

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

TOMADA DE DECISÃO EM SISTEMA DE TRANSPORTE
URBANO: UMA ANÁLISE MULTICRITÉRIO

CAMILA FEITOZA BAGNASCHI

MANAUS
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

CAMILA FEITOZA BAGNASCHI

TOMADA DE DECISÃO EM SISTEMA DE TRANSPORTE
URBANO: UMA ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Gestão da Produção.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Dantas Frota

MANAUS
2012

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

Bagnaschi, Camila Feitoza

B147t Tomada de decisão em sistema de transporte urbano: uma análise multicritério / Camila Feitoza Bagnaschi. - Manaus: UFAM, 2012. 104 f.; il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Universidade Federal do Amazonas, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Dantas Frota

1. Transporte - Administração 2. Transporte público 3. Método *Promethée II* I. Frota, Cláudio Dantas (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU 656.121(043.3)

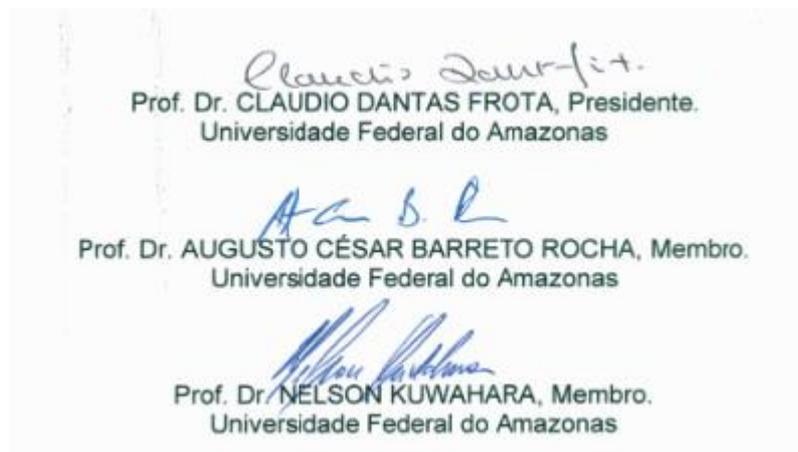
CAMILA FEITOZA BAGNASCHI

**TOMADA DE DECISÃO EM SISTEMA DE TRANSPORTE
URBANO: UMA ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Gestão da Produção.

Aprovado em 16 de maio de 2012

BANCA EXAMINADORA



Dedico este trabalho aos meus pais, Bagnaschi Domenico (*in memoriam*) e Terezinha Bagnaschi, ao meu marido Antônio Orlando Jr. e aos meus amigos pelo amor, incentivo e apoio em meu crescimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me ajudar a ultrapassar todas as barreiras.

Aos meus pais, Bagnaschi Domenico (*in memoriam*) e Terezinha Bagnaschi, por todos os anos de dedicação e amor, com todos os sacrifícios que enfrentamos juntos para que mais esse sonho se tornasse realidade.

Ao meu marido Antônio Orlando Júnior, pelo carinho, suporte emocional e por sempre me incentivar nos momentos difíceis da caminhada acadêmica.

Aos meus irmãos e família, dom precioso, pelo apoio e incentivo.

À Prof^a. Dr^a. Ocilde Custódio, pela compreensão, oportunidade, apoio e incentivo durante os momentos decisivos deste trabalho.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Cláudio Dantas Frota, pela dedicação dispensada a mim e ao meu trabalho e pelo aprendizado que adquiri através de seus ensinamentos.

À Prof^a. Dr^a. Márcia Helena Velda Moita, pelo incentivo e orientação durante o início deste trabalho.

Aos Professores Doutores integrantes da banca examinadora Nelson Kuwahara e Augusto César Barreto Rocha, pela simplicidade e auxílio na transmissão de seus conhecimentos e por me apontarem o caminho para um trabalho melhor.

Aos Professores do Mestrado em Engenharia de Produção da Ufam, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos amigos e amigas João Paulo Penhalosa Duarte, Joel Castro do Nascimento, Leandro Aparecido Leite, Jaqueline do Espírito Santo Soares dos Santos e Rejane Dantas Cavalcante, pela amizade fortalecida durante o Mestrado, pelo apoio e incentivo mútuo, por sermos muito mais que amigos quando o outro necessitava de ajuda.

Aos colegas e amigos da turma 2009 do Mestrado de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas: Andressa Marques, Carla Sena, Cristianne Macêdo, Eliana Gomes, Maria do Perpétuo Socorro Coelho, Maria dos Anjos e Renato Costa.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação e Engenharia de Produção, pela compreensão, oportunidade e incentivo.

Ao Núcleo Interdisciplinar de Pesquisas e Estudos em Transporte, Logística e Construção Naval da Amazônia – NTC, ao Laboratório de Pesquisa Operacional – Lapo e às amigas: Andrimarciely de Souza, Danielle Marinho, Ely Sena, Maria Domingas e Ramayana de Paula, pela amizade e oportunidade de trabalhar como pesquisadora na área de transporte urbano em Manaus, período de fundamental importância durante o Mestrado.

À Poliana Cardoso e José Teixeira, pela amizade durante o tempo do NTC – Lapo, pela ajuda e por todo o apoio e ensinamentos na utilização do método *Promethée*.

À Universidade Federal do Amazonas e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, pela oportunidade concedida de cursar o Mestrado em Engenharia de Produção.

À Superintendência Municipal de Transportes Urbanos – SMTU, por fornecer todos os dados necessários para o desenvolvimento desta dissertação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – Fapeam, pelo apoio financeiro concedido durante a realização do Mestrado em Engenharia de Produção.

Aos colegas e amigos das empresas: 3D Alarmes e Alarme & Cia, pelo companheirismo, incentivo e por todo apoio prestado.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço.

O importante é estar pronto para, a qualquer momento, sacrificar o que somos pelo que podemos vir a ser.

Charles Du Bois

RESUMO

No Brasil, a maior parte da população vive nas cidades e nos centros urbanos e em grande parte do território brasileiro a urbanização deu-se de forma rápida e sem planejamento. O acelerado fluxo migratório campo-cidade contribuiu ainda mais para que as cidades adquirissem a imagem de aglomerados urbanos populosos e desorganizados. O resultado desse processo de formação reflete-se também na organização de diversos serviços públicos essenciais para o desenvolvimento das cidades, dentre os quais se destaca o transporte público coletivo. Os problemas referentes a esse serviço têm gerado grandes desperdícios quanto ao tempo de espera, custo de deslocamento, poluição, acidentes, dentre outros, que tendem a se agravar, impactando de forma negativa tanto na produtividade do espaço urbano quanto na qualidade de vida da população. Visando um rápido processo de reorganização do transporte público coletivo, cresce a busca por alternativas mais eficientes e adequadas às realidades econômicas e possibilidades locais, que venham suprir as necessidades não somente atuais como também futuras. Para atingir seus objetivos, este trabalho recorre à pesquisa bibliográfica e documental, para justificar os fundamentos do planejamento das cidades e o crescimento urbano das mesmas, descrevendo todo o processo de desenvolvimento e também abordando sobre a realidade do transporte coletivo em Manaus e a necessidade de implantação de um novo sistema, através de um modelo de tomada de decisão. Portanto, esta pesquisa tem como objetivo apresentar a aplicabilidade de métodos multicriteriais por meio da análise comparativa entre os sistemas de transporte coletivo como auxílio ao tomador de decisão na escolha da alternativa considerada mais satisfatória. Objetiva também identificar os principais sistemas de transporte coletivo adotados no Brasil, além de analisar a atual situação do transporte público da cidade de Manaus. É objetivo dessa pesquisa ainda versar sobre a tomada de decisão e sobre os métodos multicriteriais, mais especificamente o método *Promethée II*, como ferramenta de auxílio na tomada de decisão sobre o novo sistema de transporte público coletivo que deve ser adotado por Manaus. Após a aplicação do método *Promethée II* com base nos critérios e pesos definidos pelo órgão gestor do transporte coletivo da capital amazonense, a pesquisa indicou o sistema de transporte que representa a alternativa mais satisfatória para suprir as necessidades de Manaus e responder à problemática levantada neste trabalho.

Palavras-chave: Decisão; Método *Promethée II*; Sistema de Transporte Coletivo.

ABSTRACT

In Brazil, most of the population lives in cities and urban centers and large part of Brazil urbanization took place quickly and without planning. The accelerated rural-urban migration contributed even more for cities acquire the image of urban populous and disorganized. The result of this training process is also reflected in the organization of various public services essential for the development of cities, among which stands out the public transportation. The problems regarding this service have generated large waste as the waiting time, travel costs, pollution, accidents and others, which tend to deteriorate, negatively impacting both the productivity of urban space and the quality of life. Aiming at a rapid reorganization of public transportation, the search for alternatives is growing more efficient and tailored to local economic realities and possibilities, aimed not only meet current needs but also future. To achieve its objectives, this paper draws on research literature and documents to justify the foundations of city planning and urban growth thereof, describing the whole process of development and also about addressing the reality of public transport in Manaus and the need to implement a new system, using a model decision. Therefore, this research aims to present the applicability of multicriteria methods through comparative analysis between public transports systems as an aid to the decision maker in choosing the alternative considered most satisfactory. It also aims to identify the main public transport systems adopted in Brazil, in addition to analyzing the current situation of public transport in the city of Manaus. It is further objective of this research relate to decision making and on multicriteria methods, more specifically the method Prométhée II, as a tool to aid in decision making about the new system of public transportation that should be adopted by Manaus. After application of the method Prométhée II based on the criteria and weights set by the managing agency of public transport in the capital of Amazonas, the research indicated that the transport system is the most satisfactory alternative to meet the needs of Manaus and respond to issues raised in this paper.

Keywords: *Decision; Method Prométhée II; Public Transport System.*

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Crescimento da frota de veículos e da população brasileira em porcentagem	29
Gráfico 2: Ocupação das vias por ônibus	33
Gráfico 3: Crescimento anual da frota de veículos em Manaus	54
Gráfico 4: Distribuição da frota por empresas do Consórcio Transmanaus.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ocupação das vias por automóveis.....	31
Figura 2: Ocupação das vias por ônibus.....	32
Figura 3: Definição do termo Transporte.....	35
Figura 4: Conjunto de elementos que compõem um Sistema de Transporte.....	36
Figura 5: Sistemas de Transporte Urbano Público Coletivo / Massa.....	37
Figura 6: Mapa geográfico de Manaus, divididos por bairros e zonas.....	52
Figura 7: Sistema de Transporte Integrado proposto pelo Governo e Prefeitura.....	57
Figura 8: Projeto do Sistema Monotrilho para a cidade de Manaus.....	58
Figura 9: Projeto do Sistema <i>BRT</i> para a cidade de Manaus.....	59
Figura 10: Montagem do sistema decisório nos métodos de análise de decisão.....	62
Figura 11: Classificação das Abordagens Multicriteriais: <i>MCDM</i> e suas subdivisões.....	64
Figura 12: Verdadeiro critério.....	69
Figura 13: Quase-critério.....	70
Figura 14: Pseudo-critério.....	70
Figura 15: Critério de nível.....	70
Figura 16: Critério com preferência linear.....	71
Figura 17: Critério gaussiano.....	71
Figura 18: Fluxograma da pesquisa.....	81
Figura 19: Plano <i>Gaia</i>	85
Figura 20: <i>Rank Prométhée I</i>	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Crescimento da Frota de Veículos e da População nas últimas décadas.....	28
Tabela 2: Porcentagem de veículos por tipo – Brasil DEZ/2011	34
Tabela 3: Cronograma do Processo de Planejamento do <i>BRT</i>	42
Tabela 4: Frota Atual da Cidade de Manaus	53
Tabela 5: Resumo operacional das empresas do Consórcio Transmanaus (SMTU)	55
Tabela 6: Modelo de Matriz de Desempenho	69
Tabela 7: Matriz de Pesos dos Critérios	72
Tabela 8: Critérios de Avaliação	74
Tabela 9: Matriz de Desempenho.....	75
Tabela 10: Parâmetros do Modelo.....	84
Tabela 11: Matriz de Preferência: Sistema x Sistema.....	86
Tabela 12: Matriz de Preferência: Sistemas Ordenados.....	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTP: Agência Nacional de Transportes Públicos

Arsam: Agência Reguladora dos Serviços Públicos Concedidos do Estado do Amazonas

BRT: Bus Rapid Transit – Transporte Rápido por Ônibus

CNT: Confederação Nacional dos Transportes

Denatran: Departamento Nacional de Trânsito

Electre: Elimination et Choix Traduissant la Réalité

EMTU: Empresa Municipal de Transportes Urbanos

Gaia: Geometrical Analysis for Interactive Assistance

GPS: Global Position System – Sistema de Posicionamento Global

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IMTT: Instituto Municipal de Trânsito e Transporte

MAC: Método de Análise de Concordância

MCDM: Multicriteria Decision Methods – Análise Multicriterial de Auxílio à Tomada de Decisão

DAM: Decision Analysis Methods

MAD: Métodos de Análise de Decisão

Momp: Multiobjective Mathematical Programming

MPMM: Métodos de Programação Matemática Multiobjetivo

MAH: Método de Análise Hierárquica

AHP: Analytic Hierarchy Process

NTU: Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos

Prométhée: Preference Ranking Organization Method

Seminf: Secretaria Municipal de Infraestrutura

Seplan: Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico

SMTU: Superintendência Municipal de Transporte Urbano

STCUO: Sistema de Transporte Coletivo Urbano por Ônibus

Todim: Tomada de Decisão Interativa e Multicritério

Topsis: Technique Order Preference by Similarity to Ideal Solution

VLT: Veículo Leve sobre Trilho

VOG: Valued Outranking Graph

LISTA DE SÍMBOLOS

A= Alternativa

C= Critério

w= pesos

m= conjunto de alternativas

n= conjunto de critérios

d= diferença

(q)= limite de indiferença

(p)= limite de preferência

π = preferência

P= função de preferência

i=linha

j= coluna

k= coluna da alternativa

Σ = somatória

ϕ^+ = fluxo de entrada

ϕ^- = fluxo de saída

ϕ =fluxo global

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	16
1. INTRODUÇÃO	16
1.1 Da Contextualização ao Problema	16
1.2 Objetivos.....	19
1.2.1 Geral	19
1.2.2 Específicos.....	20
1.3 Justificativa	20
1.4 Delimitação do Estudo	21
1.5 Estrutura do Trabalho	22
CAPÍTULO II.....	23
2. REVISÃO DA LITERATURA	23
2.1 Crescimento das Cidades e o Planejamento do Serviço de Transporte.....	23
2.1.1 O Desenvolvimento das Cidades.....	23
2.1.2 O Planejamento do Transporte Urbano	24
2.2 Transporte Urbano Público e Privado	30
2.3 Sistemas de Transporte Urbano Público Coletivo no Brasil	34
2.3.1 Sistema de Transporte Coletivo Urbano por Ônibus – STCUO.....	38
2.3.2 Sistema Massivo de Transporte Rápido por Ônibus – <i>BRT</i>	40
2.3.3 Sistema Massivo de Transporte por Veículo Leve sobre Trilho – <i>VLT</i>	45
2.3.4 Sistema Massivo de Transporte por Monotrilho	46
2.3.5 Sistema Massivo de Transporte por Metrô	47
2.4 Integração entre Sistemas de Transporte Urbano.....	48
2.5 O Transporte Urbano Coletivo de Manaus.....	50
2.5.1 A Realidade do Transporte em Manaus	50
2.5.2 Sistema de Transporte Coletivo da Cidade de Manaus	52
2.6 A Tomada de Decisão e os Métodos Multicriteriais	61
2.6.1 O Processo Decisório	61
2.6.2 Métodos Multicriteriais	63
2.6.3 O Método <i>Promethée</i>	68
2.7 A Tomada de Decisão sobre o Transporte de Manaus a partir da Aplicação do Método <i>Promethée II</i>	73

2.7.1 O Método <i>Promethée II</i> Aplicado	73
2.7.2 Definição dos Critérios e das Alternativas	73
CAPÍTULO III	77
3. METODOLOGIA.....	77
3.1 Fundamentação.....	77
3.2 Procedimentos	79
3.3 Coleta de Dados	80
3.4 Tratamento dos Dados	82
3.5 Validação dos Resultados.....	83
CAPÍTULO IV.....	84
4. RESULTADOS	84
4.1 Apresentação dos Dados Obtidos pelo <i>Promethée II</i>	84
CAPÍTULO V	89
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
5.1 Contribuições para a Academia	91
5.2 Pesquisas Futuras	92
REFERÊNCIAS	93
ANEXO I	100

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 Da Contextualização ao Problema

As cidades no Brasil têm crescido e se desenvolvido bastante, com o acelerado avanço da urbanização e devido também aos fatores próprios do mundo moderno: migração para os grandes centros urbanos, a demanda de serviços públicos, entre outros. Com isso, a oferta de serviços é uma exigência necessária, entre os quais o sistema de transporte de uma cidade.

O Brasil possui 190.732.694 milhões de habitantes, espalhados pelas 27 unidades federativas e em 5.565 municípios. Cerca de 80% da população brasileira, ou seja, 160,9 milhões de habitantes locomovem-se a pé ou de transporte coletivo. No entanto, os outros 20% que se locomovem por meio de automóvel particular ocupam mais de 70% do espaço da cidade. (IBGE, 2011).

Para Silva *et al* (2006), o transporte urbano compõe o conjunto de serviços públicos (água, luz, esgoto, etc.) essenciais para o desenvolvimento das cidades, destacando-se dentre os demais. Segundo os autores, o termo transporte urbano é empregado para designar o deslocamento de pessoas e produtos realizados no interior das cidades. O sistema de transporte coletivo é o conjunto de linhas, infraestrutura e equipamentos que viabilizam o serviço de transporte coletivo que, por sua vez, é a categoria de serviço público de transporte de passageiros, realizado de forma sistemática, com horários e itinerários definidos. Público, coletivo ou de massa são denominações utilizadas. Hoje no Brasil, os sistemas de transporte público urbano mais utilizados são: o Ônibus, o *Bus Rapid Transit – BRT* que quer dizer transporte rápido por ônibus, o veículo leve sobre trilho – VLT, o Monotrilho e o Metrô.

Dentro do contexto geral do transporte urbano, o transporte público é de fundamental importância nas cidades, tanto pelo seu aspecto social quanto democrático, uma vez que este representa o transporte motorizado mais acessível às pessoas de baixa renda ou para quem não pode dirigir. Nas grandes cidades, tem função de propiciar uma alternativa de transporte, visando à melhoria da qualidade de vida: menos veículos particulares, menos congestionamentos e menos poluição, tornando, assim, os sistemas de transporte e as cidades mais eficientes.

O transporte público possui a importante função de integrar os diversos espaços urbanos, permitindo que as pessoas se desloquem até seus postos de trabalho, estudo, saúde e lazer, além de propiciar oportunidades de consumo, influenciando, assim, no desenvolvimento de diversas atividades econômicas e sociais (RODRIGUES, 2008).

De acordo com Azambuja (2002), a eficiência no sistema de transporte coletivo beneficiará não só empresas e órgão gestor, que captarão um maior número de passageiros e, portanto, maior receita, mas principalmente o usuário, que terá um serviço à sua disposição compatível com suas necessidades e seus recursos monetários.

A escolha de um sistema de transporte coletivo a ser implantado em uma determinada cidade – que possui características próprias – tende a levar em consideração diversos fatores ambientais, econômicos, sociais, culturais e geográficos, destacando-se as seguintes características:

- a disponibilidade de determinado sistema;
- a preferência por determinado sistema; e
- a qualidade do serviço prestado.

Segundo Rodrigues (2008), apesar dos avanços ocorridos nas últimas décadas, no que se refere à tecnologia dos veículos, a infraestrutura viária e a modernização das empresas operadoras, o transporte público no Brasil ainda enfrenta problemas que comprometem sua qualidade. Os problemas referentes a esse serviço têm gerado grandes desperdícios em termos de tempo de espera, custos de deslocamento, poluição, acidentes dentre outros. Essas características tendem a se agravar, impactando de forma negativa tanto na produtividade do espaço urbano quanto na qualidade de vida da população.

Visando um rápido processo de reorganização do transporte público em todo o Brasil, ressaltando-se a importância do advento da Copa em 2014, cresce a busca por alternativas mais eficientes e adequadas às realidades econômicas e possibilidades locais, com baixo investimento e implantação rápida, que visem suprir necessidades não somente atuais como também futuras.

Levando em consideração que a cidade de Manaus está em constante expansão e, com isso, a demanda dos serviços públicos (dentre eles, o transporte coletivo) tem aumentado, surge este trabalho com o objetivo de demonstrar como a aplicabilidade do Método Multicriterial *Promethée II* por meio da análise comparativa entre os sistemas de transporte

coletivo auxiliará o tomador de decisão na escolha da alternativa considerada mais satisfatória.

O *Promethée II* foi escolhido por resultar na problemática em questão e ser um método não-compensatório, que favorece alternativas bem balanceadas. Este trabalho, portanto, tem o caráter descritivo, de natureza quali-quantitativa e tem por objetivo principal apresentar a ferramenta *Promethée II* como instrumento capaz de auxiliar a tomada de decisão.

Com o crescimento rápido e constante das cidades e a necessidade de locomoção da população, houve um aumento considerável na frota de veículos em circulação, principalmente o de veículos particulares. Esse aumento fez com que a capacidade da rede urbana fosse ultrapassada, não comportando a alta demanda de veículos que circulam nas vias, tornando assim, o sistema de tráfego urbano defasado. Embora o transporte coletivo seja um serviço público essencial em qualquer centro urbano, a má prestação desse serviço compromete o desenvolvimento das cidades, impactando de forma negativa tanto na produtividade do espaço como na qualidade de vida da população.

Em muitas cidades brasileiras, o sistema de transporte coletivo implantado nem sempre é o mais adequado, pois não supre a necessidade básica que este serviço tem por finalidade propiciar, ou seja, deslocar a população de um determinado ponto desejado a outro com qualidade e segurança. Um exemplo do que foi dito é o caso da cidade de Manaus. Pode-se citar a elevada quantidade de veículos coletivos sem condições de tráfego espalhados pelas diversas vias da cidade. Diariamente, é possível notar, ao se deslocar pela rede viária da cidade, sejam por meios de transporte individuais ou nos coletivos que compõe o sistema de transporte, dezenas de ônibus com problema, parados nas ruas e acostamentos.

Em Manaus, o principal sistema de transporte coletivo é realizado por ônibus, que dividem as vias com os demais veículos. Segundo dados da Superintendência Municipal de Transporte Urbano – SMTU (2011), a frota é composta por 1.558 veículos coletivos e a idade média é de 7,6 anos, alguns dos veículos que fazem parte do sistema de transporte coletivo e que circulam pela cidade, possuem mais de 21 anos de utilização. A partir do final de 2011 deu-se início a renovação da frota.

Outro grande problema em Manaus está relacionado com a pavimentação inadequada das vias. Segundo operadores do sistema, algumas linhas dos veículos coletivos possuem itinerário que abrangem localidades distantes do centro da cidade, localidades essas que possuem vias sem pavimentação ou esburacadas e que em muito contribuem para os

problemas relacionados aos veículos. Esses exemplos são alguns dos que poderiam ser citados para demonstrar a situação do sistema de transporte coletivo na cidade. Sendo assim, entende-se que o sistema de transporte coletivo que opera atualmente na cidade de Manaus não é o mais adequado e nem supre as necessidades dos agentes envolvidos no processo de produção desse serviço público tão essencial para o desenvolvimento da cidade.

Os problemas referentes a esse serviço têm gerado grandes desperdícios não somente referente aos veículos que compõe o sistema de transporte, mas também no que se referem à infraestrutura, custos, deslocamento e outros. Assim o setor público vem buscando alternativas entre sistema de transporte coletivo, eficientes e viáveis, adequadas às realidades econômicas, sociais e ambientais da cidade, podendo essa escolha se dar a partir da utilização de ferramentas que auxiliem na escolha do melhor sistema, como é o caso dos métodos multicriteriais.

