2011.
- MONAHAN, G. **Enterprise risk management: a methodology for achieving strategic objectives**. Hoboken: Wiley, 2008. 180 p.
- MUKHOPADHYAYA, A.K. **Function Analysis System Technique**. 1 ed. : Andhra Pradesh: I K International Publishing House, 2012.
- NEELY, A.; ADAMS, C.; KENNERLEY, M. **The performance prism: the scorecard for measuring and managing business success**. London: Prentice Hall, 2002.
- NEELY, A. The evolution of performance measurement research: developments in the last decade and a research agenda for the next. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25 (12), p. 1264-1277, 2005.
- NOSSA SÃO PAULO. Cidade planeja construir 223 quilômetros de corredores de ônibus padrão BRT até 2018. Disponível em: <<http://www.nossasaopaulo.org.br/portal/node/48003>>. Acesso em: 29 jan. 2014.
- NTU. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. **Estudos de BRT no Brasil**. Brasília, 2011. 134 p.

- OLSON, E.M.; SLATER, S.F. The balanced scorecard, competitive strategy and performance. **Business Horizons**, 45, 11-17, 2002.
- OTHMAN, R. Reflective practice: enhancing the effectiveness of the balanced scorecard with scenario planning. **International Journal of Productivity and Performance Management**, 57 (3), 259-66, 2008.
- PACHECO JÚNIOR, W.; PEREIRA, V.L.D.V.; PEREIRA FILHO, H. do V. Pesquisa científica sem tropeços: abordagem sistêmica. São Paulo: Atlas, 2007.
- PARMENTER, D. **Key Performance Indicators (KPI): Developing, Implementing, and Using Winning KPIs**. 2 ed. Wiley: Hoboken, 2010.
- PAVLOV, A.; BOURNE, M. **Explaining the effects of performance measurement on performance: An organizational routines perspective**, International Journal of Operations & Production Management, v. 31(1), p.101 – 122, 2011.
- PEREIRA, B.M. **Avaliação de desempenho das configurações físicas e operacionais de sistemas BRT**. 2011. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- PERFORMANCEPOINT SERVER. **Como calcular pontuações normalizadas**. Redmond, 2007. Disponível em: < <http://office.microsoft.com/pt-br/support/explicacao-passo-a-passo-calculador-pontuacoes-normalizadas-para-kpis-HA010254033.aspx>>. Acesso em: 01 fev. 2013.
- PORTER, M. **Competição**. São Paulo: Campus, 2009.
- PYKE, R.H. Sophisticated capital budgeting systems and their association with corporate performance. **Managerial and Decisions Economics**, v. 5, p. 91 – 97, 2006.
- RASIEL, E.M. **O jeito Mckinsey de ser**. São Paulo: Makron Books, 2000.
- RATNASINGHAM, P. Service quality management applying the balanced scorecard: and exploratory study. **International Journal of Commerce and Management**, v. 19 (2), p. 127-36, 2009.
- RAUCH, A., WIKLUND, J., LUMPKIN, G.T., FRESE, M. Entrepreneurial orientation and business performance: an assessment of past research and suggestions for the future. **Entrepreneurship: Theory & Practice**, v. 33, p. 761–787, 2009.
- REY, G. **Pesquisa qualitativa em psicologia**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.
- RODRIGUEZ, D.A.; MOJICA, C.A. Capitalization of BRT network expansion effects

- into prices of non-expansion areas. **Transportation Research**, v. 43, p. 560–571, 2009.
- RUMLER, G.A.; BRACHE, A.P. **Melhores desempenhos das empresas**. São Paulo: Makron Books, 1992.
- SAATY, T.L. **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw-Hill, 1980.
- SAATY, T.L. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. **European Journal of Operational Research**, v. 145, p. 85–91, 2003.
- SAATY, T.L. Decision making with the Analytic Hierarchy Process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1(1), p. 83 – 98, 2008.
- SAATY, T.L.; CHANG, J.S. An innovative orders-of-magnitude approach to AHP-based multi-criteria decision making: Prioritizing divergent intangible humane acts. **European Journal of Operational Research**, 214, 703 – 715, 2011.
- SAATY, T.L.; VARGAS, L.G. **Methods, concepts & applications of the Hierarchy Process**. New York: Springer, 2012.
- SANTOS, V.; CANDELORO, R.J. **Trabalhos acadêmicos: uma orientação para a pesquisa e normas técnicas**. Porto Alegre: AGE, 2006.
- SCHOLZ, R.W.; TIETJE, O. **Embedded case study methods – integrating quantitative and qualitative knowledge**. Thousand Oaks: Sage Publications, Inc., 2002.
- SILVA, E.L.; MENEZES, E.M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.
- TEMPLAR, R. **The rules of management, expanded edition: a definitive code for managerial success**. New Jersey: FT Press, 2011. 240 p.
- TOOR, S.-u.-R.; OGUNLANA, S.O. Construction professionals' perception of critical success factors for large-scale construction projects. **Construction Innovation**, V. 9, P. 149-167, 2008.
- UFPR. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Departamento de Transportes. **Apostila Transporte Público**. Curitiba, 108p, 2012. impresso.
- USDOT. UNITED STATES OF AMERICA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Publication Traffic analysis toolbox: traffic analysis tool primer**. Washington, 2004.
- USTUN, O.; DEMIRTAS E.A. Multi-period lot-sizing with supplier selection using achievement scalarizing functions. **Computers and Industrial Engineering**, v. 54, p. 918-931, 2008.