Diante do problema exposto surge a seguinte pergunta: **Qual o melhor sistema de transporte coletivo para a cidade de Manaus, a partir da aplicação de métodos multicriteriais para a escolha?**

Considerando que a pesquisa aborda a melhoria da tomada de decisão para os gestores de transporte em Manaus, podem-se afirmar, para balizar a pesquisa, as seguintes hipóteses:

a) Os métodos multicriteriais são ferramentas de grande importância e têm como finalidade auxiliar os gestores a tomar a melhor decisão, encontrando alternativas de sistemas de transporte coletivo para a cidade de Manaus e ordenando-as conforme a melhor escolha.

b) O método *Prométhée II* contribuirá na melhoria da produção e qualidade na prestação de serviço, cuja melhor alternativa poderá ser implantada tanto de forma individual quanto integrada. Sendo assim, entende-se que as eficientes ferramentas de apoio à tomada de decisão auxiliam na estruturação e solução de problemas.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Pesquisar alternativas de sistemas de transporte coletivo para a cidade de Manaus, através da adoção de um método multicriterial, que auxiliará o tomador de decisão na escolha da alternativa considerada mais satisfatória.

1.2.2 Específicos

- a) Identificar os principais sistemas de transporte coletivo existentes no Brasil;
- b) Analisar a situação atual do sistema de transporte coletivo na cidade de Manaus;
- c) Descrever os modelos multicriteriais e em específico o método *Promethée II*;
- d) Avaliar e ordenar os sistemas de transporte coletivo para a cidade de Manaus por meio do método *Promethée II*.

1.3 Justificativa

Manaus cresceu e a oferta de serviços públicos sofre cada vez mais os impactos do desenvolvimento, por vezes desordenado e sem planejamento. É o que se verifica no sistema de transporte da cidade, cujo modelo carece de intervenções, seja por reavaliação e reestruturação do atual sistema, seja pela implantação de um ou mais sistemas para Manaus.

A partir da necessidade de intervir no sistema de transporte e auxiliar na tomada de decisão sobre a escolha de um novo sistema para a capital, apresenta-se o método multicriterial *Promethée II*, como ferramenta da Engenharia de Produção capaz de apontar resultados satisfatórios para o problema levantado, a partir da inter-relação numérica de critérios e pesos adotados pelo decisor para a escolha do sistema de transporte para Manaus. Para isso, toma-se como referência o estudo do método e sua aplicação como um auxílio necessário para a escolha que leva em consideração os multicritérios da decisão a ser tomada.

Para este trabalho, parte-se então da premissa que o desenvolvimento das cidades está acontecendo. E Manaus não é diferente. A metrópole da Amazônia cresce cada vez mais e o seu sistema de transporte está se tornando um grande problema para a organização urbana. Fatores como o aumento da frota de veículos, um sistema defasado de transporte público coletivo apontam para a necessidade de se adotar uma nova estrutura, um novo modelo de transporte para a capital do Amazonas.

Nesse contexto, este trabalho procura identificar os principais modelos de transporte coletivo público, suas características e particularidades, bem como levantar a situação do transporte em Manaus, suas carências e suas possibilidades. A idéia é estudar as alternativas

para a cidade em crescimento, principalmente em vista da logística para Copa do Mundo, em que Manaus é uma das cidades-sede.

A identificação pode-se dar a partir da utilização de ferramentas que auxiliem na escolha mais satisfatória como no caso dos métodos multicriteriais. De acordo com Gomes *et al* (2009) esses métodos têm sido desenvolvidos para apoiar e conduzir os decisores na avaliação e escolha das alternativas-soluções, em diferentes espaços.

Os métodos multicriteriais caracterizam-se principalmente pela capacidade de analisar situações de decisão, incorporando critérios quantitativos e qualitativos, conflitantes ou não. Buscam estabelecer relações de preferências entre as alternativas postas em análise pelos tomadores de decisões, as quais possuem influências de diversos critérios (ALMEIDA, 2003). As alternativas indicadas são colocadas perante as partes interessadas, as diferentes possibilidades e respectivos critérios, e viabilizam a escolha da melhor decisão, sendo que os *stakeholders* podem interferir no processo decisório. Apesar dos métodos de apoio à decisão não garantirem a resposta correta, sua utilização propicia um melhor estudo dos problemas de decisão, auxiliando na escolha da melhor alternativa.

O trabalho surge num contexto em que, segundo dados do IBGE (2010), a cidade de Manaus apresenta um aumento populacional significativo, com 1.802.525 habitantes distribuídos em 06 zonas, subdivididas em 63 bairros, sem contar as invasões e ocupações, o que implica também no aumento da frota de veículos e, conseqüentemente, o de linhas de ônibus. Em outras palavras, faz-se necessário, nessa conjuntura urbana, suprir a necessidade dos usuários que moram em lugares distantes do centro e têm o transporte coletivo como principal meio para se locomover dentro da cidade.

1.4 Delimitação do Estudo

Este estudo apresenta a ferramenta *Promethée II* como método de auxílio na tomada de decisão sobre o sistema de transporte de Manaus, a partir da observação da insuficiência do atual sistema em atender à demanda e da necessidade da implantação de uma nova configuração para o transporte público coletivo local. Para isso, consideram-se alguns fatores importantes: o estudo da realidade do transporte de Manaus, a tomada de decisão e adoção de métodos multicriteriais, a definição dos critérios e pesos adotados pelos decisores, as alternativas de transporte para a capital amazonense, a aplicação do método e a verificação de sua validade.

A aplicação do Método *Promethée II* baseia-se em variáveis definidas para a realidade de Manaus. Os dados fornecidos pelo órgão gestor do sistema de transporte da cidade são dispostos nas equações próprias do *Promethée*, em diálogo também com o contexto local, cujos resultados são obtidos a partir das expressões numéricas geradas por um software.

A escolha da alternativa ou das alternativas mais satisfatórias para o problema leva em consideração os aspectos técnicos levantados e os aspectos políticos que o serviço de transporte abarca em Manaus.

1.5 Estrutura do Trabalho

A estrutura desta dissertação está composta por cinco capítulos, inclusive este, e mais um referencial bibliográfico, que em síntese contém o que se apresenta a seguir:

O Capítulo I introduz a temática discutida, apresenta a introdução, a contextualização até o apontamento do problema, as hipóteses, a justificativa, a delimitação do estudo, além dos objetivos: geral e específicos.

O Capítulo II apresenta a revisão bibliográfica e traz no seu bojo o desenvolvimento das cidades e o planejamento do transporte urbano, apontando os vários tipos de sistemas; traz um estudo específico sobre o transporte urbano coletivo da cidade de Manaus a partir da observação da ineficiência do serviço; aborda ainda a tomada de decisão e os métodos multicriteriais e apresenta um estudo sobre o método multicriterial *Promethée II*, sua aplicação e validade na escolha do novo sistema de transporte para Manaus.

O Capítulo III aponta os procedimentos metodológicos que orientam a pesquisa, a fundamentação, as etapas desenvolvidas no trabalho, a coleta e tratamento dos dados, bem como a validação dos resultados.

No Capítulo IV são apresentados os resultados e discussões, com a aplicação do método *Promethée II*, através da resolução de suas equações, suas representações gráficas e a partir dos critérios e pesos definidos para o problema, bem como a ordenação dos resultados em vista da alternativa mais satisfatória para o transporte coletivo de Manaus.

No Capítulo V apresentam-se as considerações a respeito do tema epigrafado, a contribuição para a academia bem como as sugestões para trabalhos futuros. Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas e os anexos.

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O Crescimento das Cidades e o Planejamento do Serviço de Transporte

2.1.1 O Desenvolvimento das Cidades

A criação da cidade deu-se pela necessidade de se organizar um espaço no sentido de integrá-lo e aumentar sua independência, visando à sobrevivência de um determinado grupo. Nesse contexto, segundo George (1983), a cidade é, em cada época, um produto da organização das relações econômicas e sociais que não se limita a exercer suas influências sobre as únicas aglomerações urbanas. Ou seja, a cidade é produto e condição da reprodução de uma sociedade. Sua estruturação interna são manifestações das relações socioeconômicas, que refletem a organização social, através do acesso desigual tanto na produção quanto na distribuição do que ali é produzido.

As cidades se configuram, então, como um sistema bastante complexo, que engloba múltiplas relações sociais, econômicas, culturais e possui atividades das mais diversas, que se moldam e se direcionam ao desenvolvimento ditado pelos grandes centros urbanos. E são vários os fatores que determinam o crescimento e o avanço das cidades, entre os quais os serviços que elas oferecem.

Nesse sentido, Andrade (1994) sustenta que fatores tais como desenvolvimento industrial, oferta de empregos, relações políticas, demandas habitacionais, infraestrutura básica de energia, transportes, saneamento e serviços são alguns dos fenômenos que envolvem o processo de formação das cidades.

No Brasil, em sua grande maioria, o espaço urbano é proveniente de um processo de formação desordenada e sem qualquer vestígio de um planejamento. O acelerado fluxo migratório campo-cidade aliado à inoperância do poder público faz com que as cidades tenham adquirido a imagem de um aglomerado humano desorganizado. Devido ao crescimento acelerado das cidades e ao aumento da circulação, implantou-se o planejamento urbano, que surge a partir da necessidade dos órgãos gestores em ordenar o crescimento das cidades.

Kelesoglu (2008) afirma que o crescimento das cidades possui uma ligação direta com o aumento da taxa de urbanização, que vem a ser a proporção de população urbana sobre a população total.

Em termos gerais, o avançado desenvolvimento das cidades nos últimos anos exige também a melhoria dos serviços que elas oferecem, entre os quais os sistemas de transportes urbanos, de modo a agilizar o processo de mobilidade humana, reduzir os transtornos causados pela deficiência do sistema nas metrópoles e minimizar os impactos causados na economia e no bem-estar das pessoas. Nesse sentido, torna-se imprescindível, dentro do contexto de crescimento e desenvolvimento urbano, traçar planejamentos para os vários serviços, entre os quais o de transporte, fundamental para o bom andamento das cidades.

2.1.2 O Planejamento do Transporte Urbano

Segundo Ferraz e Torres (2001), o crescimento e desenvolvimento social e econômico de uma aglomeração humana dependem, em grande parte, da facilidade da troca de informações e produtos com outras localidades. O tamanho da cidade estava condicionado a dois importantes fatores: a capacidade de obter suprimentos por meio de produção própria ou advindos de outras localidades, e a distância máxima que a população podia percorrer a pé, para ir ao trabalho ou realizar outras atividades inerentes a vida urbana.

As cidades vêm crescendo de forma constante e sem um planejamento adequado. Assim, o planejamento urbano é imprescindível para que problemas como o crescimento desordenado e outros que são vivenciadas no cotidiano das cidades, sejam evitados, tornando-se um processo necessário quando uma cidade se encontra em um processo de desenvolvimento.

Arias (2001, p. 37) sustenta que

Diante desta diversidade de ocupação do solo urbano, percebe-se que a simbiose entre o uso do solo e o transporte é hoje, uma questão que merece destaque. Em um sentido, os transportes urbanos funcionam como grandes estruturadores do espaço urbano, influenciando no valor dos terrenos, no zoneamento, das organizações das atividades, na infraestrutura, ou mesmo em suas características. No outro sentido, as mudanças no uso do solo ao introduzirem mais tráfego, geram congestionamentos, alteram os padrões de acessibilidade e conseqüentemente provocam modificações na demanda por transporte.

As cidades estão em um constante processo de expansão e um dos fatores que mais contribui para esse processo é a circulação. Trata-se da movimentação constante de pessoas e mercadorias, os quais se deslocam através de vários tipos de circulação, seja ela realizada a pé ou por meio de veículos particulares, públicos, motorizados e não motorizados (GEORGE, 1983).

Atualmente, um dos maiores problemas enfrentados na organização das cidades, diz respeito à mobilidade urbana. A mobilidade é uma necessidade humana fundamental e propiciá-la de forma adequada a todas as classes sociais constitui uma ação essencial no processo de crescimento e desenvolvimento socioeconômico das cidades (FERRAZ e TORRES, 2001).

Nesse contexto, ao analisar o desenvolvimento e o crescimento das cidades, torna-se imprescindível argumentar e sustentar a necessidade do desenvolvimento dos sistemas de transportes urbanos, uma vez que esse serviço é essencial e ganha grande importância para as cidades de hoje, sem o qual não seria possível configurar um espaço de relações entre as pessoas e os ambientes, muito menos imaginar os grandes centros urbanos como hoje se apresentam.

Andrade (1994) também afirma que, com relação aos centros urbanos, a mobilização da população alcança volumes cada vez mais significativos e seu transporte influencia de sobremaneira o desempenho das cidades.

Em praticamente todas as áreas urbanas, os veículos desempenham um papel fundamental no que se refere à mobilidade urbana. Se por um lado eles são os facilitadores essenciais do desenvolvimento econômico, pois possibilitam o transporte de pessoas e mercadorias dentro das cidades, por outro, contribuem significativamente para a formação de congestionamentos, acidentes, transformações climáticas, problemas de saúde que surgem devido à poluição atmosférica e sonora, e relacionados aos automóveis, contribuem para o aumento da desigualdade social.

O transporte representa uma atividade intermediária, imprescindível, mesmo não sendo o fator determinante para o desenvolvimento de outras atividades que compõem o sistema econômico de uma cidade ou região. Consequentemente, o planejamento de transportes torna-se um ponto necessário quando uma cidade encontra-se em um processo de desenvolvimento.

O sistema de tráfego urbano encontra-se defasado, tanto pela falta de aplicações de leis, quanto pelo desrespeito em ultrapassar as capacidades que a rede urbana tem para comportar a demanda de veículos – principalmente os particulares – que circulam nas vias.

Planejar uma cidade não é apenas aplicar grandes intervenções de infraestrutura viária como a construção de passagens de níveis e viadutos para tentar a fluidez no trânsito, mas principalmente a reestruturação do sistema de transporte coletivo, buscando alternativas que atendam às necessidades das cidades, pois, segundo Andrade (1994), o planejamento é a tentativa de se evitar surpresas que alguns eventos podem causar; pode ser considerado uma arte de antever o futuro via estudos de soluções para prováveis eventos.

Andrade (1994) define o planejamento como sendo a tentativa de se evitar surpresas que alguns eventos podem causar, pode se considerar uma arte de antever o futuro via estudos de soluções para prováveis eventos.

A visão de futuro proporcionada por um processo de planejamento é essencialmente baseada em eventos passados e presentes, valendo-se do processo de analogia para explicar via métodos, processos, modelos ou pensamentos o comportamento provável que esses eventos apresentarão no futuro (FALUDI, 1973).

Melo (1981) citando o *Bureau of Public Roads* (EUA) afirma que o processo de planejamento dos transportes diz respeito a todas as facilidades usadas para a movimentação de bens e pessoas, baseando-se na coleta, análise e interpretação dos dados relativos às condições existentes e ao desenvolvimento histórico, nas metas e objetivos da comum idade, na previsão do futuro desenvolvimento urbano e na demanda futura por transportes.

No caso do Brasil e de países em desenvolvimento devido ao crescimento das cidades e das frotas de veículos que se deu quase sem nenhum planejamento, os problemas de trânsito generalizaram-se no último século (VASCONCELLOS, 1996).

Para Silva *et al* (2006), o transporte urbano compõe o conjunto de serviços públicos (água, luz, esgoto, etc.) essenciais para o desenvolvimento das cidades, destacando-se dentre os demais. Segundo os autores, o termo transporte urbano é empregado para designar o deslocamento de pessoas e produtos realizados no interior das cidades.

O sistema de transporte coletivo é o conjunto de linhas, infraestrutura e equipamentos que viabilizam o serviço de transporte coletivo que, por sua vez, é a categoria de serviço público de transporte de passageiros, realizado de forma sistemática, com horários e itinerários definidos. Público, coletivo ou de massa são denominações utilizadas. Hoje no

Brasil, os sistemas mais comuns de transporte público urbano são: o ônibus, o transporte rápido por ônibus ou *BRT* do inglês *Bus Rapid Transit*, veículo leve sobre trilho – VLT, Monotrilho e metrô.

Dentro do contexto geral do transporte urbano, o transporte público é de fundamental importância nas cidades, tanto pelo seu aspecto social quanto democrático, uma vez que este representa o transporte motorizado mais acessível às pessoas de baixa renda ou para quem não pode dirigir. Nas grandes cidades, tem função de propiciar uma alternativa de transporte, visando à melhoria da qualidade de vida: menos veículos particulares, menos congestionamentos e menos poluição, tornando, assim, os sistemas de transporte e as cidades mais eficientes.

O transporte público possui a importante função de integrar os diversos espaços urbanos, permitindo que as pessoas se desloquem até seus postos de trabalho, estudo, saúde e lazer, além de propiciar oportunidades de consumo, influenciando, assim, no desenvolvimento de diversas atividades econômicas e sociais (RODRIGUES, 2008).

No Brasil, 84,35% da população vive em área urbana. Segundo último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), o país possui 190.732,694 milhões de habitantes, espalhados pelas 27 unidades federativas e em 5.565 municípios. Cerca de 80% da população brasileira, ou seja, 160,9 milhões de habitantes locomovem-se a pé ou de transporte coletivo. No entanto, os outros 20% que se locomovem por meio de automóvel particular ocupam mais de 70% do espaço da cidade.

Em geral, o planejamento urbano é visto como uma prática que não se aplica à realidade dos centros urbanos, pois, segundo Scaringella (2001), a situação vivida na maioria das cidades do Brasil nada mais é que uma consequência da falta de planejamento urbano, visto que este procedimento é praticamente inexistente e que, em seu lugar, as autoridades fazem proposições sempre atrasadas perante a realidade que se implanta.

Segundo Vasconcellos (1998), o trânsito é o conjunto de todos os deslocamentos diários, feitos pelas calçadas e vias das cidades, e que aparece na rua em forma de movimentação geral de pedestres e veículos, não sendo apenas um problema técnico, mas, sobretudo uma questão social e política, diretamente ligados às características da sociedade.

Para Bruton (1979), quando existe um processo de planejamento de transporte este se preocupa unicamente com os problemas técnicos provenientes da previsão de tráfego e planejamento da rede viária em contradição a pouca atenção dada às necessidades de transporte da comunidade, o qual deveria ser o foco deste. Desse modo, entende-se que investir em

infraestrutura de transportes é um pré-requisito básico do desenvolvimento econômico de uma cidade. Porém, a falta de interesse do poder público em investimentos que beneficiem o transporte público favorecendo a mobilidade de uma grande parte da sociedade, o descaso e ao baixo nível de envolvimento da população associados a benefícios que favorecem transporte privado está resultando na proximidade ao caos que está chegando o trânsito.

O crescimento urbano é um processo que ocorre com regulamentações precárias ou inexistentes. Nos últimos anos houve um aumento considerável na frota de veículos em circulação (tabela 1), acelerando ainda mais esse processo.

Ano	Veículos	População (hab.)	Veíc./10 hab.
1980	10.731.695	119.002.706	0,90
1991	15.932.848	146.825.475	1,09
2000	29.503.503	169.799.170	1,74
2010	62.780.364	190.755.799	3,29
2011	70.543.535	192.376.496	3,67

Tabela 1: Crescimento da Frota de Veículos e da População nas últimas décadas

Fonte: IBGE: Censo Demográfico 1980/2011; Denatran: Frota de veículos 1980/2011, adaptado.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e o Departamento Nacional de Trânsito – Denatran (tabela 1), a população brasileira em 1980 era de 119.002.706 e possuía uma frota de 10.731.695 veículos, indicando que havia uma média de 0,90 veículos para cada 10 habitantes. Já em 2011 com dados até agosto do mesmo ano, a população chegou há 192.376.496 habitantes, possuindo uma frota de 70.543.535 veículos, indicando uma média nacional de 3,67 veículos para cada 10 habitantes, constatando o aumento elevado e contínuo de veículos nas últimas décadas.

A tendência do crescimento da população e da frota de veículos poderá agravar ainda mais a situação já vivenciada nos dias atuais, pois a população urbana apresenta-se com um crescimento anual médio de 1,11% e a frota de veículos aumentando anualmente em uma média de 8,26% o grande desafio será o de acomodar com qualidade e eficiência o contingente populacional adicional e os deslocamentos que eles farão. Assim, é indiscutível a importância dos meios de transportes visto que, com o aumento dos limites urbano, a população vê-se dependente de um meio motorizado para se locomover. Com o aumento da produção de veículos e a redução dos custos do processo produtivo, o automóvel se tornou um bem acessível à boa parte da população. Como consequência deste fato, as cidades se

depararam com a saturação da rede viária, que não apresentou uma taxa de expansão na mesma proporção (PORTO JR, 2002).

Em uma realidade mais recente, o que ocorre agora é um congestionamento constante, tanto nas principais vias, quanto nas vias que serviam de escape (gráfico 1), apontando uma diferença em porcentagem do crescimento da população e de veículos no Brasil, correspondentes aos anos de 2001 até 2011.

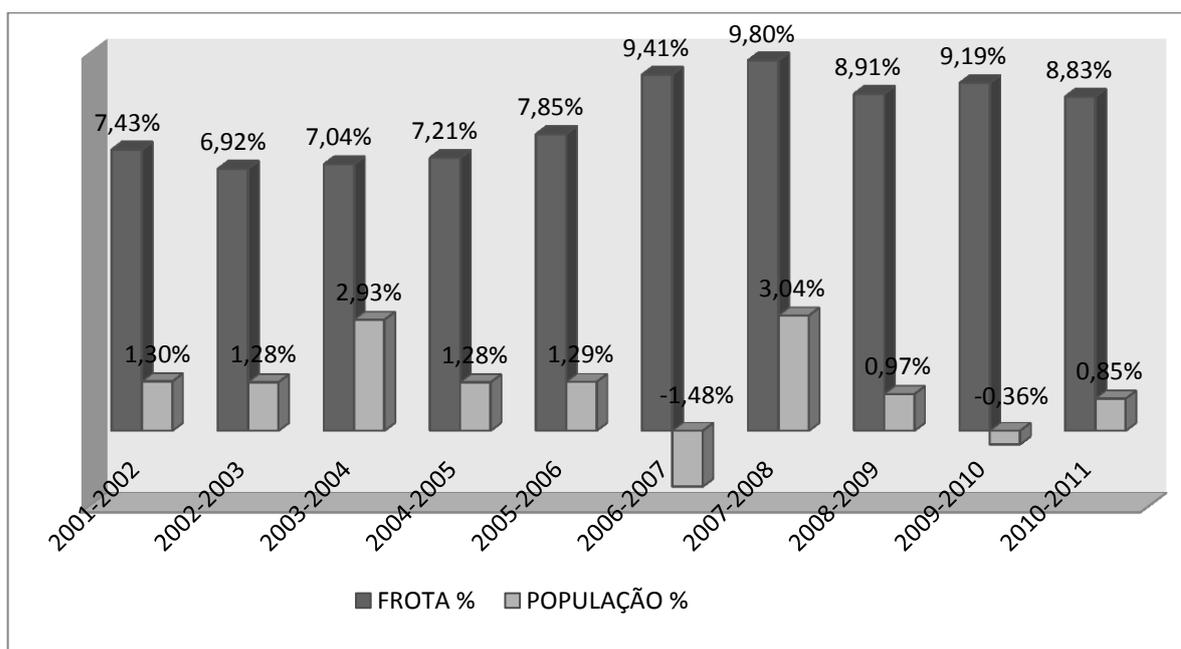


Gráfico 1: Crescimento da frota de veículos e da população brasileira em porcentagem

Fonte: IBGE Estimativa da População 2001/2011; Denatran: frota de veículos 2001/2011, adaptado.

Observa-se que a população aumentou em 11,11% durante 10 anos (gráfico 1), com uma média de 1,11% ao ano, com a ressalva do ano de 2006 quando, segundo estimativas da população realizada pelo IBGE, houve um decréscimo da população, e no ano de 2010, quando ocorreu a realização do Censo. Já a frota de veículos aumentou em 82,60% durante o mesmo período, crescendo à média de 8,26% ao ano.

Em Manaus, segundo dados do IBGE e Denatran (2011), os números indicam uma frota de 2,64 veículos a cada dez habitantes. Se comparados aos índices nacionais, a frota pode não parecer significativamente elevada. No entanto, considerando o espaço urbano de Manaus e as configurações de suas vias, esse índice já representa um problema de trafegabilidade e de mobilidade, em prejuízo ao pleno desenvolvimento da cidade, uma vez que a capital amazonense possui vias estreitas e o planejamento de trânsito e transporte não é

suficientemente adequado para atender à demanda, com congestionamentos constantes e apresentando problemas de fluxo de veículos e pessoas, demonstrando, assim, a falta de investimento em planejamento urbano.

2.2 Transporte Urbano Público e Privado

No Brasil, o crescimento das cidades e, conseqüentemente, a necessidade da população em se locomover a longas distâncias, fez com que houvesse um aumento considerável da frota de veículos em circulação, frota essa representada pelo transporte público, mas principalmente pelos veículos particulares.

Em geral, um veículo particular ocupa um espaço na rede viária maior do que o utilizado pelos transportes públicos. Isso porque segundo a *International Energy Agency* (2002) o espaço da infraestrutura viária ocupada por um automóvel, com capacidade para cinco passageiros, equivale a 62% do espaço ocupado por um ônibus urbano, com capacidade para quarenta passageiros.

De acordo com a pesquisa realizada pela Confederação Nacional dos Transportes - CNT (2002), no Brasil cerca de 70% do tráfego de veículos é composto por automóveis e utilitários e ocupam cerca de 60% das vias públicas transportando apenas 20% dos passageiros nos deslocamentos motorizados. Quanto aos veículos coletivos, a mesma pesquisa revelou que estes representam 14% dos veículos que trafegam nas principais vias, ocupando 25% destas e transportando 70% dos passageiros.

O próprio sucesso do automóvel pôs um freio ao seu pleno emprego – tanto no seu objetivo quanto em sua função - no meio urbano. De fato, o rápido aumento de veículos dentro dos centros urbanos foi acompanhado de modo muito desigual pela expansão da malha viária, (BRINCO, 1985). Um aspecto importante a se considerar é que grande parte dos congestionamentos é provocada pelos automóveis particulares, veículos de pequena capacidade de lotação.

Importante observar que esses aspectos possuem implicações de grande relevância na hora de analisar as soluções para o congestionamento dos grandes centros urbanos (figura 1), que representa o espaço ocupado por pessoas que se utilizam de veículos particulares, os automóveis.

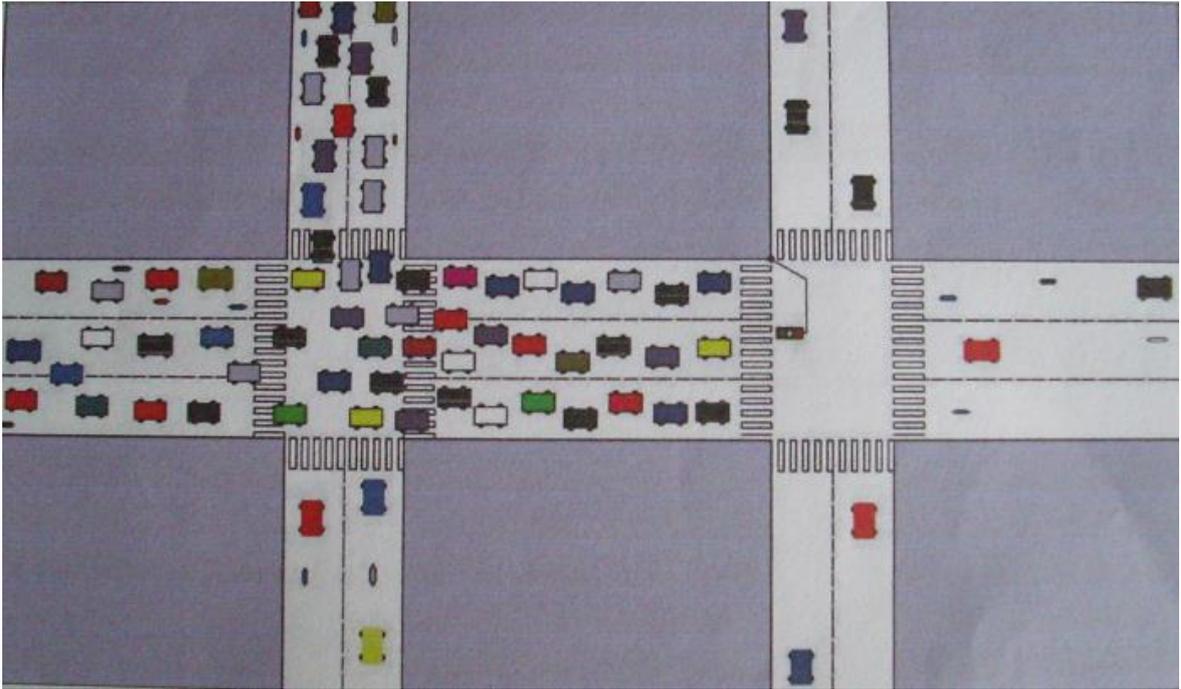


Figura 1: Ocupação das vias por automóveis
Fonte: Vasconcelos (1998), adaptado.

Desse modo, considera-se (figura 1) que um automóvel leva em média 1,5 pessoas por veículo e que, o veículo ocupa um espaço de 7m^2 em uma via, sendo que, a via possui 100 metros de comprimento e três faixas, e condiciona o equivalente a 48 veículos e um total de 72 pessoas.

Com o cálculo esquematizado por Vasconcelos (1998) para verificar o espaço em m^2 ocupado por pessoas que se utilizam de automóveis e coletivos tem-se a seguinte conclusão: as pessoas que utilizam o transporte particular ocupam $4,7\text{m}^2$ em uma via urbana. Considerando-se que em uma via de 100 metros com três faixas possui:

- 48 automóveis;
- 7m^2 por veículo;
- 72 pessoas;
- 1,5 pessoas por veículo;
- Cálculo: $7\text{m}^2/1,5 = 4,7\text{m}^2$

Então, uma pessoa dentro de um automóvel ocupa um espaço de $4,7\text{m}^2$.

A mesma análise (figura 2) foi realizada para representar o espaço ocupado por pessoas que se utilizam do transporte público, os coletivos.

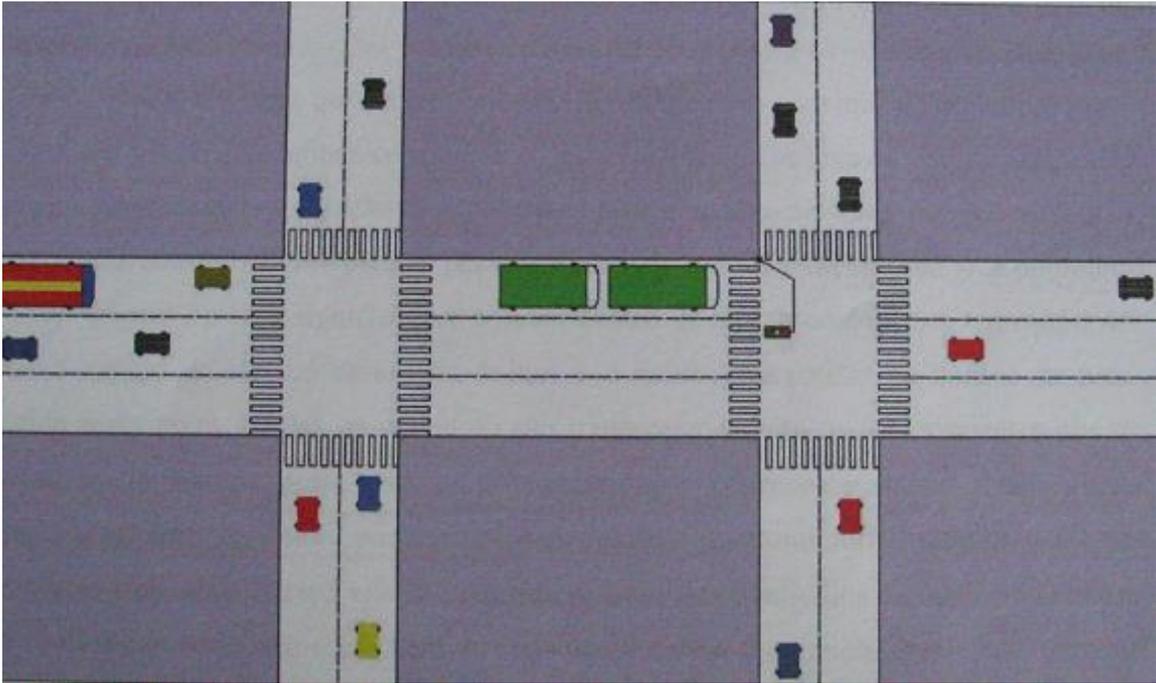


Figura 2: Ocupação das vias por ônibus
Fonte: Vasconcelos (1998), adaptado.

Considera-se que um ônibus leva em média 14 pessoas por veículo e que, o veículo ocupa um espaço de 30m² em uma via, sendo que, a via possui 100 metros de comprimento e três faixas, e condiciona o equivalente a dois veículos e um total de 80 pessoas. Com o mesmo cálculo utilizado para verificar o espaço em m² ocupado por pessoas que se utilizam dos coletivos, tem-se a seguinte conclusão: as pessoas que utilizam o transporte público 0,75m² em uma via urbana. Se em uma via de 100 metros com três faixas possui:

- 2 automóveis;
- 30m² por veículo;
- 80 pessoas;
- 40 pessoas por veículo;
- Cálculo: $30\text{m}^2/40 = 0,75\text{m}^2$

Então, uma pessoa dentro de um ônibus ocupa um espaço de 0,75m². Sobre o exposto conclui-se que as vias urbanas não são bens de consumo coletivos, distribuídos igualmente entre as pessoas que delas se utilizam, pois são usufruídos diferentemente entre elas, conforme suas condições sociais e econômicas.

A idéia de que os investimentos no sistema viário são sempre defensáveis porque serão democraticamente apropriados por todos é um mito manipulado por alguns setores

políticos e econômicos (VASCONCELOS, 1998). Na maioria das vezes, os investimentos públicos (gráfico 2) privilegiam setores específicos da sociedade que têm acesso ao transporte privado.

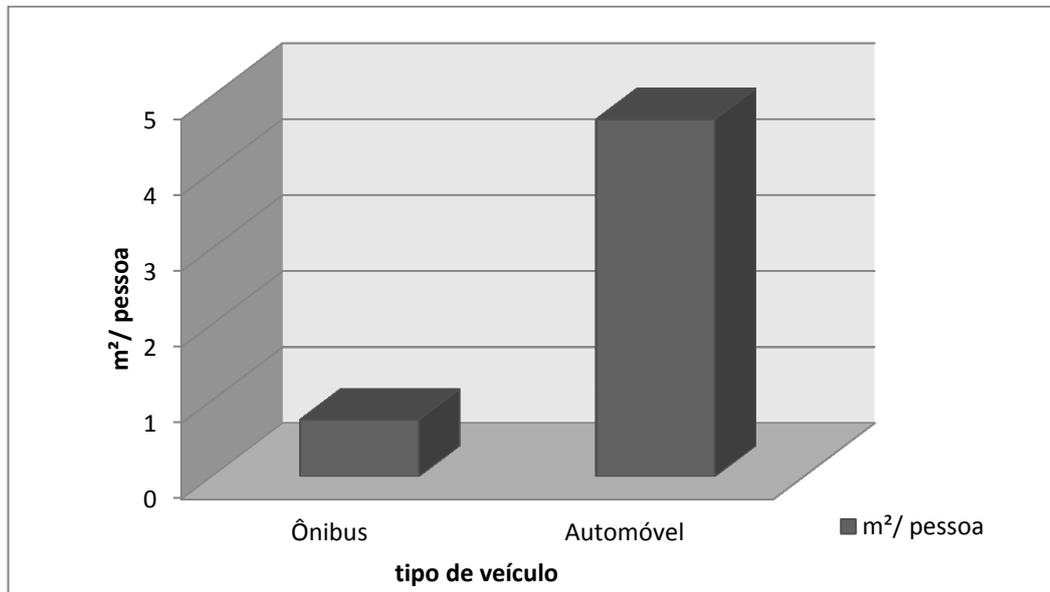


Gráfico 2: Ocupação das vias por ônibus
Fonte: Vasconcelos (1998), adaptado.

Esses investimentos pouco contribuem para a qualidade de mobilidade urbana da maior parte da população, assim como para solucionar os problemas de congestionamento e de trafegabilidade.

Segundo Frederico (2001), planejar transporte de forma tradicional é realizar as projeções embasadas no presente e nas suas demandas, sem preocupar-se com o estabelecimento de uma solução completa, que leve em consideração a modelagem da cidade e o tipo de sistema de transporte escolhido, assim como o seu impacto no tipo de vida dos habitantes.

Analisando dados do Denatran (2011) pode-se afirmar que 56% da frota que circula nas vias das cidades brasileiras é composta por automóveis e que a representação dos veículos coletivos é inferior a 1%.

Os dados apontam que são cerca de 39.832.919 milhões de automóveis ocupando um espaço na malha viária brasileira enquanto que apenas 486.597 mil veículos coletivos ocupam o mesmo espaço (tabela 2), inflacionando as faixas viárias.

B R A S I L	POSIÇÃO	TOTAL	70.543.535	100%
	1º	AUTOMÓVEL	39.832.919	56%
	2º	MOTOCICLETA	15.579.899	22%
	3º	CAMINHONETE	4.762.943	7%
	4º	MOTONETA	2.739.603	4%
	5º	CAMINHÃO	2.274.947	3%
	6º	CAMIONETA	2.066.383	3%
	7º	REBOQUE	866.508	1%
	8º	SEMI-REBOQUE	670.309	1%
	9º	ÔNIBUS	486.597	0,7%
	10º	CAMINHÃO TRATOR	457.954	0,6%
	11º	UTILITÁRIO	340.747	0,5%
12º	MICROÔNIBUS	296.761	0,4%	

Tabela 2: Porcentagem de veículos por tipo – Brasil DEZ/2011

Fonte: Denatran, 2011, adaptado.

O domínio das vias públicas pelos automóveis resulta em um pequeno número de usuários de transporte privado que provocam congestionamentos e atrasam um grande número de usuários do transporte público. Os efeitos distributivos da alocação do espaço viário por filas são regressivos, pois aqueles com renda suficiente para adquirir veículos privados ganham o direito de ocupar um espaço relativamente grande das vias, sem pagar por ele (LACERDA, 2006).

2.3 Sistemas de Transporte Urbano Público Coletivo no Brasil

O sistema de transporte é hoje tão importante quanto às demais redes de infraestrutura (água, esgoto, gás, pavimentação, iluminação, telefonia, outros) de qualquer região e o grau de desenvolvimento e crescimento das cidades está ligado diretamente ao grau de desenvolvimento do seu sistema de transporte (MARQUES, 1998).

Ao se pensar num projeto de sistema de transporte público que irá atender uma determinada área urbana são de fundamental importância que sejam devidamente identificadas e avaliadas as características próprias de cada área urbana, para que a partir daí seja possível definir o sistema de transporte que melhor interaja com o ambiente a ser por ele servido.

Nas grandes cidades, o sistema de transporte público é de fundamental importância. Tem função de propiciar uma alternativa de transporte, visando à melhoria da qualidade de vida: menos veículos particulares, menos congestionamentos, menos poluição, tornando assim as cidades mais eficientes.

A eficiência de sistemas de transporte público beneficia tanto as empresas e órgão gestor, que aumentam sua receita fidelizando uma maior quantidade de passageiros, como o próprio usuário, que terá um serviço de qualidade, compatível com suas necessidades e seus recursos (AZAMBUJA, 2002).

O sistema de transporte exerce o papel de ligação entre as pessoas e os equipamentos urbanos, destacando a importância em garantir a equidade do uso do espaço urbano. Considerando o caráter social do transporte, sua disponibilidade deve ser garantida pelo estado, caracterizando-o como um serviço público (TYLER, 2002).

Devido ao grande número de definições quanto o que é transporte, serviços e sistemas (figura 3), para esse projeto serão utilizadas as definições de Parra (2005) adaptadas pela mestrand.

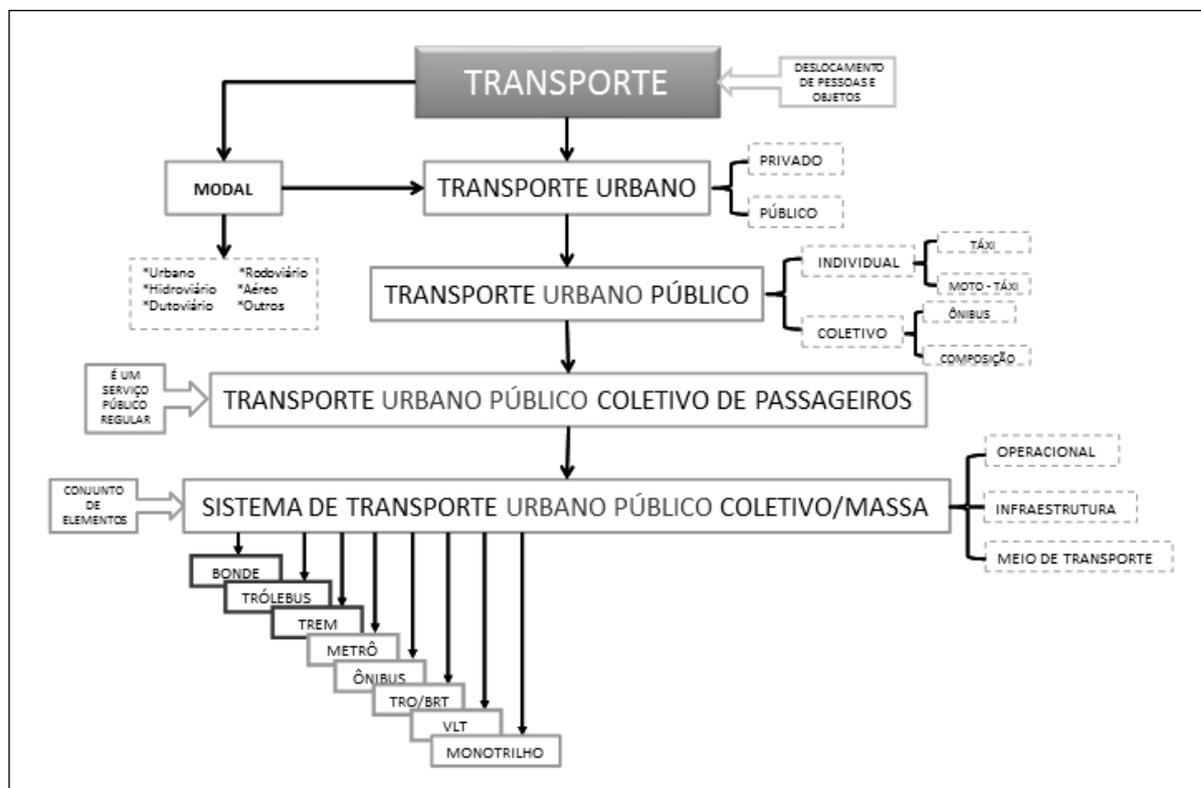


Figura 3: Definição do termo Transporte
Fonte: Parra (2005), adaptado.

Segundo Parra (2005), o transporte público é um componente muito importante dentro de uma cidade. Porém em vários casos quando se escreve ou se fala sobre esse serviço não se apresenta uma definição sobre o que é ou o que se pretende trabalhar. Para o autor, o esse serviço pode ser definido da seguinte forma:

- a) Transporte: que é o deslocamento de pessoas e produtos;
- b) Transporte urbano: que é o deslocamento entre pontos dentro da mesma cidade;

Os modos pelos quais os deslocamentos podem ser realizados – motorizados e não motorizados os quais podem ser individuais ou coletivos e de caráter público ou privado, e por fim estão divididos em duas classes principais: o transporte público massivo e o transporte público coletivo.

O entendimento dessa divisão do transporte entre massivo e coletivo é um tanto complexa visto que apresentam vários elementos que dificultam essa diferenciação. Não existe uma clareza sobre o seu conceito, o tipo de veículo que é utilizado, nem a infraestrutura necessária para sua circulação. Porém pelo fato deste trabalho se utilizar das duas classes se faz interessante explicar essa diferença.

Parra (2005) afirma que o sistema de transporte é o conjunto de elementos e ações para o deslocamento de pessoas e produtos. Os principais elementos do sistema (figura 4) são os veículos, as vias, os terminais e o plano de operações:

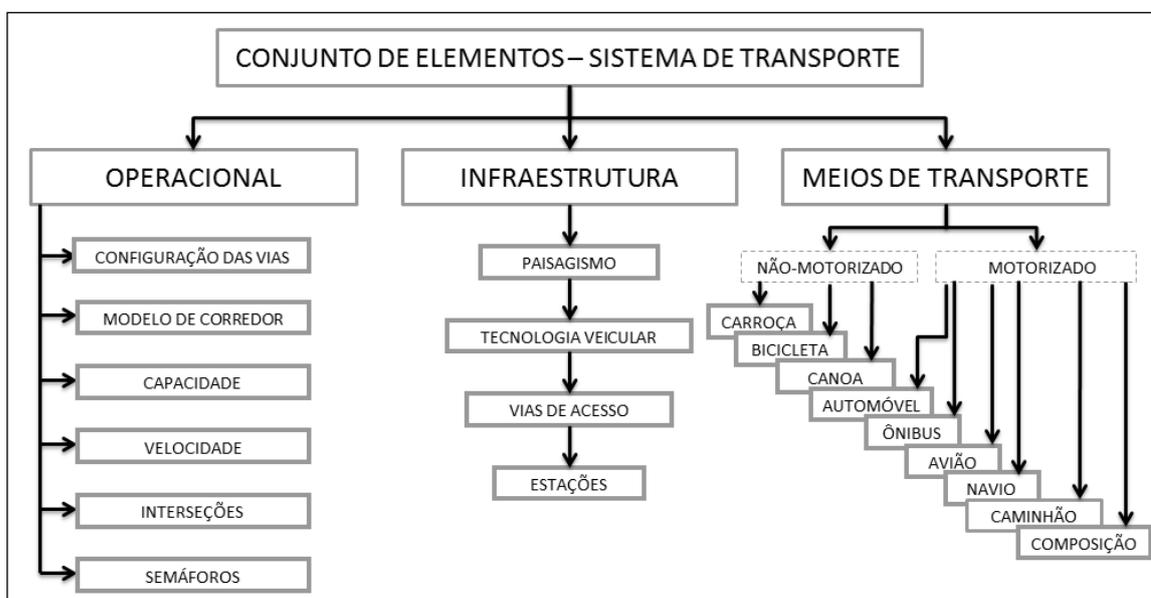


Figura 4: Conjunto de elementos que compõe um Sistema de Transporte
Fonte: Parra (2005), adaptado.

Ferraz e Torres (2001) afirmam que os dois tipos de deslocamentos são realizados de forma simultânea por muitas pessoas em veículos de alta capacidade. Já Vasconcellos (2001) diz que o termo coletivo serve para denominar o serviço ao público sob as regras do mercado.

O transporte público massivo tem como características básicas a utilização de veículos com trilho ou pneus de borracha, alta velocidade de deslocamento, paradas fixas, horários estabelecidos e podem ser dividido conforme o volume de passageiros transportados em sistemas de alta, média e baixa capacidade (HUTCHINSON, 1979; KRUGER, 1993; BANCO MUNDIAL, 2002).