- VALENTE, R.O.A.; VETTORAZZI, C.A. Comparação entre métodos de análise de sensibilidade, empregados na tomada de decisão com a avaliação multicriterial. **Sci. For., Piracicaba**, v. 37, n. 82, p. 197-211, 2009.
- VASCONCELLOS, E.A. **Mobilidade urbana e cidadania**. São Paulo: Senac, 2012. 216 p.
- VAN DER STEDE, W.A., CHOW, C.W.; LIN, T.W. Strategy, choice of performance measures, and performance. **Behavioral Research in Accounting**, v. 18, p. 185-205, 2006.
- VUCHIC, V. **Urban Transit: Systems and Technology**. New Jersey: Wiley & Sons, Inc., 2007.
- YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- WALLENIUS, J.; DYER, J.S.; FISHBURN, P.C.; STEUER, R.E.; ZIONTS, S.; DEB, K. Multiple criteria decision making, multiple attribute utility theory. **Management Science**, v. 54 (7), p. 1336 – 1349, 2008.
- WRIGHT, L.; HOOK, W. **Manual de BRT: Guia de Planejamento**. Brasília, 2007. 898p.
- WOMACK, J.P.; JONES, D.T. **Soluções enxutas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 290 p.
- ZAGO, C.A.; RIGONI, J.; ABREU, L.F.; RODRIGUEZ, C.M.T. Perspectivas metodológicas de avaliação de desempenho organizacional: aplicabilidade na logística. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v. 3 (3), p. 178-195, 2008.
- ZIMMERMANN, H.J.; BUCKLEY, J.J. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 11, n. 3, p. 229-242, 1983.
- ZOGBI, E. **Competitividade Através da Gestão da Inovação**. São Paulo: Atlas, 2008. 118 p.
- ZOPOUNIDIS, C.; DOUMPOS, M.; MATSATSINIS N.F.; GRIGOROUDIS, E. **Multiple Criteria Decision Aiding**. Hauppauge: Nova Science Publishers, 2011. 246 p.



## APÊNDICE A: DIAGNÓSTICO 1

### PRIMEIRA ETAPA: GRAU DE RELEVÂNCIA DOS FATORES DE SEGUNDO NÍVEL

1. Ordenar os seguintes critérios de acordo com relevância dos fatores determinados como do segundo nível da estrutura hierárquica:

Escala: crescente de 1 (fator pouco relevante) a 10 (muito relevante).

- **Fator Tarifação:** Vinculado a fatos relacionados as tabelas de preços predispostas aos usuários do transporte, compreendendo desde valores mais populares a fim de atingir a população localizada geralmente nos subúrbios dos centros urbanos até cobranças mais elevadas, atingindo locais em que o fluxo de pessoas é maior e mais constante: **Pontuação:**

- **Fator Serviços:** Define como o BRT está predisposto na sua operação propriamente dita, relacionado diretamente a forma com que o desenvolvimento do serviço está ocorrendo, bem como da sua eficiência operacional, servindo como balizador prático para o caso de se prever futuros aumentos do sistema em questão: **Pontuação:**

- **Fator Frota:** é caracterizada pelo levantamento dos dados a respeito dos tipos de veículos selecionados para o deslocamento e suas características intrínsecas de acordo com a demanda encontrada no local: **Pontuação:**

- **Fator Estações e Corredores:** permeiam os estudos vinculados a captação e a distribuição dos usuários ao decorrer dos itinerários dispostos na organização urbana, sendo levantados dados baseados na maneira com que as agências de transportes consolidam fisicamente a operação, fatos que estão diretamente vinculados aos estudos a respeito dos corredores e a sua disposição física perante o cenário urbano: **Pontuação:**

- **Fator Controles:** atendem a demanda pela mensuração do nível em que se encontra o monitoramento da operação propriamente dita, em relação ao comportamento com que os deslocamentos diários, de modo a tornar viável a geração de informações capazes de mitigar as chances de não cumprimento dos planejamentos estabelecidos para cada rota: **Pontuação:**

- **Fator Marca:** trata da maneira com que o sistema é divulgado perante os usuários, servindo de apoio para a identificação de cada um dos itinerários locais e sua abrangência de cobertura: **Pontuação:**

- **Fator Modais:** Representam o percentual dos modais presentes na movimentação dos centros urbanos: **Pontuação:**

- **Fator Social:** Está vinculado, de maneira geral, aos relacionados pelo usuário do transporte e nível de conforto disponibilizado, bem como das formas com que a implantação afeta direta e indiretamente na organização da rotina do centro urbano: **Pontuação:**