A escolha do sistema de transporte ocupa uma posição de destaque no processo de planejamento dos transportes em uma cidade, em função de permitir mais opções ao deslocamento dos usuários e racionalizar os recursos. Os principais Sistemas de Transporte Urbano existentes no Brasil (figura 5) são: Sistema de Transporte Coletivo por Ônibus – STCUO, Sistema Massivo de Transporte Rápido por Ônibus – *BRT*, Sistema Massivo de Transporte por Veículo Leve sobre Trilho – VLT, Sistema Massivo de Transporte por Monotrilho, Sistema Massivo de Transporte por Metrô.



Figura 5: Sistemas de Transporte Urbano Público Coletivo / Massa
Fonte: Lerner (2009), adaptado.

Nas subseções seguintes serão descritos os cinco principais sistemas de transporte urbano atuantes no Brasil com suas principais características.

2.3.1 Sistema de Transporte Coletivo Urbano por Ônibus – STCUO

O sistema de transporte coletivo urbano por ônibus – STCUO assume papel fundamental nos deslocamentos diários da população em áreas urbanas. Segundo Vasconcellos (1996), em países em desenvolvimento como o Brasil, o meio mais utilizado nos deslocamentos urbanos, independentemente da região, é o ônibus. Esse sistema de transporte assume uma importância destacada, uma vez que representa o único modo de transporte para significativa parcela da população brasileira (LINDAU e ROSADO, 1992).

O ônibus é, provavelmente, o meio de transporte mais difundido em todo o mundo e está integrado na configuração da maioria das cidades brasileiras como meio de transporte coletivo essencial. Atualmente faz parte do principal sistema de transporte público disponível em cidades de pequeno e médio porte, além de um importante complemento para os sistemas de alta capacidade nas grandes cidades (MARQUES, 1998).

Segundo Pereira (1985), o transporte coletivo de passageiros é um serviço público regular e contínuo de veículos que percorrem linhas estabelecidas entre pontos delimitados, segundo itinerários e horários previamente estabelecidos e pagamento individual de passagem, fixados pelo órgão concedente do serviço de transporte.

O STCUO apresenta grande flexibilidade quanto às possibilidades de deslocamentos, permitindo uma operação simples e investimento inicial relativamente baixo. De modo geral, apresenta o menor custo passageiro/km dentre os sistemas existentes (NETO, 2004). A capacidade desse tipo de transporte está condicionada ao tipo de operação – veículos utilizados, índice de ocupação, espaço no sistema viário – e ao grau de prioridade a ele atribuído.

Os veículos de transporte público que se movimentam junto com o tráfego geral necessitam ter dimensões compatíveis com a geometria das vias urbanas. Os ônibus convencionais têm entre 2,4 e 2,6m de largura e entre 10 e 13m de comprimento. Os ônibus articulados têm cerca de 18m de comprimento e os biarticulados, 24m (FERRAZ e TORRES, 2001).

Os ônibus comuns possuem capacidade para transportar entre 70 e 105 passageiros. Os ônibus articulados até 180 passageiros e os biarticulados possuem capacidade entre 240 e 270 passageiros. Alguns sistemas de transporte possuem também em circulação veículos micro-ônibus que tem capacidade que variam entre 25 e 50 passageiros.

Segundo Oliveira (2010), o sistema de transporte por ônibus apresenta as seguintes características:

- Dentre os sistemas existentes e dentre os citados neste trabalho é o que possui o menor custo de implantação por quilômetro construído. O prazo de implantação considerando a construção de 10 km (paradas, estações) é de 1 ano.

- O custo médio para a implantação deste sistema é de 5,5 milhões de reais por km.

- Possui uma capacidade média para transportar cerca de 50 mil passageiros por dia,

- Sua velocidade média é de aproximadamente 19km/h.

- Por ser um sistema que necessita dividir as vias onde trafega com outros modos de transporte, o ônibus possui baixo conforto e sua interferência no tráfego é considerada muito alta.

- O custo de desapropriação para a implantação desse tipo de sistema é considerado baixo uma vez que ele se utiliza do sistema viário já existente.

- No que se referem ao impacto ambiental, os ônibus convencionais emitem ruídos medidos em decibéis considerados moderado variando entre 65 e 75db além da emissão de carbono por passageiro ser considerada elevada. Devido às características citadas o sistema de ônibus convencional é o que menos atrai novos passageiros, que não deixam de usar o transporte individual para se utilizarem do sistema coletivo.

Mesmo assim, a importância do sistema de transporte coletivo por ônibus fica evidente ao se analisar as periferias urbanas, que abrigam a maior parte dos usuários de ônibus que tem esses veículos como principal meio de transporte.

A expansão da estrutura urbana e a localização da população menos favorecida cada vez mais longe dos centros urbanos dão a dimensão exata da responsabilidade social do planejamento de transportes em atender à necessidade de deslocamentos da população (YAMASHITA *et al*, 2000).

Por mais que sistemas de transporte massivo sejam implantados em cidades que passam por um processo de reestruturação no setor de transportes, é praticamente impossível a eliminação do STCUO. O que ocorre é a integração entre os sistemas, pois o transporte por ônibus não se limita nem a trilhos nem a vias segregadas e tem por finalidade recolher os usuários dentro dos bairros e levá-los até os grandes terminais onde esses usuários farão a integração com os demais sistemas existentes, caso eles existam.

2.3.2 Sistema Massivo de Transporte Rápido por Ônibus – *BRT*

Muitas cidades estão em busca de um sistema de transporte público eficiente e de preço justo, que possa ser integrado a outros sistemas e que seja de alta qualidade e capaz de promover o desenvolvimento destas. Atualmente um sistema vem se destacando mundialmente pela eficiente de transporte de passageiros, alta infraestrutura, rápido processo de implementação e integração com outros sistemas: trata-se do Transporte Rápido por Ônibus – *BRT* do inglês *Bus Rapid Transit*.

O primeiro sistema *BRT* implantado ainda na década de 1970 foi criado no Brasil, na cidade de Curitiba que é, até hoje, referência mundial em sistema *BRT*. O sistema é eficiente e se tornou modelo para muitas cidades, como é o caso de Bogotá na Colômbia.

Segundo Xavier *et al.* (2007) Curitiba e Bogotá podem ser citadas como referência não só na América Latina, mas em todo o mundo, devido às inovações no sistema de transporte de massa que implantaram e no uso do espaço urbano. A implantação de um sistema de transporte público de qualidade e de infraestrutura, equipamentos urbanos como calçadas, ciclovias, praças e parques, fez com que estas cidades permitissem uma melhor qualidade de vida aos seus moradores.

O *BRT* é um sistema de transporte que se utiliza de corredores ou vias exclusivas para ônibus, plataformas de embarque com o pagamento na entrada, veículos modernos com alta capacidade de passageiros e não necessita de cobradores dentro dos veículos, pois o pagamento é feito dentro das estações. O tempo de embarque e desembarque é um diferencial. É possível a integração com outros sistemas, pois os terminais possuem bicicletários e pontos de táxi.

Alguns sistemas possuem alta tecnologia e características diferenciadas. Oliveira (2009) destaca ainda o rastreamento por *GPS* dos veículos através de uma central de logística das vias principais de circulação, prestadores de auxílio para pessoas portadoras de necessidades especiais, horários exibidos em monitores nas estações de pré-embarque, dentre outros.

Existe um processo de planejamento de *BRT* inclusive um manual de *BRT*, no qual apresenta o funcionamento de muitos desse sistema implantados em várias cidades pelo mundo. Vale ressaltar que algumas cidades onde esse sistema foi implantado não obtiveram os resultados esperados para um sistema eficiente.

O Sistema de Transporte Rápido por Ônibus, que vem do inglês *Bus Rapid Transit – BRT*, é reconhecido no mundo como uma das soluções mais eficientes em se tratando de transporte coletivo de passageiros por oferecer serviços de transporte de alta qualidade a custos eficientes em áreas urbanas, tanto nos países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento.

O *BRT* é um sistema de transporte por ônibus que proporciona mobilidade urbana rápida, confortável e com custo eficiente através da provisão de infraestrutura segregada com prioridade de passagem, operação rápida e frequente e excelência em *marketing* e serviço ao usuário (MANUAL DO *BRT*, 2008).

Segundo Lerner (2009), o *BRT* é um sistema de transporte rápido sobre pneus, composto de estações tubulares, terminais de integração, veículos articulados refrigerados, pistas de rolamento exclusivas ou segregadas e tecnologias modernas de comunicação, frequência elevada, embarque pré-pago e no mesmo nível do veículo e integração com outros sistemas de transporte, possuindo características semelhantes aos metrô. O investimento para a implantação desse sistema pode ser, por quilômetro, cerca de 100 vezes mais barato que o metrô, além de requerer apenas dois anos de construção desde a preparação do projeto até sua implantação.

O custo médio de implantação de um sistema *BRT* é de R\$ 11,1 milhões por quilômetro. O prazo para implantação desse sistema, levando em consideração um corredor de 10km, é de 2,5 anos. Possui uma capacidade média para transporte de 150 mil passageiros por dia a uma velocidade média de 43km. Sua interferência no tráfego é moderada devido às vias serem segregadas. (LERNER, 2009).

Devido sofrer interferência de frenagem do veículo e semáforos, é considerado um sistema confortável, porém não tanto quando sistemas como o monotrilho e o metrô. É um sistema que se bem implantado possui uma boa atração de novos usuários, que deixam seus veículos particulares para usarem o sistema. No que se referem a características ambientais, os veículos do sistema *BRT* possuem ruídos considerados elevados variando entre 60 e 90db além da emissão de carbono por passageiro ser bastante alta também (OLIVEIRA, 2010).

Com relação ao processo de planejamento de um sistema *BRT* segue abaixo o cronograma (tabela 3) das etapas do Processo de Planejamento de *BRT*.

Atividade	Pré-projeto	Meses 1 - 3	Meses 4 - 6	Meses 7 - 9	Meses 10 - 12	Meses 13 - 15	Meses 16 - 18
I. Preparação do Projeto							
1. Início de projeto	■						
2. Seleção da tecnologia de transporte		■					
3. Configuração de projeto		■					
4. Análise de demanda			■				
5. Seleção de corredores			■	■			
6. Comunicações			■	■	■	■	■
II. Projeto Operacional							
7. Projeto de rede de serviços				■	■		
8. Capacidade e velocidade				■	■		
9. Interseções e semáforos				■	■		
10. Plano de serviços ao usuário					■	■	
III. Projeto Físico							
11. Infraestrutura					■	■	
12. Tecnologia					■		
IV. Integração							
13. Integração entre sistemas					■		
14. TDM e uso do solo					■	■	
V. Plano de Negócios							
15. Estrutura institucional e de negócios			■	■	■		
16. Custos operacionais e tarifas					■	■	
17. Plano de financiamento						■	■
18. Plano de <i>Marketing</i>						■	■
VI. Avaliação e implementação							
19. Avaliação						■	■
20. Plano de implementação							■

Tabela 3: Cronograma do Processo de Planejamento do *BRT*

Fonte: Manual do *BRT*, 2008.

Para um planejamento bem sucedido de um sistema *BRT*, segundo o Manual do *BRT* (2008), é necessário seguir uma série de etapas estratégicas:

a) Preparação do Projeto:

- **Início do Projeto:** apresentação da ideia geral. Identificar a necessidade de melhoria do sistema de transporte público de uma cidade através de catalisadores;

- **Seleção da Tecnologia de Transporte:** o *BRT* não é a única opção de transporte coletivo; existem outras (metrô, mon trilho, outros). É necessário identificar qual a tecnologia e o sistema mais adequado para se implantar em uma determinada cidade, levando sempre em consideração as peculiaridades de cada local;

- **Configuração de Projeto:** formação da equipe técnica do projeto composta por profissionais de diversas áreas; cronograma do processo de planejamento de um sistema *BRT* e fontes para o custeio das atividades de planejamento (Banco de Desenvolvimento, Fundo Global para o Meio Ambiente, outros);

- **Análise de Demanda:** analisar/estimar a demanda de viagens e de usuários. As localizações de O/D dos usuários permitem os planejadores do sistema identificar as necessidades dos usuários oferecendo uma base para o desenho do sistema *BRT*;

- **Seleção de Corredores:** a localização dos corredores vai depender de uma série de fatores incluindo a demanda de passageiros, características viárias, custos, igualdade social, considerações políticas e outros;

- **Comunicações:** executar uma análise dos agentes (todas as pessoas afetadas) participantes do sistema. Comunicar as partes, sendo eles os acionistas das instituições privadas, operadoras de serviços, sociedade e outros. Criar estratégia de comunicação com a mídia.

b) Projeto Operacional

- **Projeto de Rede de Serviços:** escolher se o modelo de corredores será fechado ou aberto, ou seja, limitado para operadores de ônibus ou se vários operadores poderão utilizar a via do ônibus. Escolha da configuração: tronco-alimentador ou de serviços diretos;

- **Capacidade e Velocidade:** que apresente vantagens similares ao de veículos particulares como tempo total de viagem, conforto, custo e conveniência;

- **Interseções e Semáforos:** encontrar soluções que aperfeiçoem o desempenho, pois representam um ponto crítico. Algumas soluções para a melhoria são tomadas como, por exemplo, controle semafórico prioritário;

- **Plano de Serviços a Usuário:** que atendam às necessidades e aos desejos dos usuários.

c) Projeto Físico

- **Infraestrutura:** apresentar os sistemas componentes que farão parte incluindo: vias de acesso, estações, benfeitorias de integração, utilidades públicas, paisagismo, outros. Planilha de custo e de manutenção;

- **Tecnologias:** tecnologia veicular, divulgar as tecnologias presentes nos veículos de transporte adotados e suas tarifas.

- **Integração entre Sistemas:** integração do sistema *BRT* com os demais sistemas (bicicletas, taxis, outros) de transporte. Estruturação integrada com os pontos de taxis e destinação de área específica para bicicletário (criação de ciclovias);

- **TDM e uso do Solo:** Elaboração de medidas que desestimula o usuário do transporte individual, Planejamento do uso do solo em tornos das estações, terminais (criação de pólos geradores, alocação de lojas, serviços, outros).

d) Plano de Negócios

- **Estrutura Institucional e de Negócios:** os serviços de transportes públicos são gerenciados e regulamentados de forma diferenciada. O investimento em infraestrutura gera serviços de melhor qualidade;

- **Custos Operacionais e Tarifas:** o ideal, como ocorre em países desenvolvidos, é o serviço ser projetado para funcionar sem nenhum subsídio;

- **Plano de Financiamento:** o financiamento raramente é obstáculo, caso seja necessário algum financiamento para a implantação do sistema *BRT*, muitos recursos internacionais, nacionais e locais estão disponíveis;

- **Plano de Marketing:** estratégia de marketing para promover o novo sistema. Utilização de meios de comunicação em massa para a divulgação.

e) Avaliação e Implantação

- **Avaliação:** avaliação dos impactos do projeto no trânsito local e regional.

- **Plano de Implantação:** o estágio final do processo de planejamento deveria ser a preparação formal para a construção e implementação do sistema. Plano de contratação para a construção e exploração do sistema ajuda a assegurar o processo.

Ainda que essas etapas estratégicas do processo de planejamento tenham sido extraídas de alguns planos de *BRT* existentes, deve-se reconhecer que as práticas de planejamento sofrem grandes variações em função dos lugares e das circunstâncias peculiaridades regionais e/ou locais. Assim, planos *BRT* reais em uma cidade em particular podem necessitar de outros elementos.

O que ocorre em algumas cidades é a falta de um plano que leve em consideração as peculiaridades regionais, de entender que o processo é o mesmo para todas as cidades, mas que cada uma deve adequar esse plano à realidade local antes de implantá-lo.

Hoje bastante difundido, o *BRT* vem sendo adotado por grandes cidades não somente no Brasil, mas em todo o mundo, como em Londres, Johannesburgo, Istambul, Teerã, Nova Dehli, Beijing, Los Angeles, Santiago, Cidade do México, Bogotá, São Paulo, entre outros (MANUAL DO *BRT*, 2008).

É possível observar em diversas cidades que não há uma preocupação com o planejamento de transportes. Muitas ainda não possuem o Plano Diretor, outras apenas

copiam vários projetos já existentes, tornando seus planos diretores documentos sem sentido, algo que não condiz com a realidade local.

2.3.3 Sistema Massivo de Transporte por Veículo Leve sobre Trilho – VLT

Segundo a *Inter American Agency for Cooperations and Development* (2006) os Veículos Leves sobre Trilhos – VLT são sistemas de transportes eletrificados sobre trilhos implantados dentro das grandes cidades, em áreas densamente ocupadas. São principalmente operados em estruturas no nível das vias.

Gusson (2008) descreve o VLT como um meio de transporte de média capacidade, movido à energia elétrica, o que o torna um sistema que não polui o meio ambiente, além de possuir algumas características que lembram o bonde, pelo fato de circular sobre trilhos e ser movido à eletricidade. Esse sistema já foi implantado em mais de 270 cidades espalhadas pelo mundo, concentrando se principalmente em importantes cidades da Europa e Estados Unidos (BRAZ, 2003).

Segundo Kuby *et al* (2004), o VLT atua como um sistema de transporte importante para o combate aos congestionamentos e aos impactos ambientais causados por veículos automotivos em cidades norte-americanas. Os VLT's Em algumas cidades, esse sistema tende a circular em espaço autônomo, o que evita qualquer interação com outros veículos. As paragens realizadas são poucas e o embarque/desembarque pode ser feito através de simples plataformas ou estações, geralmente no mesmo nível das vias.

Para Oliveira (2010), o custo médio de implantação desse sistema de transporte é alto, cerca de R\$ 40,4 milhões de reais por quilômetro com uma capacidade de transportar em média 200 mil pessoas por dia. Seu prazo de implantação, a exemplo de 10 km de vias construída é de 5 anos. O VLT é um sistema confortável, mas sofre interferência de semáforos e do tráfego. É considerado um sistema que interfere no tráfego das vias. Possui uma velocidade média de 38 km/hora. Referente às características ambientais, o VLT possui emissão de ruídos elevados entre 60 e 80db, a emissão de carbono por passageiros que utilizam esse sistema é considerado moderado. O custo de desapropriação também é considerado mediano, baixo se comparado com o *BRT*.

No Brasil, o VLT foi implantado na década de 1990 na cidade de Campinas, porém devido ao planejamento e uso inadequado, o sistema não obteve sucesso e deixou de operar.

Algumas propostas de implantação desse sistema foram planejadas para as cidades de Santos EMTU (2002) para o centro de São Paulo, Barreto (2003) e uma nova proposta para Campinas, mas nenhuma chegou a ser executada.

2.3.4 Sistema Massivo de Transporte por Monotrilho

A *Monorail Society* (2010) define monotrilho como um tipo de veículo leve sobre trilho (VLT) que possui como principal característica a circulação por um único trilho, podendo ser também um tipo de veículo sobre rodas. Outra característica é que em sua grande maioria as vias circulantes são construídas de forma elevada, apesar de não haver grandes restrições técnicas que impeçam que sejam construídos ao nível do solo ou em vias subterrâneas.

Existem propostas para a implantação do sistema Monotrilho em diversas cidades brasileiras, principalmente devido ao fato do país sediar a Copa do Mundo em 2014. As cidades sedes apresentaram propostas de implantação tanto de sistemas *BRT* quanto de sistemas de capacidade mais elevada, o que é o caso do Monotrilho. Algumas cidades como Curitiba e São Paulo já apresentaram seus projetos. A cidade de Manaus apresentou um projeto inovador, criando um sistema integrado entre os serviços de transporte convencional, *BRT* e Monotrilho.

O Monotrilho é um sistema de alta capacidade e os custos de implantação e os impactos sobre as vias desse tipo de sistema de transporte são comprovadamente mais baixos quando relacionado aos demais sistemas sobre trilhos. O custo médio de implantação desse sistema pode chegar a R\$ 70,1 milhões de reais por quilômetro construído além de possuir uma capacidade típica de transportar cerca de 300 mil passageiros por dia. Possui uma alta capacidade de atrair usuários e a interferência nas vias é mínima, isso se dá devido o sistema ser segregado e elevado, geralmente as pilastras de sustentação das composições ocupam o canteiro central das vias de tráfego, não interferindo. Como dito, devido às vias serem construídas de forma elevada o nível de desapropriação é muito baixo. O prazo de implantação de um sistema Monotrilho é de 5 anos, a exemplo da construção de um elevado de 10km. Possui uma velocidade média de 50km/h. É um sistema que emite ruídos considerados elevados entre 60 a 80db, porém a emissão de carbono por passageiro desse tipo de sistema é muito baixa.

Conforme descreve Alouche (2007), é uma alternativa estrategicamente mais viável do que os corredores de ônibus, pois o sistema é pensado para atender demandas em longo prazo.

Segundo Oliveira *et al* (2010), as análises do sistema monotrilho como uma opção para a mobilidade urbana nas cidades brasileiras que estão em um constante processo de crescimento e desenvolvimento, são relevantes sob a ótica da logística urbana. Assim, pela contextualização apresentada, pode ser uma excelente solução para o transporte urbano em cidades brasileiras médias e grandes. Nas grandes cidades dos países desenvolvidos, o transporte sobre trilhos constitui o sistema de transporte urbano principal, cabendo aos ônibus apenas um serviço complementar.

2.3.5 Sistema Massivo de Transporte por Metrô

Consequência natural do desenvolvimento das ferrovias intermunicipais, a primeira linha de metrô foi aberta em 1863 em Londres, com a função de conectar as estações ferroviárias existentes. A tecnologia se espalhou rapidamente pelas cidades da Europa, primeiro em Budapeste, depois em Paris (onde se aprimorou a técnica de escavar os túneis a partir do leito da rua, “*cutand cover*”) e em Nova York (onde os primeiros sistemas elevados foram construídos). Em 1890 a tração elétrica foi adotada em Londres, junto com a escavação de túneis profundos (LERNER, 2009).

O Sistema de Metrô possui um custo médio de implantação muito elevado, podendo chegar a R\$ 201 milhões por quilômetro além de possuir um prazo de implantação com duração de 9 anos, a exemplo da construção de 10km de túneis. Possui uma capacidade média para transportar cerca de 400 mil passageiros por dia. Sua interferência no trânsito é mínima, uma vez que grande parte da infraestrutura é construída através de túneis subterrâneos, tornando o custo de desapropriação do sistema de metrô não muito elevado.

Alguns trechos das linhas de metrô podem ser subterrâneos, como também, podem atuar no mesmo nível das vias de tráfego e em vias elevadas. É um sistema que tem uma alta capacidade de atrair usuários, principalmente por não sofrer interferência de outros sistemas. A emissão de ruídos é considerada muito elevada cerca de 75db a 100db, porém a emissão de carbono por passageiro transportado é baixa (OLIVEIRA, 2010).

No Brasil a primeira viagem de metrô foi realizada em 1972 na cidade de São Paulo, porém as viagens comerciais somente puderam ser realizadas em 1975. O sistema de metrô de São Paulo é composto por cinco linhas em código de cores: Linha 1-Azul, Linha 2-Verde, Linha 3-Vermelha, Linha 4-Amarela e Linha 5-Lilás, que transportam cerca de 3,3 milhões de passageiros por dia.

2.4 Integração entre Sistemas de Transporte Urbano

A busca por vencer grandes distâncias em um curto espaço de tempo é uma questão permanente em todos os grandes centros urbanos. Campos Filho (1992) considera que a estrutura das cidades brasileira de médio porte são quase sempre radiocêntricas, com uma grande porcentagem de empregos e oportunidades de consumo de bens e serviços localizados no centro ou ao longo dos eixos viários que fazem ligação entre o centro e as áreas periféricas.

Segundo Napierala (2004), as redes de transportes são configuradas de forma não planejadas, fazendo rotas sinuosas para a captação de passageiros. Com o passar dos tempos essas rotas se sobrepõem e o percurso realizado pelos veículos coletivos gera uma oferta excessiva nos trechos principais do sistema viário, ocasionando atrasos. O crescimento urbano implica a formação de novos polos de geração de viagens tanto nas áreas centrais quanto nas periféricas. A configuração radial da rede de transporte exige dos usuários maior quantidade de transferências para chegarem aos seus destinos bem como dispor de maior demanda de tempo além de maiores custos.

Foi devido a essas condições do crescimento urbano constante e acelerado que surgiu a proposta de integração dos sistemas de transportes. De acordo com a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos – NTU (1999), a integração tem sido vista como um conjunto de medidas de natureza físico-operacional, tarifária e institucional destinadas a articular e racionalizar os serviços de transporte público. Sendo assim, não se trata apenas de uma técnica de estruturação físico-operacional, mas também compreende formas específicas tarifárias e de gestão.

No Brasil, segundo Carvalho (2005), 40% das capitais já apresentam sistemas completamente integrados, enquanto que 30% não possuem nenhum tipo de integração. Os projetos de integração de sistemas de transporte público urbano no Brasil têm como objetivo a

melhoria da qualidade do serviço através do aumento da acessibilidade da população aos diversos equipamentos do sistema.

Carvalho (2005) afirma que a integração é uma importante ferramenta no aumento da competitividade do sistema de transporte público e principalmente, ganho de mercado. Segundo o autor, Algumas premissas são fundamentais para a implantação de sistemas integrados. São elas:

- Considerar os problemas e peculiaridades de cada cidade no projeto;
- Reduzir custos de forma proporcional à redução de receitas para manter o equilíbrio do sistema sem aumentos exagerados de tarifas;
- Possibilidade de diversificação de serviços;
- Serviço convencional;
- Infraestrutura adequada. Investimentos no sistema viário para receber o novo sistema, garantindo velocidade operacional;
- Prioridade ao transporte público no sistema viário;
- Definição de tempo de transbordo não oneroso, no caso da integração temporal;
- Preservar os deslocamentos a curta distância.

O planejamento adequado da integração dos sistemas de transportes em suas várias modalidades seja físico, operacional, seja tarifário ou na forma de gerir resultará em benefícios para todas as partes, alcançando, assim, os objetivos principais atribuídos a uma viagem que são a rapidez, o conforto, a segurança e a economia.

Em geral, a integração do sistema de transporte visa à melhoria da qualidade dos serviços. Segundo Bertozzi e Lima Jr. (1998), porém, essa integração também pode ser realizada através das diferentes visões de qualidade representada pelos principais agentes do sistema de transporte: a dos usuários, operadores e gestores, cada um desses agentes, visualizando segundo suas necessidades e objetivos, permitindo ao sistema de transporte público uma nova condição de operação, ampliando a sua qualidade e eficiência.

Segundo Azambuja (2002), o usuário interage com o serviço de transporte através de elementos tangíveis – instalações físicas, equipamentos, pessoal de operação e os demais usuários do sistema e também de elementos intangíveis, que estão relacionados às expectativas de cada usuário. O usuário avalia a qualidade do sistema através de critérios

como confiabilidade, tempo de viagem, segurança, conforto, preço e comunicação, ou seja, informação sobre o sistema.

A qualidade do sistema de transporte do ponto de vista do operador pode ser avaliada, segundo Waisman (1985) e Lima (1996), através da velocidade, frequência, regularidade, número de linhas, hora de operação, idade da frota, lotação dos veículos, redução de custos operacionais, administrativos e de manutenção através de programas internos de qualidade.

Por fim, segundo a ótica do gestor, a avaliação se dá através de variáveis tangíveis e em modelos de níveis de serviços que consideram: tempo de acesso ao serviço, tempo de viagem, frequência do serviço, densidade de passageiros, velocidade, confiabilidade, conforto, conveniência, segurança, eficiência, poluição, demanda, limpeza, manutenção dos veículos, condições viárias, acidentes e assaltos (BERTOZZI e LIMA JR, 1998).

2.5 O Transporte Urbano Coletivo de Manaus

2.5.1 A Realidade do Transporte em Manaus

As mudanças no setor de transporte, que é um mercado altamente competitivo, exigem decisões que podem definir o seu sucesso ou fracasso. Tais mudanças podem ocorrer, por exemplo, a partir da redistribuição espacial das atividades econômicas, descentralização do comércio, investimentos no serviço de transporte e na escolha de sistemas de transporte que melhor atendam as necessidades dos *stakeholders* – agentes envolvidos – sejam eles gestores, operadores e/ou usuários do sistema.

Nesse sentido, a grande quantidade de veículos que entram em circulação todos os meses tende a se agravar cada vez mais, impactando de forma negativa tanto na produtividade do espaço urbano quanto na qualidade de vida da população. Para a melhoria do serviço de transporte coletivo na cidade, o aumento da frota de ônibus não é suficiente. É necessária, a princípio, a realização de um estudo que visa identificar sistemas de transporte coletivo adequados para a cidade de Manaus e que supram a necessidade dos *stakeholders*.

Com o crescimento rápido e constante das cidades e a necessidade de locomoção da população, houve um aumento considerável na frota de veículos em circulação,

principalmente o de veículos particulares. Esse aumento fez com que a capacidade da rede urbana fosse ultrapassada, não comportando a alta demanda de veículos que circulam nas vias, tornando assim, o sistema de tráfego urbano defasado. Embora o transporte coletivo seja um serviço público essencial em qualquer centro urbano, a má prestação desse serviço compromete o desenvolvimento das cidades, impactando de forma negativa tanto na produtividade do espaço como na qualidade de vida da população.

Em muitas cidades brasileiras, o sistema de transporte coletivo implantado nem sempre é o mais adequado, pois não supre a necessidade básica que este serviço tem por finalidade propiciar, ou seja, deslocar a população de um determinado ponto desejado a outro com qualidade e segurança. Um exemplo do que foi dito é o caso da cidade de Manaus. Pode-se citar a elevada quantidade de veículos coletivos sem condições de tráfego espalhados pelas diversas vias da cidade. Diariamente, é possível notar, ao se deslocar pela rede viária da cidade, sejam por meios de transporte individuais ou nos coletivos que compõe o sistema de transporte, dezenas de ônibus com problema parados nas ruas e acostamentos.

Em Manaus, o principal sistema de transporte coletivo é realizado por ônibus, que dividem as vias com os demais veículos. Segundo dados da Superintendência Municipal de Transporte Urbano – SMTU (2011), a idade média da frota é de 7,6 anos e muitos dos cerca de 1.558 veículos coletivos existentes encontram-se sucateados ou com diversos problemas, principalmente mecânicos. Vale ressaltar ainda que alguns dos veículos que fazem parte do sistema de transporte coletivo e que circulam pela cidade possuem mais de 21 anos de utilização.

Outro grande problema em Manaus está relacionado com a pavimentação inadequada das vias. Segundo operadores do sistema, algumas linhas dos veículos coletivos possuem itinerário que abrangem localidades distantes do centro da cidade, localidades essas que possuem vias sem pavimentação ou esburacadas e que em muito contribuem para os problemas relacionados aos veículos. Esses exemplos são alguns dos que poderiam ser citados para demonstrar a situação do sistema de transporte coletivo na cidade.

Sendo assim, entende-se que o sistema de transporte coletivo que opera atualmente na cidade de Manaus não é o mais adequado e nem supre as necessidades dos agentes envolvidos no processo de produção desse serviço público tão essencial para o desenvolvimento da cidade.

Os problemas referentes a esse serviço têm gerado grandes desperdícios não somente referente aos veículos que compõe o sistema de transporte, mas também no que se

referem à infraestrutura, custos, deslocamento e outros. Assim o setor público vem buscando alternativas entre sistema de transporte coletivo, eficientes e viáveis, adequadas às realidades econômicas, sociais e ambientais da cidade.

As grandes cidades brasileiras desenvolveram-se e foram adaptadas para o uso eficiente do automóvel. O sistema viário foi se adaptando e sendo ampliado, a fim de garantir boas condições de fluidez. Os sistemas de transporte público apesar de alguns investimentos importantes em locais específicos permaneceram insuficientes para atender à demanda crescente, e tem vivenciado crises cíclicas relacionadas principalmente à incompatibilidade entre custos, tarifas e receitas, bem como às deficiências na gestão e operação.

2.5.2 Sistema de Transporte Coletivo da Cidade de Manaus

Considerada como uma das capitais que mais crescem no Brasil, a cidade de Manaus possui 1.882.423 milhões de habitantes, sendo a sétima capital brasileira com maior população do país, ultrapassando cidades como Curitiba e Recife (IBGE, 2011). Está dividida geograficamente em seis zonas administrativas (figura 6), com 63 bairros e 420 áreas residenciais.

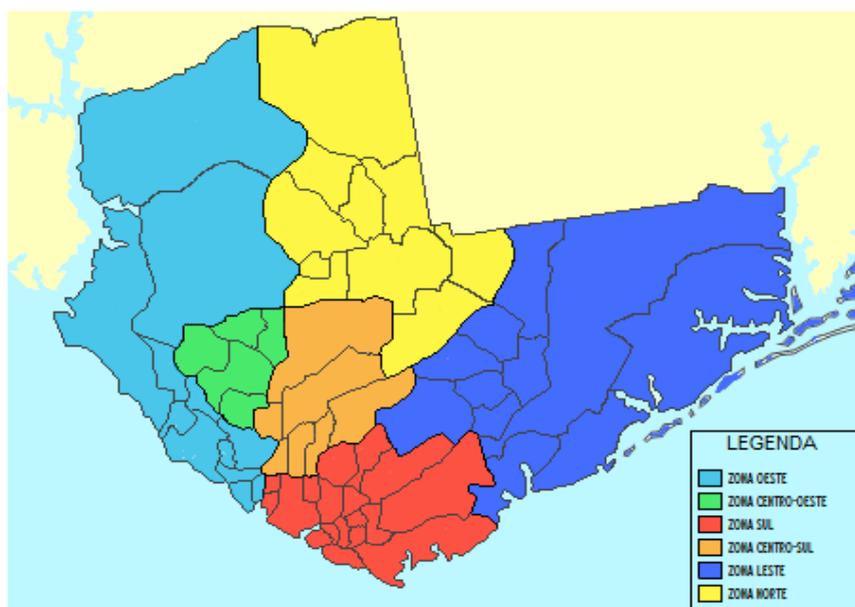


Figura 6: Mapa geográfico de Manaus, divididos por bairros e zonas.
Fonte: Arsam (2011), adaptado.

Assim como restante do país, Manaus também sofre devido à falta de planejamento urbano consistente e de um plano diretor adequado. O crescimento rápido e desordenado são os elementos que dirigem e dão forma ao ambiente urbano da capital do Estado do Amazonas.

Abruptamente novos bairros surgem e as primeiras providências solicitadas pelos moradores são com relação à pavimentação e à circulação do transporte público e, por conta desta falta de planejamento do Governo somado à necessidade de muitos e espertezas de outros tantos, o sistema viário urbano não consegue acompanhar a alta demanda da procura do serviço de transporte público em Manaus.

Nos últimos anos, tornaram-se perceptíveis as dificuldades que os gestores municipais e estaduais vêm enfrentando para amenizar o caos que se tornou o sistema viário na cidade de Manaus. Além da expansão urbana e do crescimento da população, a cidade vem recebendo uma imensa quantidade de veículos que entram em circulação todos os dias (tabela 4). Segundo o Denatran (2011) a frota atual da cidade de Manaus é de 496.916 veículos, e entram em circulação cerca de 3.855 veículos/mês. Desse total de veículos 56% da frota é composta por automóvel e somente 0,7% de ônibus.

TIPO DE VEÍCULO	QUANTIDADE
AUTOMÓVEL	271.885
CAMINHÃO	15.668
CAMINHONETE	55.896
CAMINHONETA	20.465
MICROÔNIBUS	2.596
MOTOCICLETA	95.747
MOTONETA	9.712
ÔNIBUS	6.783
REBOQUE/SEMI-REBOQUE	12.050
UTILITÁRIO	2.967
OUTROS	3.147
TOTAL	496.916

Tabela4: Frota da Cidade de Manaus
Fonte: Denatran DEZ/2011, adaptado.

Vale ressaltar que dos 0,7% de ônibus existentes na cidade de Manaus, grande parte pertence a empresas particulares que atendem à demanda do Polo Industrial de Manaus e outros.

Em doze anos a frota de veículos da cidade aumentou em 192,72% (gráfico 3), chegando a quase meio milhão de veículos entre caminhões, automóveis, ônibus, micro-ônibus, motocicletas e outros nas vias da cidade.

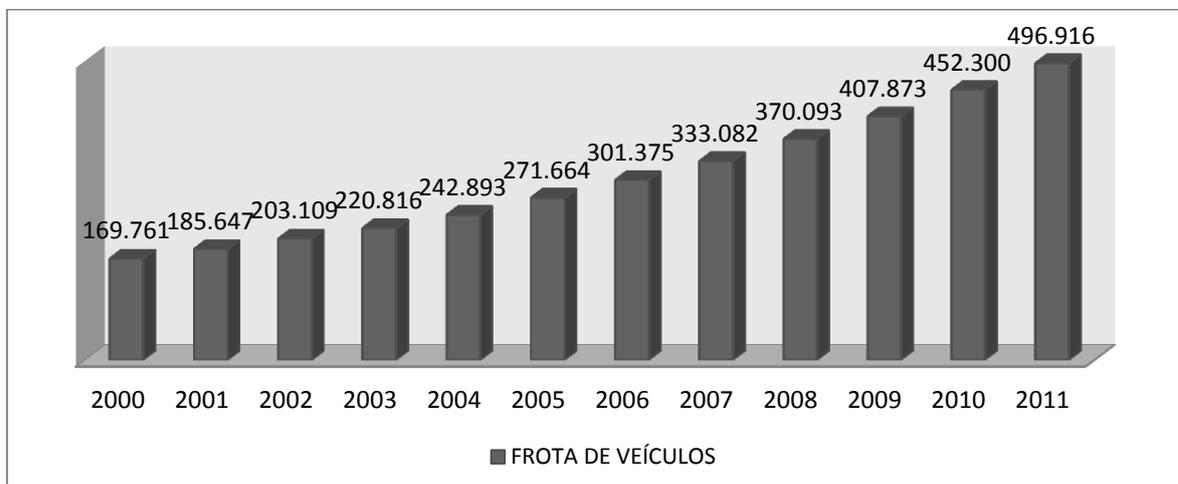


Gráfico 3: Crescimento anual da frota de veículos em Manaus

Fonte: Dentran (2011), adaptado.

Segundo Souza (2009), apesar dos veículos individuais como automóveis e motos realizarem apenas 14,8% das viagens urbanas, eles ocupam aproximadamente 80% do espaço viário. Este é um fato de grande relevância uma vez que a cidade vem enfrentando graves problemas de congestionamentos. Com tantos veículos nas ruas para transportar tão poucas pessoas, faz-se necessário reestruturar o modo como o sistema viário está sendo utilizado.

O serviço transporte público urbano da cidade de Manaus é composto pelas seguintes modalidades: transporte convencional, alternativo, executivo, além de alternativas como o fretamento, táxi, moto-táxi e os sistemas não-regulamentados, estimados em mais de 5.000 veículos de tamanhos diferenciados, atuando principalmente nas zonas norte e leste da cidade.

O Sistema de Transporte Público atuante na cidade é o Sistema de Transporte Coletivo Urbano por Ônibus – STCUO, um sistema convencional que transporta os usuários do sistema através de ônibus de tamanho padrão, articulado e biarticulado e que utiliza as vias da rede viária sem segregação.

Em 2010 existia no sistema de transporte coletivo (tabela 5) o Consórcio Transmanaus com sete empresas atuando no mercado, são elas: City Transporte, Ponta Negra, Transamazônica, Via Verde, Regional, São José e Líder compondo 237 linhas servindo a

cidade. Sendo que estas linhas são formadas por 1.311 veículos (sem contar com os de apoio), cuja empresa Transamazônica é a maior detentora de linhas.

Consórcio Transmanaus			
Empresas	Linhas	Frota (Útil)	Área de atuação
City Transportes	11	78	Zona Oeste; Zona Leste, Centro.
Ponta Negra	23	124	Zona Centro-Oeste; Zona Oeste; Centro.
Transamazônia	74	396	Zona Norte; Zona Leste; Centro.
Via Verde	32	190	Zona Norte; Zona Oeste; Centro.
Regional	18	106	Zona Sul; Zona Centro Sul; Centro.
São José	61	344	Zona Leste; Zona Centro-Sul; Centro.
Líder	18	73	Zona Leste; Zona Sul; Zona Centro-Sul; Centro.
Total	237	1.311	

Tabela 5: Resumo operacional das empresas do Consórcio Transmanaus (SMTU)
Fonte: SMTU (2011), adaptado.

Dessa forma, salientam-se as diferentes partes pertencentes a cada empresa dentro do consórcio que estão dispostas construindo territórios sobre a cidade de Manaus por zonas (gráfico 4) distribuindo a frota por empresas em dias úteis.

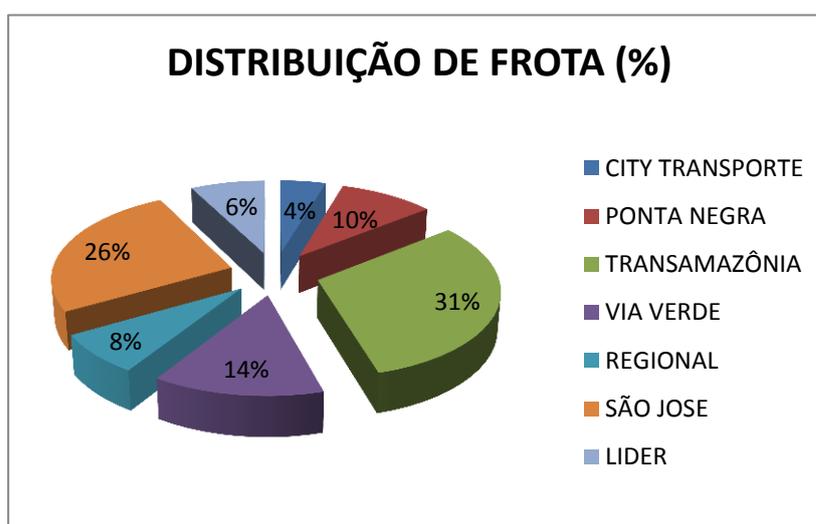


Gráfico 4: Distribuição da frota por empresas do Consórcio Transmanaus
Fonte: SMTU (2011).

O que vem sendo notado nos últimos anos foi o crescimento dos centros urbanos e o aumento da necessidade dos serviços. Portanto, a criação desses territórios se dá pela implantação das linhas de ônibus que tornam “reféns” os moradores dos bairros com menor

poder aquisitivo e geralmente mais distantes do centro com quase nenhuma opção de locomoção. Segundo Lima (2005) aquele que primeiramente é solicitado é o transporte coletivo, ou seja, uma linha de ônibus, já que é fundamental circular dentro do espaço urbano até com o intuito de utilizar os equipamentos de serviços coletivos, como: escolas, postos de saúde etc. Assim, o estudo sobre o transporte coletivo se torna essencial para a sociedade, motivado por dois elementos: a expansão urbana e o crescimento demográfico devido às longas distâncias (MAGALHÃES, 2003).

O sistema de transporte urbano em Manaus percorrendo mais de 10 milhões de quilômetros por mês e transportam mais de 20 milhões passageiros mensais. As viagens são feitas em sua maioria de 30 a 220 minutos, com distâncias variando de 10 a 104 km (IMTT, 2010).

A quantidade de ônibus que fazem parte do STCUO Manaus não representa nem 1% do total de veículos que circulam na cidade. A grande parte da população tem o ônibus como principal, senão único meio de transporte para se locomover dentro da área urbana e nos últimos anos a quantidade de veículos que circulam vem diminuindo (DENATRAN, 2011).

Para que o serviço prestado por esse sistema se torne eficiente, apenas aumento da frota de ônibus não é mais suficiente para suportar a demanda crescente de novos usuários que, segundo o Jornal A Crítica (2009) a estimativa é de que a frota de veículos em Manaus duplique até a Copa de 2014, complicando ainda mais o trânsito, que já se encontra caótico na cidade.

Pensando nisso, os órgãos gestores estudaram diferentes sistemas de transporte para decidir o que melhor atende às necessidades dos usuários do sistema de transporte em Manaus encontrando, segundo o Governo do Estado do Amazonas, uma resposta que irá promover uma revolução no transporte coletivo da capital: a integração entre os sistemas Monotrilho e *BRT* junto ao sistema de ônibus já existente, que terá como função deslocar os usuários de dentro dos bairros e alimentar os terminais de integração.

Segundo a Agência Nacional de Transportes Públicos – ANTP (2004), a integração de transporte urbano de passageiros é uma das formas de reorganizar os sistemas de transporte público, objetivando a racionalização, a redução e o aumento da mobilidade. A importância da integração dos modos de transporte urbano numa cidade ou região metropolitana apresenta inúmeras vantagens aos passageiros, ao tráfego e à urbanização da cidade.

A construção do Monotrilho e do *BRT* está sendo realizada em parceria com os Governos Federal, Estadual e Prefeitura. Um dos grandes motivos pelo qual se pretende implantar esses sistemas é o da cidade ser uma das sedes da Copa em 2014, cuja implantação do sistema (figura 7) já tem um traçado delineado.



Figura 7: Sistema de Transporte Integrado proposto Pelo Governo e Prefeitura
Fonte: Seplan (2009); Seminf (2010).

A priori, cada esfera política (estadual e municipal) defendia a implantação de um sistema de transporte diferente, porém agora as duas instâncias do Poder Executivo locais agem de forma conjunta, apoiando um sistema integrado de transporte.

Segundo o traçado para o sistema em Manaus, o Monotrilho irá abranger o chamado corredor norte, que parte desde o bairro Jorge Teixeira, passando pela Av. Constantino Nery até chegar ao Centro. O *BRT* fará o sentido horário, partindo do Jorge Teixeira, cortando a Zona Leste de Manaus até chegar ao Centro da cidade.

Através da Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico – Seplan o Governo do Amazonas apresentou à população de Manaus em 2009 o sistema Monotrilho (figura 8) e que irá do bairro Jorge Teixeira na Zona Leste da capital até o Centro da cidade, ida e volta, com nove pontos de parada para embarque/desembarque de passageiros.

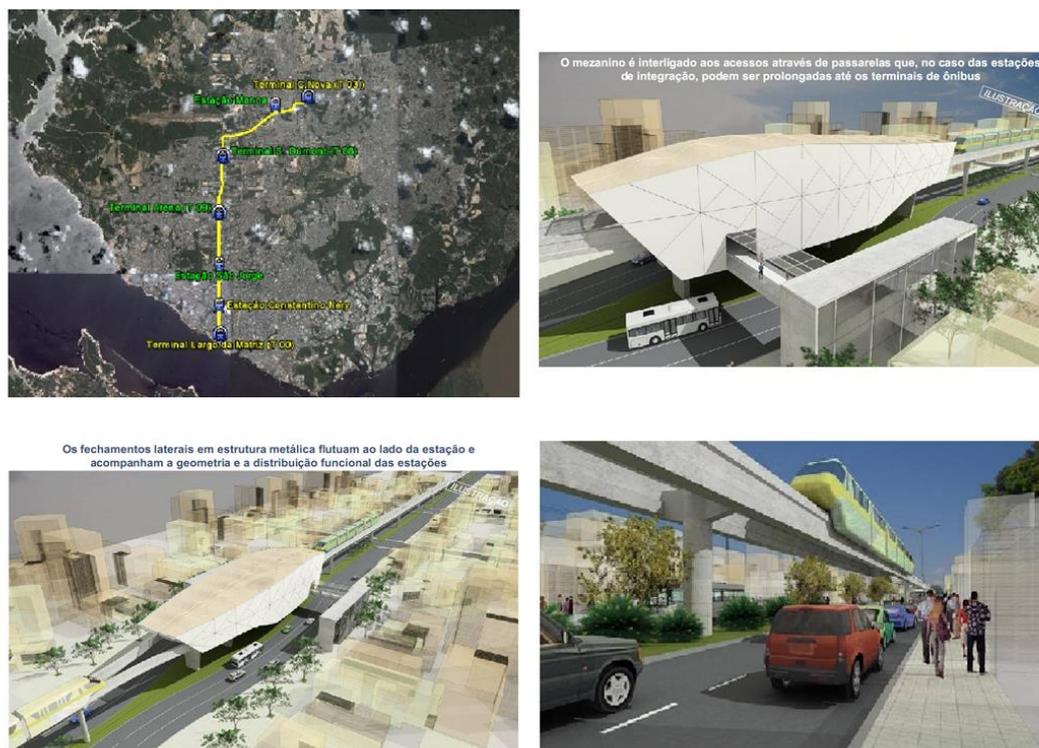


Figura 8: Projeto do Sistema Monotrilho para a cidade de Manaus
Fonte: Seplan (2009).

Cada uma das paradas ou estações ao longo do trajeto do monotrilho até o Centro irá funcionar como um terminal de integração e será controlada por computador. Os veículos do sistema irão circular através de vias suspensas, serão climatizados e com várias portas de acesso, além de serem movidos à eletricidade.

As linhas de ônibus convencionais terão acesso livre a esses terminais para deixar e buscar passageiros, ampliando o número de localidades beneficiadas pelo novo transporte. Esse sistema pretende beneficiar mais de 175 mil pessoas que dependem diariamente do transporte coletivo.

Já o sistema proposto pela Prefeitura de Manaus, apresentado em 2010 pela Secretaria Municipal de Infraestrutura – Seminf refere-se ao *BRT* ou sistema rápido por ônibus. O *BRT* completa o anel desse novo sistema de integração com um trajeto que vai do Centro até a Zona Leste e se une ao trajeto do monotrilho.

O novo projeto para o sistema *BRT* (figura 9) possui um traçado um pouco diferente do sistema que foi implantado no ano de 2000, conhecido como Expresso e que devido ao planejamento e operação inadequados, o sistema acabou deixando de existir e nunca foi eficiente.



Figura 9: Projeto do Sistema *BRT* para a cidade de Manaus
Fonte: Seminf (2010).

Onde o sistema *BRT* atuar, ou seja, as vias por onde ele irá circular, serão segregadas e este será o único meio de transporte público atuante no local, sendo que os ônibus convencionais irão atuar dentro dos bairros, captando os usuários e levando-os até os terminais de integração para que ali eles possam fazer o transbordo, além de atuarem onde nem o sistema *BRT* nem o metrô podem chegar devido a serem sistemas restritos fisicamente.

Houve uma tentativa de se implantar um sistema de transporte de massa em Manaus em 2000. A Superintendência Municipal de Transporte Urbano – SMTU responsável pelo sistema chamado de Expresso de Manaus elaborou na época um Programa de Aperfeiçoamento do Transporte Coletivo de Passageiros do município de Manaus, que visava à implantação de um novo sistema que atendesse à demanda crescente de passageiros na cidade de Manaus.

O Expresso foi inaugurado em 2000 e tinha como objetivo dotar as Zonas Norte e Leste de um sistema tronco-alimentador de média capacidade, de modo a aumentar a qualidade e eficiência nos deslocamentos diários. A transformação do sistema de linhas convencionais para linhas estruturadas de grande capacidade de transporte consistia no alargamento de vias, utilização de canteiros centrais para estações e a implantação de terminais de integração que realizam a ligação entre linhas sem o pagamento de outra tarifa, integração entre linhas troncais, alimentadoras e de conexão.

Segundo o Instituto Municipal de Trânsito e Transporte – IMTT (2003), o sistema seria composto por 02 corredores de vias exclusivas, com 51 estações no canteiro central das vias e 03 terminais de integração. No projeto inicial, os corredores teriam cerca de 32km de extensão e as estações teriam uma distância de 500m.

Além disso, as vias na frente das estações possuíam pavimentação de concreto e no restante era pavimentada com asfalto. Possuem seis linhas troncais e veículos articulados e padrão. Devido a problemas com desapropriação e o encarecimento da obra, uma parte do corredor Leste não foi concluído.

Conforme Souza (2009), o projeto era inconsistente sob vários aspectos e sua implantação foi uma sequência de improvisações sem precedentes, destacando:

- A não conclusão do corredor do lado Leste até o Centro da cidade que cortaria áreas da cidade bastante consolidadas e de elevado padrão de imóveis.

- Algumas paradas construídas em locais como curvas perigosas ou próximas demais umas das outras que poderiam pôr em risco a vida dos usuários;

- O *design* e estrutura das estações, que não beneficiavam os usuários do sistema, pois quando chovia a água escorria pelo forro, molhando quem estava embaixo;

- A má qualidade do asfalto do corredor, que não resistiu ao peso dos veículos e foi constantemente reparado durante o período em que os corredores foram utilizados; e

- A impossibilidade de assegurar exclusividade do corredor central aos ônibus do sistema expresso, visto que este sistema continuou convivendo e dependendo dos ônibus convencionais que continuaram rodando e parando pela direita da via. Com ônibus pela direita e pela esquerda, as condições do trânsito se tornaram complexas.

O sistema *BRT* de Manaus tanto em sua primeira implantação quanto em seu segundo projeto utilizou como base o sistema modelo de Curitiba criado por Jaime Lerner. Gilbert (2008) destaca a importância do pioneirismo de transporte desenvolvido na cidade de Curitiba-PR, sendo considerada a responsável pelo desenvolvimento da metodologia *BRT*.

Assim, o planejamento de transportes de uma cidade tem por objetivo adequar as necessidades de transporte ao seu desenvolvimento, de acordo com as características específicas de uma determinada região. Isto significa implantar novos sistemas ou implementar os já existentes.

2.6 A Tomada de Decisão e os Métodos Multicriteriais

2.6.1 O Processo Decisório

A capacidade livre de tomar decisões – simples ou complexas – é uma das características próprias dos seres humanos. Leve-se em conta que diversos fatores influenciam diretamente a tomada de decisões: fatores psicológicos, preferências, condições financeiras. Nesse sentido, é cada vez mais frequente o aumento das opções e alternativas, as quais o decisor precisa selecionar, analisar, classificar, ordenar, para, enfim, tomar a decisão, muitas vezes considerando múltiplos critérios.

Em outras palavras, a tomada de decisão pode ser definida como um esforço para resolver o dilema dos objetivos conflituosos, cuja presença impede a existência "solução ótima" e conduz à procura da "solução de melhor compromisso" (ZELENEY, 1982).

Bana e Costa (1995) acenam que o processo decisório é complexo e é também uma atividade das mais controversas, pois a escolha baseia-se não apenas entre alternativas, mas também deve levar em conta pontos de vista, formas distintas de avaliar e uma multiplicidade de fatores que influenciam direta ou indiretamente o ato de decidir. E é aqui que se manifesta a importância dos métodos multicritérios como instrumentos de apoio à tomada de decisões.

O processo de decisão em um ambiente complexo normalmente envolve dados imprecisos e/ou incompletos, múltiplos critérios e vários agentes de decisão (GOMES & MOREIRA, 1998). Nesse sentido, é necessário identificar as alternativas viáveis para que ocorra o processo de decisão, mesmo envolvendo múltiplos aspectos, como os econômicos, sociais, políticos e ambientais.

Isso se dá devido o atendimento a múltiplos objetivos, sendo que tais decisões complexas tornam-se mais difíceis e não se podem identificar corretamente os seus impactos. O importante para o decisor e/ou para aqueles que interferem na tomada de decisão é compreender que cada problema possui sua natureza e entendê-la é peça fundamental para melhor solução do mesmo (GOMES *et al*, 2009).

Observa-se (figura 10) a relação entre as características do Processo de Tomada de Decisão e os Métodos de Análise de Decisão.

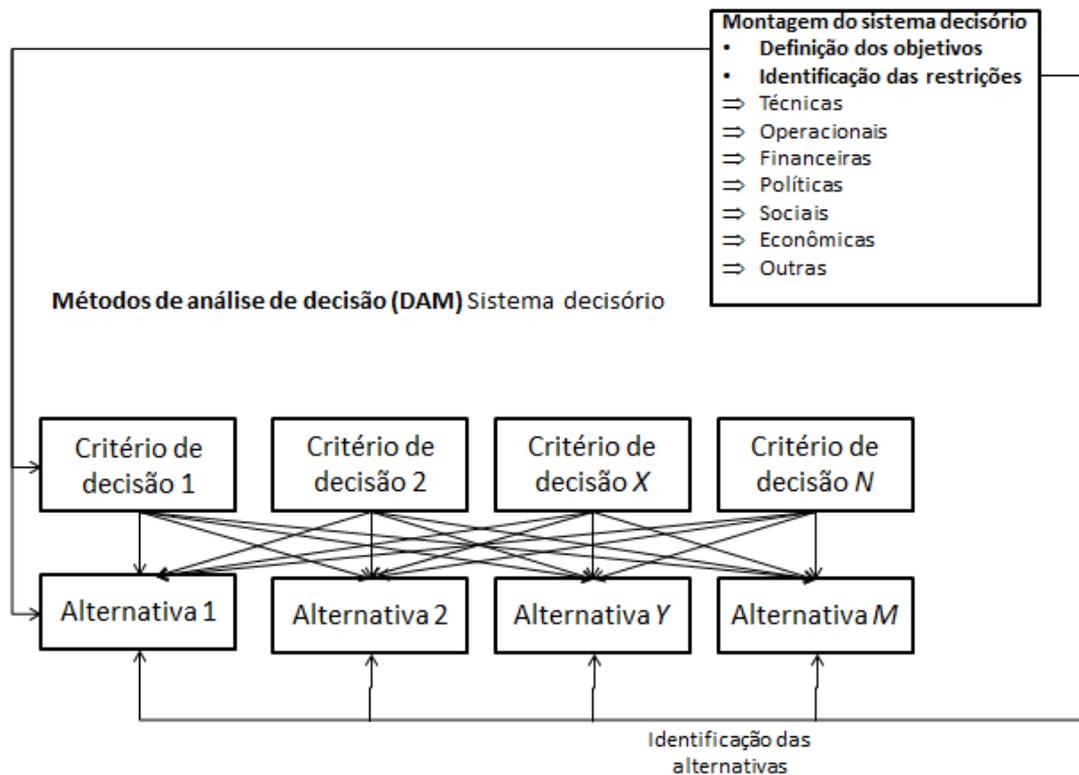


Figura 10: Montagem do sistema decisório nos métodos de análise de decisão
Fonte: Caixeta-Filho e Martins (2001).

A tomada de decisão ganhou grande impulso a partir da Segunda Guerra Mundial, passando a utilizar-se da Pesquisa Operacional como ferramenta (HILLER & LIEBERMAN, 1988 e ZUFFO, 1998). E vários recursos matemáticos foram desenvolvidos para auxiliar no processo decisório.

Geralmente, a modelagem matemática própria da Pesquisa Operacional utilizam um único critério ou múltiplos critérios para designar as preferências da tomada de decisão. Assim, a escolha de métodos constitui a ferramenta primordial que irá auxiliar o decisor, caracterizando-se como um novo paradigma de análise dos contextos decisórios (BOUYSSOU, 1989).

Nesse sentido, diversas correntes da Pesquisa Operacional surgiram no âmbito das metodologias multicriteriais, com destaque para duas importantes escolas: a Escola Americana, com forte ligação com a tradicional Pesquisa Operacional, de caráter objetivo e com a adoção de um conjunto definido de opções para estudar um problema percebido de maneira semelhante por todos; e a Escola Europeia, de natureza mais subjetiva, que leva em conta o conhecimento e a experiência dos decisores, com alternativas mais abertas que levam

a significados mais expandidos, cujo modelo matemático não é capaz de apresentar uma solução ótima. Aliás, não se destina à busca de soluções, mas à busca de conhecimentos que melhorem a compreensão do contexto e auxiliem na tomada de decisão.

Essas soluções se transformam no desenvolvimento do processo, porque dependem das relações advindas dos atores envolvidos no contexto decisório. Assim, são direcionadas para a compreensão e aprendizagem do problema pelos decisores na busca da solução.

Gomes *et al* (2009) apontam que a decisão é um processo que, dentre as diferentes variáveis, leva à escolha que vise resolver um determinado problema. E não é mais possível determinar a escolha utilizando métodos tradicionais, principalmente num contexto de incertezas e de complexidades. Assim a tomada de decisão exige julgamentos mais embasados que clarifiquem as alternativas apresentadas ao problema e auxiliem de melhor maneira o decisor (WRIGHT *et al*, 2000).

De modo geral, a Pesquisa Operacional destina-se a apontar soluções para problemas. No entanto, para alguns problemas, há várias soluções distintas, por vezes conflitantes, divergentes. E para se chegar a uma solução ou a várias soluções torna-se necessário estabelecer critérios e pesos variados, cujos resultados esperados baseiam-se nas relações entre as variáveis. É o que se chama de métodos multicriteriais.

Esta questão está também fortemente relacionada com os passos a serem seguidos no processo decisório, como: definição dos critérios, modelagem das preferências, estruturação do problema e a escolha do método de apoio à decisão a ser adotado (ALMEIDA, 2009; VINCKE, 1992).

2.6.2 Métodos Multicriteriais

Segundo Vilas Boas (2005), as abordagens multicriteriais se constituem em formas de modelar os processos de decisão, onde entram em jogo: uma decisão a ser tomada, eventos desconhecidos que podem afetar os resultados, possíveis cursos de ação além do próprio resultado, funcionando assim, como base para discussão, principalmente nos casos onde há conflitos entre os decisores, ou ainda quando a percepção do problema pelos vários agentes envolvidos ainda não está totalmente consolidada (NORONHA, 1998).

Os métodos multicriteriais relacionam, portanto, aspectos objetivos (quantitativos) com subjetivos (qualidade), o que permite organizar problemas com um grande número de critérios de avaliação, apoiando a tomada de decisão. Esses métodos vêm cada vez mais sendo aplicados, principalmente quando os problemas envolvem aspectos conflitantes, mas não necessariamente antagônicos.

Os Métodos Multicriteriais têm como principal objetivo tomar as decisões baseadas na descrição dos critérios, em que cada um tem suas alternativas com seus respectivos pesos. Esses pesos definirão qual a decisão mais satisfatória a ser tomada. Quando as decisões são tomadas em grupos os pesos ou preferências individuais são combinados para formar uma decisão conjunta do grupo (GOMES *et al*, 2009). Assim, as alternativas indicadas são colocadas perante as partes interessadas, as diferentes possibilidades e respectivos critérios, viabilizam escolha da decisão mais satisfatória, sendo que os agentes envolvidos podem interferir no processo decisório.

Segundo Liberman (1991), o Método de Análise Multicriterial de Auxílio à Tomada de Decisão do inglês *Multicriteria Decision Methods – MCDM* subdivide-se em dois grandes grupos (figura 11): o Método de Programação Matemática Multiobjetivo – MPMM e o Método de Análise de Decisão - MAD (CAIXETA-FILHO E MARTINS, 2001).

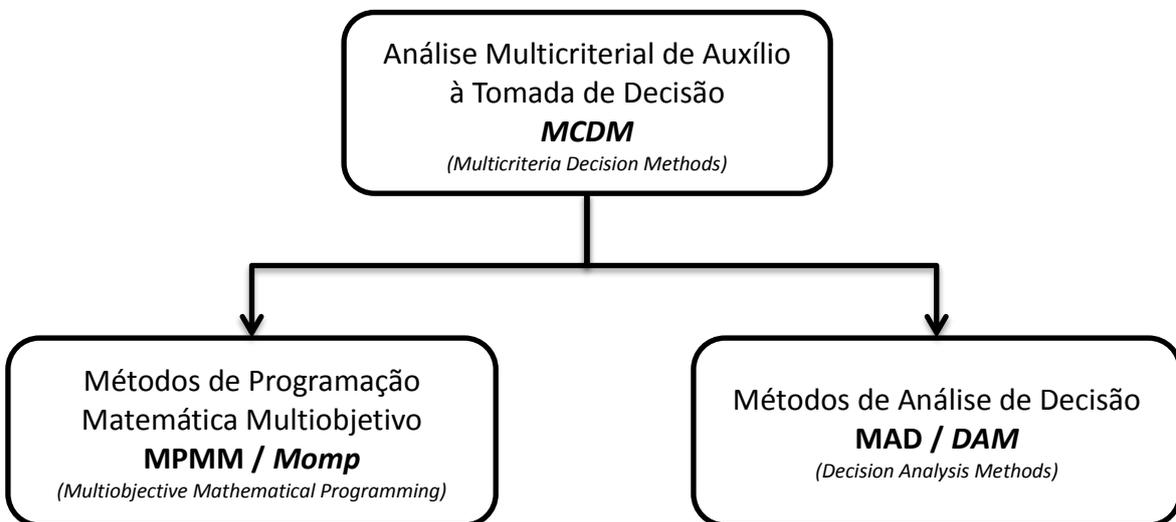


Figura 11: Classificação das Abordagens Multicriteriais: *MCDM* e suas subdivisões

Fonte: Liberman (1991), adaptado.

Esses dois grandes Grupos apresentam as seguintes características principais:

a) Métodos de Programação Matemática Multiobjetivo - MPMM:

- as restrições apresentam-se matematicamente explícitas;

- as alternativas de soluções são implícitas;
- em geral, as soluções constituem um conjunto contínuo.

b) Métodos de Análise de Decisão - MAD:

- as restrições são implícitas;
- as alternativas de soluções são representadas explicitamente;
- as soluções constituem um conjunto discreto.

Os métodos multicriteriais, de modo geral, apresentam uma inclinação natural por critérios a partir dos quais a avaliação será realizada (BELTON; STEWART, 2002). Considera-se que os critérios estabelecidos devem satisfazer as propriedades de relevância mensurável, valor, compreensão, não redundância, independência de julgamento e balanceamento entre completude e concisão, dentre outras.

Nesse sentido, Soares (2003) aponta as várias etapas da análise multicriterial, a saber:

- a) **Formulação do problema:** qual é a situação que se pretende resolver.
- b) **Determinação de um conjunto de ações potenciais:** identificação das alternativas para o problema.
- c) **Elaboração dos critérios:** definição de um conjunto de critérios, indicadores e parâmetros para avaliar o problema.
- d) **Avaliação dos critérios:** elaboração de uma matriz de avaliações.
- e) **Determinação de pesos dos critérios e limites de discriminação:** representação numérica de cada critério.
- f) **Agregação dos critérios:** a relação entre os critérios e as soluções comparadas.

Em suma, o apoio multicritério à decisão possui diversos métodos com diferentes objetivos e propriedades. Podem-se classificar estes métodos por: Métodos da Escola Francesa, Métodos da Escola Americana e Métodos Híbridos (GOMES & ARAYA & CARIGNANO, 2003). Para a melhor compreensão de tais métodos, faz-se necessário a abordagem do processo de tomada de decisão.

Dentre os métodos da Escola Francesa, tem-se os métodos da família *Promethée* (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) apresentado por Brans e Vincke em 1985. Segundo os autores do método Brans e Vincke (1985) o *Promethée* foi desenvolvido com base na identificação da necessidade de correção de algumas das

dificuldades e limitações das diversas versões do método *Electre*. O primeiro método proposto desta família foi o método *Prométhée I*, que tem por objetivo realizar uma pré-ordem parcial. Já o método *Prométhée II* (BRANS *et al*, 1986), da problemática P (ROY & BOUYSSOU, 1993), que tem por objetivo a ordenação das alternativas, realiza uma pré-ordem completa. Dessa forma o método *Prométhée II* se mostra mais eficaz na avaliação de projetos, pois consegue priorizar as alternativas através de uma ordenação completa (VINCKE, 1989), (SCHARLIG, 1996).

As decisões podem ser tomadas baseadas em alguns métodos que Caixeta-Filho e Martins (2001) destacam resumidamente a seguir:

a) *Electre (Elimination et Choix Traduisant la Réalité)*

O *Electre I (Elimination et Coix Traduisant La Réalité)* surge em 1968, organizado por Benayounet *al.* (1966), chegando até a quinta versão. Seu objetivo é de avaliar um conjunto de alternativas de projetos, planos ou ações políticas para a solução de um problema identificado, segundo critérios que evidenciam os aspectos mais relevantes do contexto em análise. O método define uma Matriz de Impactos dos Projetos para expressar o desempenho de cada uma das alternativas em cada um dos critérios.

Embora o método permita a incorporação dos julgamentos de preferência do decisor por meio de um vetor de preferências, o procedimento utilizado para o estabelecimento desse vetor não possui mecanismos para o controle de sua consistência. E todas as versões do método são relativamente complexas, uma vez que requerem grande quantidade de parâmetros.

b) MAC (Método de Análise de Concordância)

Esse método evolui a partir do *Electre*, baseado na mesma estrutura conceitual. No entrando incorporou algumas modificações na tentativa de reduzir algumas das limitações da abordagem original, como a inclusão de um cálculo da Matriz de Discordância (D), por meio da incorporação do peso relativo dos critérios que fornece a maior das quantidades $[a_{ik} - a_{jk}]$, uma vez que existe a possibilidade de ocorrência de alto valor para o elemento da Matriz de Discordância associado a um critério de pouca importância comparativamente aos outros (w_k próximo de zero). O MAC ainda mantém a mesma complexidade apresentada do *Electre*, o que dificulta sua compreensão por parte dos tomadores de decisão. Esse método também é muito sensível a erros de medida, o que algumas vezes tende a gerar distorções nos resultados obtidos.(CAIXETA-FILHO & MARTINS, 2001).

c) Topsis (*Technique Order Preference by Similarity to Ideal Solution*)

Este método apresenta duas grades limitações em relação aos métodos abordados anteriormente. A primeira refere-se à impossibilidade de que os julgamentos de preferência dos decisores sejam determinados de forma explícita. O método introduz o conceito de Entropia no estabelecimento dos pesos dos critérios em relação às alternativas analisadas, levando em consideração os valores das alternativas em cada critério. Outra grade limitação refere-se a falta de referencias bibliográficas que apresentassem o uso dessa ferramenta considerando critérios qualitativos de decisão.(CAIXETA-FILHO & MARTINS, 2001).

d) Todim (Tomada de Decisão Interativa e Multicritério)

Este método introduz o conceito de “Fator de Contingência”, permitindo, assim, a análise de alternativas mesmo quando essas não sejam totalmente independentes. Difere-se dos outros modelos, pois apresenta um nível de flexibilidade maior e permite a utilização de critérios tanto qualitativos quanto quantitativos. No entanto, possui algumas desvantagens como referentes aos próprios fatores de contingência que em determinados casos não são facilmente definidos (CAIXETA-FILHO & MARTINS, 2001).

e) MAH (Método de Análise Hierárquica) ou AHP – *Analytic Hierarchy Process*

Esse método é baseado na análise hierárquica dos dados, desenvolvido na década de 1970 por Thomas L. Saaty, sendo um dos primeiros métodos para tomada de decisão multicritério, considerando critérios quantitativos e qualitativos. Foi desenvolvido a partir da necessidade de se obter uma solução para o problema específico de planejamento de contingência e posteriormente sua aplicação se deu no planejamento de alternativas futuras para um país em desenvolvimento. Sua utilização possibilita a estruturação hierárquica em que o objetivo principal a ser alcançado está relacionado com os critérios, subcritérios e alternativas. A partir daí são feitas comparações para o par entre os vários elementos da hierarquia até se alcançar uma medida para cada alternativa. As comparações são feitas usando-se a escala denominada por Saaty. É uma escala que varia de 1 a 9, sendo as leituras interpretadas como a contribuição que os dois elementos em comparação dão ao objetivo ou critério imediatamente acima, variando de 1 até 9, com os números 2, 4, 6, 8 representando graus de importância intermediários, e o símbolo > indicando o sentido crescente (CAIXETA-FILHO & MARTINS, 2001).

f) *Prométhée (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations)*

Esse método foi desenvolvido com base na identificação da necessidade de correção de algumas das dificuldades e limitações das diversas versões do método *Electre*. Na subseção seguinte será analisado com maiores detalhes. (CAIXETA-FILHO & MARTINS, 2001).

2.6.3 O Método *Prométhée*

Para esta pesquisa foi sugerido o Método *Prométhée (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations)*. Esse método foi escolhido por resultar na problemática em questão e por ser um método não-compensatório, que favorece alternativas bem balanceadas. A preferência pelo método deveu-se também à aplicação dos dados em *software* específico de tratamento de dados e pela leitura acessível a usuários leigos, cujos resultados são de fácil interpretação. O método possui variáveis inteligíveis e adota critérios definidos pelo próprio gestor.

Os métodos *Prométhée* têm como objetivo propiciar aos decisores um melhor entrosamento e entendimento da metodologia de apoio à decisão com a qual estarão envolvidos (GARTNER, 2001). Os métodos *Prométhée* foram projetados para tratar de problemas multicritério e para executá-los necessita-se de informações adicionais que são constituídas particularmente de informações entre os critérios e informações para cada critério. O método introduz o conceito de *VOG (Valued Outranking Graph)* que apresenta um índice de preferência e oferece duas possibilidades para resolver o problema de ordenação.

O método estabelece uma estrutura de preferência entre as alternativas discretas, tendo uma função de preferência entre as alternativas para cada critério. Essa função indica a intensidade da preferência de uma alternativa em relação à outra, com o valor variando entre 0 (indiferença) e 1 (preferência total).

O *Prométhée II* – utilizado nesta pesquisa – decompõe o objetivo em critérios e as comparações entre as alternativas são feitas no último nível de decomposição e aos pares, pelo estabelecimento de uma relação que acompanha as margens de preferência ditadas pelos agentes decisores (AL-RASHDAN *et al*, 1999). Têm como objetivo propiciar aos decisores

um melhor entrosamento e entendimento da metodologia de apoio à decisão com a qual estarão envolvidos (GARTNER, 2001). Diferencia-se dos outros da Escola Francesa nos tipos de critérios utilizados, pois emprega seis tipos de funções para descrever os critérios avaliados na implementação do método. Cada critério é caracterizado por uma função que busca representar a preferência do decisor. A Função de Preferência $P_j(a_i, a_k)$ que descreve cada critério assume valores entre 0 e 1 (ALMEIDA & COSTA, 2002).

Alternativas	Critérios				
	c_1	c_2	c_3	...	c_n
A_1	$g_1(A_1)$	$g_2(A_1)$	$g_3(A_1)$...	$g_n(A_1)$
A_2	$g_1(A_2)$	$g_2(A_2)$	$g_3(A_2)$...	$g_n(A_2)$
...					
A_m	$g_1(A_m)$	$g_2(A_m)$	$g_3(A_m)$...	$g_n(A_m)$

Tabela 6: Modelo de Matriz de Desempenho
Fonte: Almeida & Costa (2002), adaptado.

Considerando-se um conjunto de m alternativas e n critérios têm-se a Matriz de Desempenho das alternativas (tabela 6) a_i ($i=1, 2, \dots, m$) em relação a cada critério c_j ($j=1, 2, \dots, n$), calcula-se as diferenças entre os desempenhos das alternativas, $d_{ik} = g_j(A_i) - g_j(A_k)$, desta forma obtém-se n matrizes $m \times m$.

A Função de Preferência tem que ser definida para cada critério. Para algumas dessas funções de preferência é necessário atribuir os valores “q” e “p”, que são respectivamente os limites de indiferença (q) e o limite de preferência (p), para cada critério se necessário, pois alguns critérios não empregam estes limites, como por exemplo, o Verdadeiro Critério.

Para Almeida & Costa (2002), os seis diferentes tipos de Funções de Preferência são:

a) Verdadeiro critério ou critério usual (figura 12).

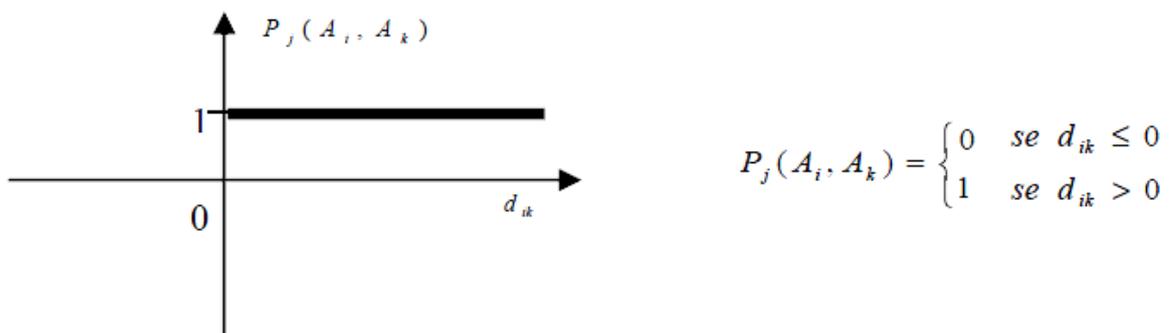
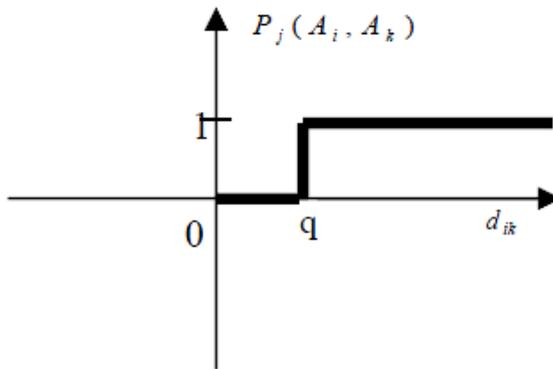


Figura 12: Verdadeiro critério

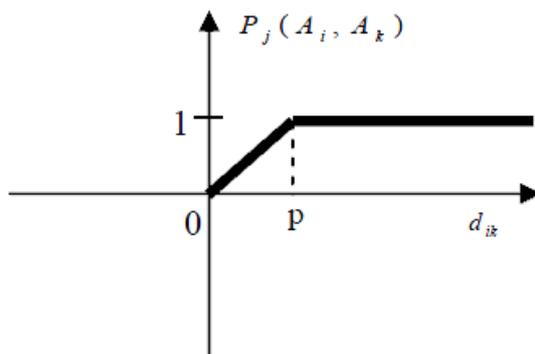
b) Quase-critério (figura 13).



$$P_j(A_i, A_k) = \begin{cases} 0 & \text{se } d_{ik} \leq q \\ 1 & \text{se } d_{ik} > q \end{cases}$$

Figura 13: Quase-critério

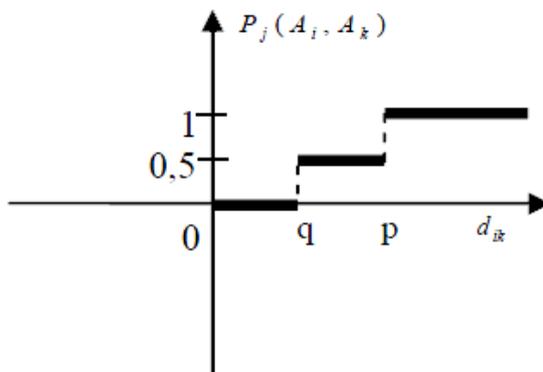
c) Pseudo-critério com preferência linear (figura 14).



$$P_j(A_i, A_k) = \begin{cases} \frac{d_{ik}}{p} & \text{se } d_{ik} \leq p \\ 1 & \text{se } d_{ik} > p \end{cases}$$

Figura 14: Pseudo-critério

d) Critério de nível (figura 15).



$$P_j(A_i, A_k) = \begin{cases} 0 & \text{se } d_{ik} \leq q \\ \frac{1}{2} & \text{se } d_{ik} \leq p \\ 1 & \text{se } d_{ik} > p \end{cases}$$

Figura 15: Critério de nível

e) Critério com preferência linear e área de indiferença (figura 16).

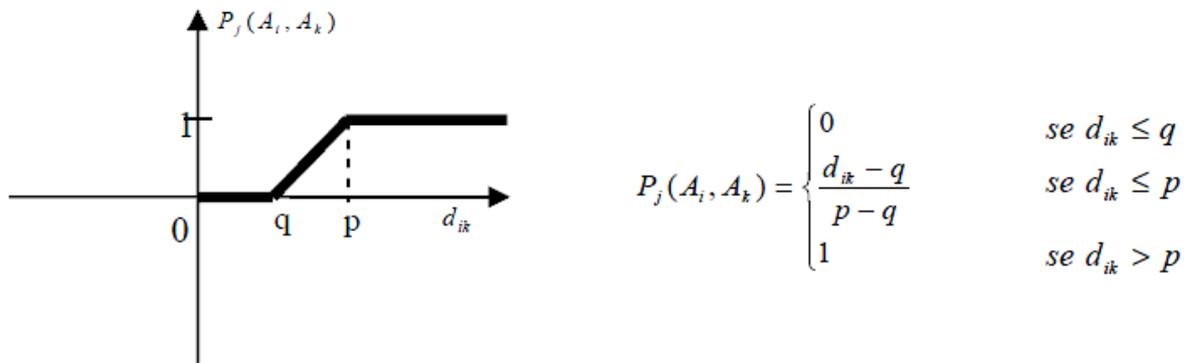


Figura 16: Critério com preferência linear

f) Critério Gaussiano (figura 17).

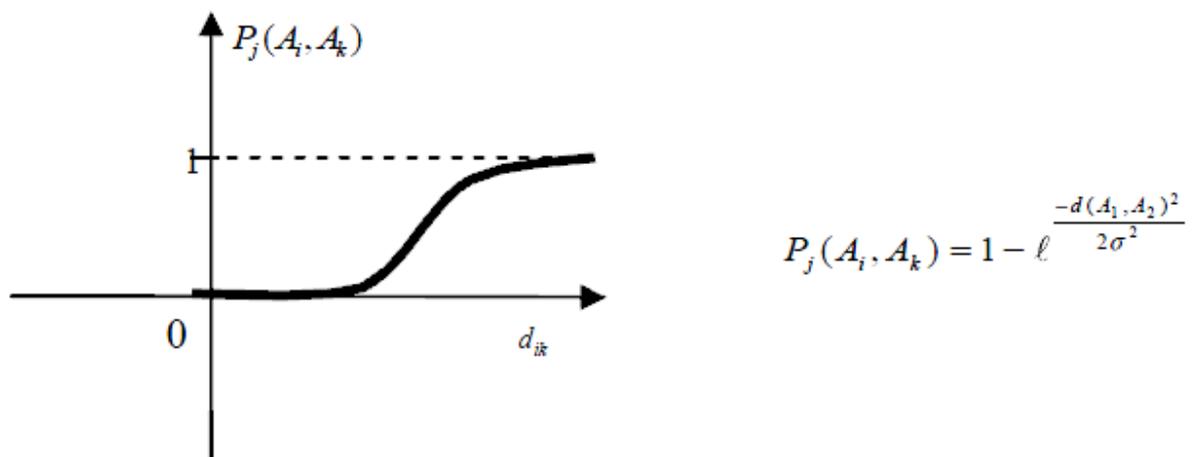


Figura 17: Critério gaussiano

Observa-se, portanto, que o *Prométhée* é um método de fácil compreensão, pois envolve conceitos e parâmetros com algum significado físico ou econômico de rápida assimilação para a tomada de decisão, construindo e explorando uma relação de sobreclassificação de valores.

A utilização do método, no entanto, exige um grau maior de conhecimento de alguns conceitos utilizados em sua fase de construção da relação de sobreclassificação, tais como o peso de cada critério, o valor de desempenho em relação ao critério, a função de preferência, o limite de indiferença, o limite de preferência, o grau de sobreclassificação de uma ação em relação à outra e a média desses graus, a partir de uma equação dada pelo método.

Segundo Brans e Mareschal (2002), uma dos maiores problemas do uso do *Prométhée* pode ser a dificuldade do decisor em entender as funções de preferência, fato que funciona como uma barreira para seu melhor aproveitamento, uma vez que sua robustez é sobremaneira apoiada nos limites de indiferença e preferência. No caso específico deste estudo, foi utilizada a função quase-critério, devido à fácil visualização de sua interface depois de aplicação no *software*.

É necessário estabelecer pesos w_j para os n critérios presentes (tabela 7) na análise do problema de decisão.

Critérios	c_1	c_2	c_3	...	c_j	...	c_n
Pesos	w_1	w_2	w_3	...	w_j	...	w_n

Tabela 7: Matriz de Pesos dos Critérios

Fonte: Almeida & Costa (2002), adaptado.

Assim, calcula-se o índice de agregação de preferência $\pi(A_i, A_k)$, dado por:

$$\pi(A_i, A_k) = \sum_{j=1}^n w_j P_j(A_i, A_k)$$

O fluxo de entrada $\phi^+(A_i)$, que representa o Fluxo de Sobreclassificação Positivo, expressa o quanto uma alternativa “A” sobreclassifica as outras e é assim calculado:

$$\phi^+(A_i) = \sum_{j=1}^m \pi(A_i, A_k)$$

O fluxo de saída $\phi^-(A_i)$, que representa o Fluxo de Sobreclassificação Negativo, expressa o quanto uma alternativa “A” é sobreclassificada por outras alternativas, calculado por:

$$\phi^-(A_i) = \sum_{j=1}^m \pi(A_k, A_i)$$

Para o método *Prométhée II* é necessário calcular o fluxo líquido, pela fórmula:

$$\phi(A_i) = \phi^+(A_i) - \phi^-(A_i)$$

Dessa forma obtém-se a ordenação das alternativas, de acordo com os valores encontrados para o fluxo líquido, ou seja, o maior fluxo líquido é a alternativa mais coerente, segundo os parâmetros do método *Prométhée II*.

2.7 A Tomada de Decisão sobre o Transporte de Manaus a partir da Aplicação do Método *Prométhée II*

2.7.1 O Método *Prométhée II* Aplicado

A seguinte pesquisa tem por objetivo avaliar cinco sistemas de transporte urbano através da implementação do método multicriterial *Prométhée II*, estruturando o problema com a identificação das alternativas e dos critérios relevantes para se obter uma ordenação das alternativas.

Para realizar a avaliação dos sistemas de transporte é necessário primeiramente definir quais critérios empregados nesta pesquisa. Importante observar que o sistema de transporte a ser escolhido tem como referência uma data-limite: a realização da Copa do Mundo de Futebol, em 2014. Uma vez definido o prazo, a escolha do sistema tem que se adequar ao tempo de implantação previsto. Assim, um das demandas do gestor é apontar o sistema de transporte que seja viável e esteja pronto e em pleno funcionamento até a realização do evento em Manaus.

Dentre todos os parâmetros avaliados pela SMTU sobre critérios para implantação da melhor alternativa de transporte para a Cidade de Manaus, sede da Copa de 2014, foram selecionados alguns critérios que melhor refletem o nível de satisfação e aceitação dos sistemas avaliados. Os dados que se referem a esses critérios selecionados foram obtidos com base em entrevista e pesquisa documental na SMTU e tratados a fim de que pudessem ser aplicados ao método *Prométhée II*. Para isso, foram realizadas entrevistas com decisores, que emitiram seus juízos de valor em relação aos critérios e seus pesos e às preferências. A partir dos valores obtidos para as preferências das alternativas em relação aos critérios, foi adotado o critério usual, segundo o qual não há parâmetros a serem definidos.

2.7.2 Definição dos Critérios e das Alternativas

As alternativas a serem analisadas são os cinco sistemas de transporte urbano representados por A_1, A_2, \dots, A_5 , onde:

A1: Sistema de Transporte Coletivo Urbano por Ônibus – STCUO

A2: Sistema Massivo de Transporte Rápido por Ônibus – *BRT*

A3: Sistema Massivo de Transporte por Veículo Leve sobre Trilho – VLT

A4: Sistema Massivo de Transporte por Monotrilho

A5: Sistema Massivo de Transporte por Metrô

Os critérios adotados na avaliação (tabela 8) estão dispostos em grupos. As definições dos critérios empregados foram baseadas na pesquisa realizada pela mestrandia na sede da SMTU, através de entrevista com engenheira responsável pela Divisão de Engenharia e Desenvolvimento do órgão. Esses critérios foram dispostos pelos próprios gestores, tendo como referência os estudos de Oliveira (2010).

CRITÉRIOS	
	Custo médio de implantação (R\$/km)
	Velocidade (km/h)
	Capacidade (passageiro/dia)
	Conforto
	Capacidade de atrair usuários do transporte individual
	Interferência no trânsito

Tabela 8: Critérios de Avaliação

Fonte: Oliveira (2010), adaptado.

A partir desses critérios de avaliação e com base nas informações fornecidas pela SMTU, através da sua Diretoria de Logística e Finanças e com os dados estipulados por Oliveira (2010), pode-se delinear a Matriz de Desempenho, já visualizando alternativas e critérios e os sistemas de transporte abordados nesta pesquisa.

Ressalte-se que os valores expressos nessa matriz (tabela 9) foram fornecidos pela própria SMTU, com base nos estudos e projeções adaptadas de Oliveira (2010), permitindo um panorama dos vários sistemas em relação aos critérios estipulados pelo gestor, já evidenciando algumas viabilidades técnicas e econômicas para a definição do sistema de transporte coletivo urbano para Manaus. Ressalte-se ainda que esses dados fornecidos não sofreram alterações pela pesquisadora.

	A1	A2	A3	A4	A5	
Alternativas Critérios	ÔNIBUS	BRT - BUS RAPID TRANSIT	VLT- VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS	MONOTRILHO	METRÔ	
C1	Custo médio de implantação (R\$/km)	R\$ 5,5 MILHÕES	R\$ 11,1 MILHÕES	R\$ 40,4 MILHÕES	R\$ 70,1 MILHÕES	201,0 MILHÕES
C2	Capacidade média (passageiro/dia)	50.000	150.000	200.000	300.000	400.000
C3	Velocidade média (km/h)	19	43	38	50	65
C4	Conforto	Baixo conforto (sofre interferência) de outros veículos, trânsito, semáforos, feagem)	Médio conforto médio (sofre interferência de semáforos e feagem)	Médio conforto (sofre interferência de semáforo e trânsito)	Alto conforto (para somente em estações, menos tempo de trajeto, passageiro pode apreciar a paisagem)	Alto conforto (para somente em estações, menor tempo de trajeto)
C5	Interferência no trânsito	Alta	Média (se segregado)	Alta	Baixa (se elevado)	Baixa (se subterrâneo)
C6	Atração de usuários do transporte individual	Baixa	Média	Média	Alta	Alta

Tabela 9: Matriz de Desempenho

Fonte: Oliveira, 2010, adaptado.

a) Custo médio de implantação (R\$/km):

- Critério de Minimização: Quanto menor o custo melhor. Refere-se ao tempo de implantação do sistema, valores por km construído, impacto relacionado ao uso das vias de tráfego, desapropriação e uso do solo.

b) Velocidade (km/h):

- Critério de Maximização. Quanto maior a velocidade melhor. O usuário se utiliza do sistema menos tempo.

c) Capacidade (passageiro/dia):

- Critério de Maximização. Quanto maior a capacidade de passageiros no sistema, maior quantidade pessoas são deslocadas ao mesmo tempo.

d) Conforto:

- Critério de Maximização, quanto maior o conforto melhor para o usuário enquanto utiliza o sistema.

e) Capacidade de atrair usuários do transporte individual:

- Critério de Maximização: ter o maior atrativo de pessoas.

f) Interferência no trânsito

- Critério de Minimização. Quanto menor a interferência melhor. Refere-se ao aumento de veículos nas vias de tráfego o aumento de veículos incide no aumento da emissão de gases além de ruídos

- Está relacionado ao risco de acidentes por atropelamento de pessoas e impacto de veículos em cruzamentos. Propício à redução de vias para os automóveis.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1 Fundamentação

A metodologia refere-se ao planejamento da pesquisa em sua dimensão mais ampla, envolvendo desde a sua diagramação até a previsão de análise e interpretação dos dados. A organização da metodologia varia de acordo com as peculiaridades de cada pesquisa (GIL, 2007). No entanto, requerem-se algumas informações acerca de alguns aspectos, como os que são apresentados a seguir.

Segundo Jung (2004), a pesquisa científica é a fonte que fornece novos conhecimentos tendo, na ciência em que está inserida, por fim atender e responder questionamentos de problemas encontrados.

A pesquisa utiliza-se do método dedutivo de investigação. Segundo Lakatos e Marconi (2001), este método parte das teorias e leis em conexão descendente, ou seja, dos conceitos mais abrangentes, até se chegar ao tema especificamente proposto.

Quanto à **natureza**, a presente pesquisa contemplará o método híbrido, ou seja, quali-quantitativo. Não se preocupa em apenas quantificar dados ou expressá-los numericamente, mas também busca pautar-se pela observação de um fenômeno e subsidiar a pesquisa.

O fenômeno refere-se à escolha do novo modelo de transporte para Manaus diante da situação de desenvolvimento da cidade e das necessidades logísticas e operacionais. A proposta vai além do aumento da frota de veículos e analisa os critérios e variáveis envolvidos na escolha. Quando se aborda o aspecto de crescimento da cidade, fala-se de maneira quantitativa; a abordagem sobre o aspecto de desenvolvimento urbano, por sua vez, tem natureza qualitativa.

A pesquisa obedece às características da cientificidade, pois traz consigo a busca da possível solução para um problema concreto sobre a falta de qualidade na prestação de serviços do sistema de transporte coletivo na cidade de Manaus, além de se utilizar de métodos científicos de para alcançar o objetivo principal (VERGARA, 2009). A mesma

autora afirma que a taxionomia dos tipos de pesquisa é definida por dois aspectos: quanto aos fins e quanto aos meios.

Quanto aos **fins**, esta pesquisa é descritiva, explicativa e aplicada. Descritiva, porque expõe os fundamentos do planejamento das cidades e o crescimento urbano das mesmas, descrevendo todo o processo de desenvolvimento. É explicativa, pois tem como um dos objetivos específicos esclarecer o impacto negativo que a falta de planejamento urbano e a implantação de um sistema de transporte que não supre a necessidade dos agentes envolvidos pode causar em uma determinada localidade. É aplicada, pois é motivada pela necessidade de resolver problemas concretos da ineficiência do serviço de transporte urbano em uma determinada localidade, por meio de um novo modelo de tomada de decisão.

Quanto aos **meios**, a pesquisa é bibliográfica e documental. Bibliográfica porque recorre a material acessível na literatura, sejam livros, teses, dissertações, artigos sobre o tema. Documental, pois faz uso de publicações técnicas específicas sobre o assunto tratado.

Os objetivos específicos deste trabalho foram alcançados da seguinte forma:

a) Identificar os principais sistemas de transporte coletivo existentes no Brasil: através de pesquisa bibliográfica em livros, documentos, teses sobre Engenharia de Trânsito e Transporte e outras fontes ligadas à temática abordada.

b) Analisar a situação atual do sistema de transporte coletivo na cidade de Manaus: para isso, as informações obtidas através da observação direta e da coleta documental nos órgãos públicos ligados diretamente à gestão do transporte coletivo da cidade forneceram os dados para a compreensão da realidade local e da atual conjuntura do transporte coletivo de Manaus.

c) Descrever os modelos multicriteriais e em específico o método *Prométhée II*: essas informações foram obtidas através também do levantamento e da pesquisa bibliográfica, dessa vez tomando como referência a Pesquisa Operacional, a Tomada de Decisão e os Métodos Multicriteriais, tendo como enfoque principal o método *Prométhée II*.

d) Avaliar e ordenar os sistemas de transporte coletivo para a cidade de Manaus por meio do método *Prométhée II*: com base nas informações coletadas e analisadas nas etapas anteriores, este objetivo foi cumprido com a aplicação específica do método multicriterial *Prométhée II*, a partir de critérios e pesos definidos pelo decisor, a SMTU, e aplicação de software D-Sight® para o equacionamento das respostas possíveis.

3.2 Procedimentos

O problema levantado para esta pesquisa está assim formulado: Qual o melhor sistema de transporte coletivo para a cidade de Manaus, a partir da aplicação de métodos multicriteriais de escolha? Assim, o método utilizado nesta pesquisa procura responder à questão-chave, a partir de procedimentos cientificamente aceitos.

Dessa forma, a pesquisa parte dos seguintes postulados, já apresentados nos capítulos anteriores:

a) O desenvolvimento das cidades e a necessidade da oferta de serviços, entre os quais o de transporte público, coletivo;

b) A observação da ineficiência do atual sistema de transporte na cidade de Manaus e a necessidade de implantação de um novo modelo, para atender à demanda, principalmente tendo em vista o crescimento urbano da capital amazonense;

Em vista da linha de pesquisa e das hipóteses levantadas, o viés que conduz a pesquisa considera outros dois importantes postulados:

a) A escolha de um método multicriterial: o *Prométhée II*, como ferramenta de grande importância no intuito de auxiliar os gestores a tomar decisão mais satisfatória, selecionando sistemas de transporte coletivo para a cidade de Manaus e ordenando as alternativas a partir da escolha mais coerente;

b) Apresentação dos resultados esperados e possíveis, a partir da Pesquisa Operacional, contribuindo para a melhoria da produção e qualidade na prestação de serviço. Sendo assim, entende-se que as eficientes ferramentas de apoio à tomada de decisão auxiliam na estruturação e solução do problema levantado.

Nesse campo, alguns pressupostos importantes orientam a pesquisa e a utilização do método multicriterial *Prométhée II*:

a) Objetivos dos decisores: Escolher um sistema de transporte coletivo que atenda à atual demanda da capital amazonense, em vista do crescimento urbano; obter a melhor relação custo/benefício dos investimentos realizados em relação aos critérios estabelecidos pelos decisores; melhorar a oferta do serviço à população, colocando Manaus como referência no modelo de transporte adotado; e reordenar o trânsito de Manaus, melhorando o fluxo, com a oferta de um transporte coletivo eficiente e digno de uma capital em desenvolvimento.

b) Contexto de atuação dos decisores: determinação do tipo e/ou dos tipos de veículos adotados para o novo sistema, bem como a redefinição da malha viária urbana; administração dos impactos do trânsito já desordenado e com fluxo cada vez maior; observância dos fatores que podem alterar as decisões no que diz respeito aos investimentos e ao tempo de execução dos projetos; adequação do projeto à realidade local.

A partir disso, torna-se necessário a adoção de um método que oriente e auxilie na reta tomada de decisão, no caso, o multicriterial *Prométhée II*, com seus respectivos critérios e pesos, cuja aplicação numérica se sustenta nas informações obtidas na análise documental e bibliográfica a respeito do sistema de transporte coletivo de Manaus, na busca de um ordenamento das alternativas envolvidas no processo de decisão. Assim, a aplicação do método multicriterial *Prométhée II* mergulha-se na análise dos critérios e fatores que influenciam, modificam e limitam o problema levantado por esta pesquisa. Para isso, recorre-se aos renomados estudiosos do fenômeno do crescimento e desenvolvimento urbano, bem como os especialistas em transporte.

Algumas etapas são fundamentais:

a) **Definição dos critérios e seus respectivos pesos:** considera-se que os critérios estabelecidos devem satisfazer as propriedades de relevância de valor, compreensão, mensurabilidade, não-redundância, independência de julgamento e balanceamento entre completude e concisão, dentre outras. Os pesos foram definidos a partir da experiência do gestor do transporte público em Manaus, apresentados em uma escala ordinal.

b) **A Solução proposta:** A partir dos valores obtidos para as preferências das alternativas em relação aos critérios, apresenta-se a matriz em que são identificadas as intensidades de preferências dos decisores de cada alternativa em relação aos critérios escolhidos.

c) **Análise dos resultados:** feita em relação à variação de pesos com a finalidade de se avaliar as alterações de resultados em função de flutuações nos valores dessa variável, a fim de verificar se os resultados obtidos com os pesos selecionados comportam-se de maneira consistente quando se os avalia em relação a outros cenários julgados prováveis.

3.3 Coleta de Dados

Para a coleta de dados, a análise documental traz o suporte para a configuração atual do sistema de transporte em Manaus. Além disso, os dados fornecidos pela organização

gestora do transporte público da cidade – SMTU – Superintendência Municipal de Transporte Urbano – mostram a relação entre a configuração vigente e a esperada para que o transporte se adéque às necessidades. Os dados foram da SMTU foram fornecidos através de entrevista com um membro da Divisão de Engenharia e Desenvolvimento, conforme formulário de entrevista, em anexo.

Quanto à sua execução (figura 18), os seguintes passos foram adotados para a realização deste trabalho:

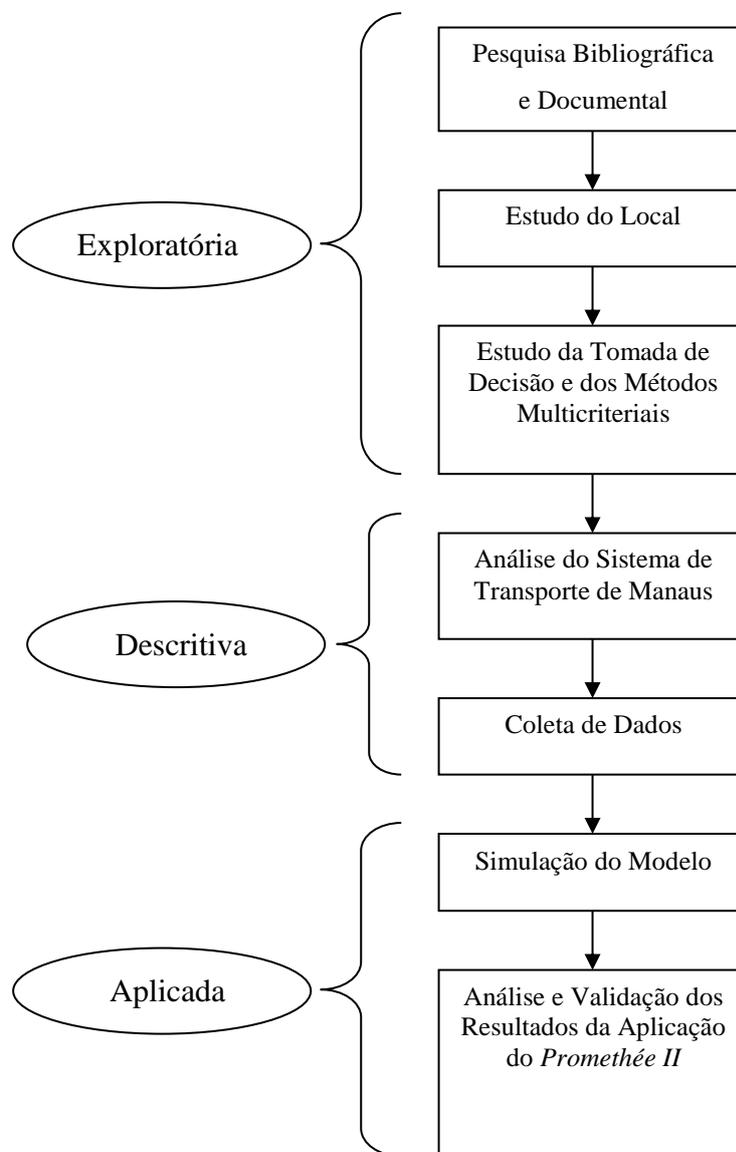


Figura 18: Fluxograma da Pesquisa
Fonte: O autor (2012).

Na **etapa exploratória**, foi realizada a pesquisa bibliográfica, recorrendo aos estudiosos do sistema de transporte, da Pesquisa Operacional, dos métodos multicriteriais e, mais especificamente do método *Prométhée II*. O estudo documental teve como referências as informações dos órgãos oficiais do Estado do Amazonas e do Município de Manaus, entre os quais: Seminf, SMTU, Seplan, entre outros, que forneceram os dados referentes a custos, situação do transporte na cidade, planejamento e estruturação do sistema hoje adotado em Manaus. O estudo do local foi feito através da observação direta e da coleta de dados sobre a configuração do transporte da cidade de Manaus até o ano de 2011, com a possível implantação de um novo sistema, previsto até 2014. Ainda da etapa exploratória, a pesquisa direcionou-se para os modelos de tomada de decisão tendo como referências os métodos multicriteriais, uma vez que o problema levantado traz uma multiplicidade de fatores determinantes na escolha.

Na **etapa descritiva**, o ponto de interesse foi à análise do sistema de transporte público coletivo adotado em Manaus, com a sua configuração atual limites e possíveis intervenções. Foi nessa etapa que se constatou a necessidade da adoção de um novo sistema, cujos trâmites já estão sendo encaminhados pelo órgão gestor do transporte coletivo da cidade. A coleta de dados e sua respectiva análise tomaram como referência os critérios adotados pela SMTU para a tomada de decisão sobre o sistema de transporte em Manaus adotará para os próximos anos, com seus respectivos pesos aplicados a metodologia do *Prométhée II*.

3.4 Tratamento dos Dados

A aplicação da pesquisa se dá através do *software* D-Sight®, que organiza as informações e resolve a equação do método *Prométhée II*, apresentando as soluções mais satisfatórias. Os resultados obtidos, após análise definição de critérios e atribuição de pesos, são compatíveis com a proposta dos autores de oferecer aos decisores um *ranking* completo de alternativas estratégicas que contribua para a melhoria do processo de tomada de decisão para o novo sistema de transporte coletivo para a capital do Amazonas.

No que se refere à exequibilidade e disponibilidade de tempo para execução da proposta, estão sendo realizadas pesquisas bibliográficas e documentais. Quanto aos resultados esperados, com essa pesquisa tem-se a expectativa de identificar através da

utilização do Método *Prométhée II* a alternativa mais satisfatória entre sistemas de transporte coletivo urbano, que seja adequada para a cidade em estudo e que atenda às necessidades dos agentes envolvidos. Através da definição do resultado, pode-se também afirmar a eficiência do método, sua validade e aplicabilidade em situações afins.

3.5 Validação dos Resultados

Após simulação do método e com os resultados equacionados e já identificados, a etapa final desta pesquisa é a análise dos resultados e sua validação. Nesta fase, os resultados são postos diante das informações técnicas que justificam, sustentam ou refutam a sua aplicabilidade. Neste caso, o resultado apresentado pelo *Prométhée II* para o transporte de Manaus a partir de cinco alternativas de transportes coletivos mais utilizados no Brasil indicou a adoção do sistema por Metrô para Manaus em primeiro lugar no ranking, seguido dos sistemas de Monotrilho, *BRT*, *VLT* e ônibus, nessa ordem.

Com base em informações fornecidas por pelo corpo técnico da SMTU, alguns sistemas ordenados pelo *Prométhée II*, mesmo apresentando as respostas mais satisfatórias, não terão aplicabilidade prática, e a indicação do sistema de transporte para Manaus segue para a proposta subsequente no ordenamento apresentado. Ressalte-se ainda que o fator político que o serviço de transporte engloba na cidade de Manaus para além das indicações técnicas, o que pode indicar alterações na tomada de decisão, uma vez que a história recente da política local mostrou que vários governantes se elegeram ou se projetaram a partir da problemática do transporte coletivo, sempre em destaque nos debates eleitorais. Além disso, levando-se em conta o prazo-limite para a implantação do sistema, devem-se considerar os critérios econômicos que viabilizem o projeto.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Apresentação dos Dados Obtidos pelo *Promethée II*

Os pesos definidos para cada critério são determinantes e influenciam diretamente nos resultados (tabela 10). Ressalte-se também a relação entre a maximização e a minimização dos valores atribuídos aos critérios, que podem indicar variações na leitura dos dados. Assim sendo, por exemplo, para o critério do custo, deve-se priorizar o que oferecer menores valores; já para o critério do conforto, a função de preferência se inclina para o que apresenta maior número, o que evidencia a relação maximização-minimização na definição dos pesos de cada critério. Ressalte-se que foi utilizada a mesma função (linear) para todos os critérios.

CRITÉRIOS	MÁX/MÍN	FUNÇÃO DE PREFERÊNCIA	q	P	PESOS	UNIDADES
Custo	Minimize	Linear	0	1	0,274	R\$/km
Capacidade	Maximize	Linear	0	1	0,17	passageiro/dia
Velocidade	Maximize	Linear	0	1	0,116	km/h
Conforto	Maximize	Linear	0	1	0,17	
Interferência	Minimize	Linear	0	1	0,144	
Capacidade de atrair	Maximize	Linear	0	1	0,127	

Tabela 10: Parâmetros do Modelo

Fonte: *Software DSight®*

Nos parâmetros do modelo é possível entender que, por exemplo, quando menor o custo maior é a preferência; assim como quanto maior a velocidade, a preferência é também elevada. Assim, os parâmetros de maximização e minimização são também determinantes na escolha. Ressalte-se também que os pesos apresentados nesta tabela foram definidos pelos gestores a partir de estudos técnicos baseados nas pesquisas de Oliveira (2010).

Aplicando-se os critérios e os pesos no Plano Gaia- *Geometrical Analysis for Interactive Assistance* (figura 19), observa-se a preferência pelo sistema de transporte por metrô, já mensurados todos os critérios e avaliadas as preferências. O Plano Gaia é uma análise geométrica, que permite um procedimento visual e interativo. Segundo Mareschal & Brans (1988) o plano Gaia consiste de um módulo de interação visual complementar ao *Prométhée*, fornecendo uma informação gráfica clara sobre o caráter conflitante do critério, neste caso dos decisores, e sobre o impacto dos pesos na decisão final.

Nesse plano, o ponto mais distante do centro do eixo é o que representa a melhor indicação de preferência. Neste caso, o sistema de transporte por metrô apresenta-se como a alternativa mais satisfatória para a cidade, segundo os critérios e pesos fornecidos pela SMTU, como se pode visualizar.

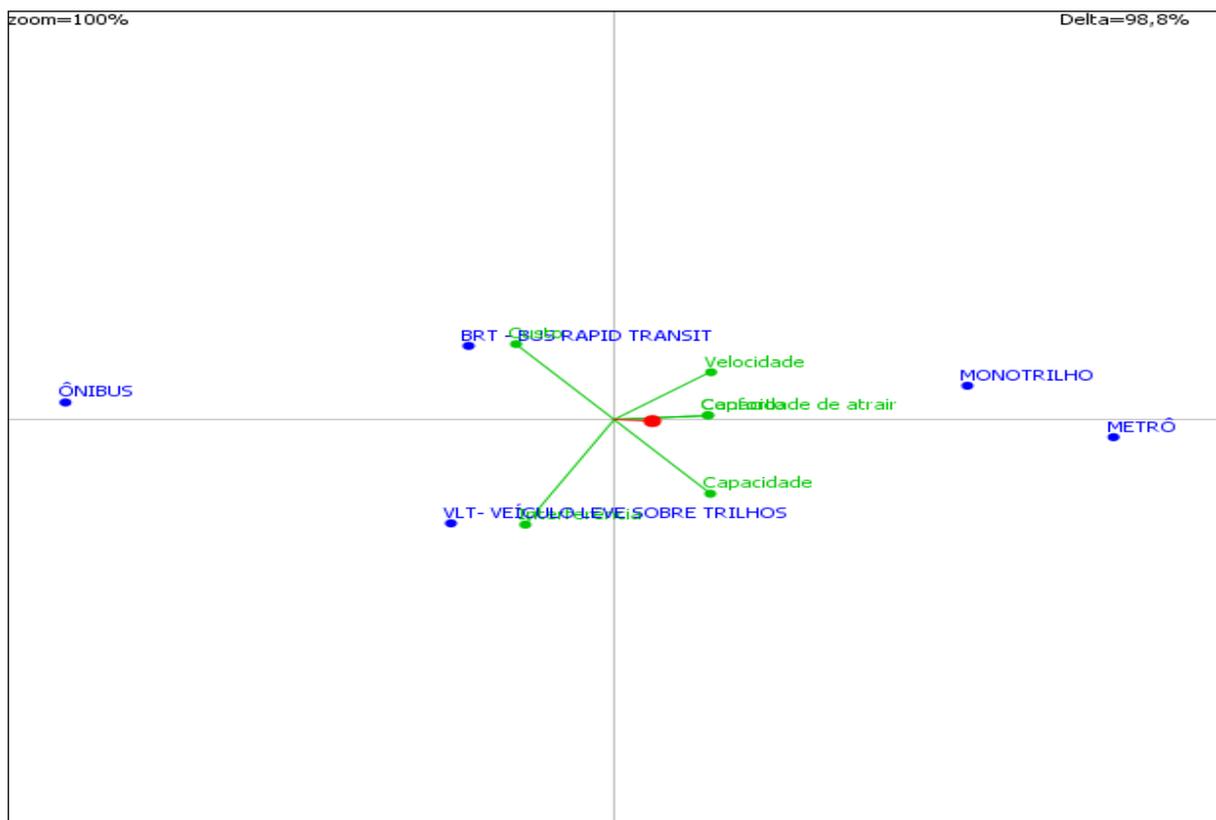


Figura 19: Plano Gaia
Fonte: Software DSight®

A síntese geral (tabela 11)– depois de aplicação numérica – mostra o sistema de transporte por Metrô como a alternativa mais satisfatória para a cidade de Manaus.

	<i>ÔNIBUS</i>	<i>BRT</i>	<i>VLT</i>	<i>MONOTRILHO</i>	<i>METRÔ</i>
<i>ÔNIBUS</i>	0	0,417	0,274	0,417	0,417
<i>BRT</i>	0,583	0	0,389	0,417	0,417
<i>VLT</i>	0,583	0,314	0	0,417	0,417
<i>MONOTRILHO</i>	0,583	0,583	0,583	0	0,274
<i>METRÔ</i>	0,583	0,583	0,583	0,286	0

Tabela 11: Matriz de Preferência: Sistema x Sistema

Fonte: *Software DSight®*

Vale ressaltar que para esta pesquisa não foram feitos testes de variação de pesos, o que poderia indicar resultados significativamente alterados. Mas não se considerando essas variações para esta pesquisa mantêm-se a tendência do resultado apresentado pelo *Promethée II*.

Finalmente, apresenta-se o ordenamento das alternativas estudadas de acordo com os resultados obtidos pelo *Promethée II* (tabela 12).

ALTERNATIVAS	RANK	SCORE	POSITIVE FLOW	NEGATIVE FLOW
METRÔ	1	0,127	0,508	0,381
MONOTRILHO	2	0,121	0,505	0,384
<i>BRT - BUS RAPID TRANSIT</i>	3	-0,022	0,452	0,474
VLT- VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS	4	-0,024	0,433	0,457
ÔNIBUS	5	-0,201	0,381	0,583

Tabela 12: Matriz de Preferência: Sistemas Ordenados

Fonte: *Software DSight®*

Os resultados encontrados apontam a alternativa A5 (figura 20) como sendo a melhor alternativa para o sistema de transporte de Manaus.

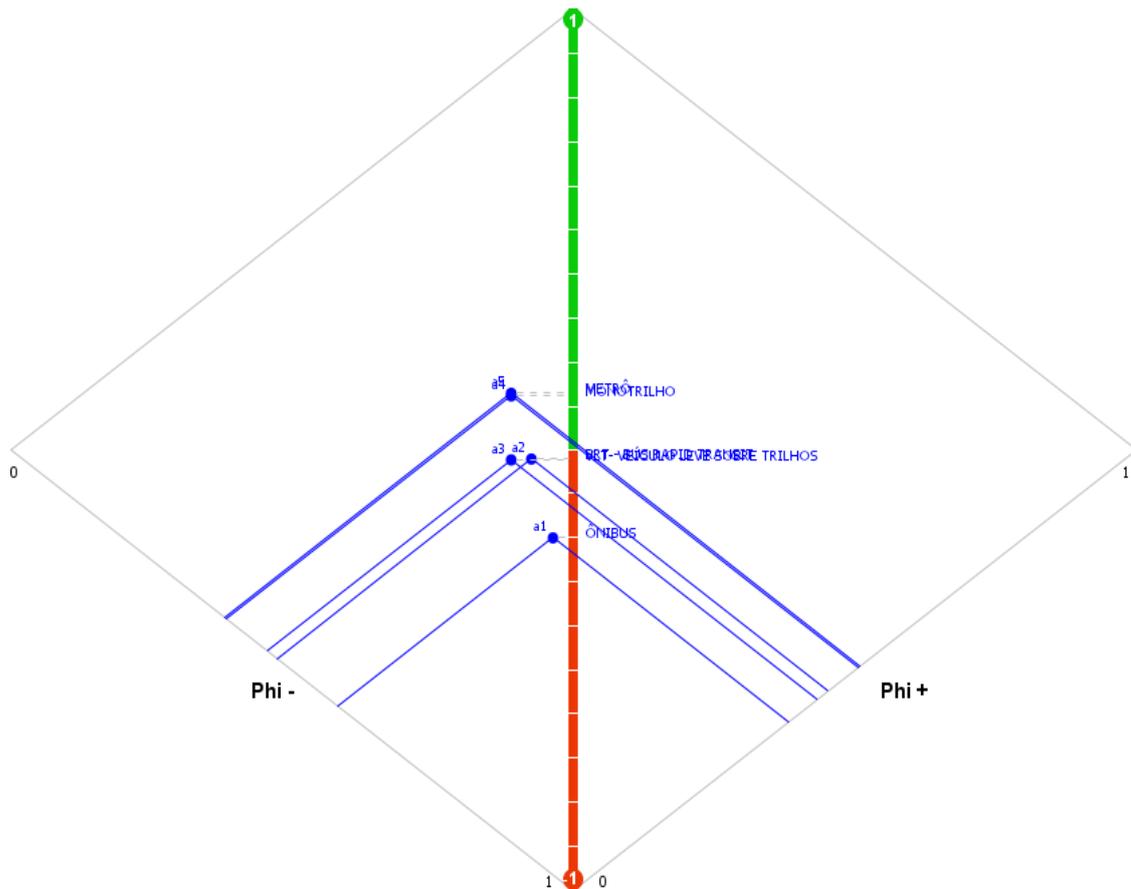


Figura 20: Rank Promethée I
Fonte: Software DSight®

Os pesos definidos para cada critério são determinantes, também a relação entre a maximização e a minimização dos valores atribuídos aos critérios. Assim sendo, para o critério do custo, deve-se priorizar o que oferecer menores valores; já para o critério do conforto, a função de preferência se inclina para o que apresenta maior número.

Observa-se que a orientação do vetor de decisão indica para a alternativa A5 (Metrô), apontada como a alternativa de melhor fluxo. Dessa forma que os resultados obtidos com os pesos selecionados comportam-se de maneira consistente quando se os avalia em relação a outros cenários julgados prováveis.

E os resultados parecem ser bem direcionados: o sistema de transporte por Metrô desponta no ordenamento feito pelo *Promethée II* com base nos pesos e critérios apresentados e definidos pelo decisor.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa apresentou a aplicação da metodologia *Promethée II* na tomada de decisão sobre o sistema de transporte mais satisfatório para a cidade de Manaus. Num primeiro momento, foi feito um panorama sobre o crescimento urbano e o planejamento do transporte público, acenando para a deficiência do sistema na capital amazonense.

A partir de então buscou-se como uma ferramenta da Engenharia de Produção um método que auxiliasse na tomada de decisão para o investimento em transporte em Manaus. A partir da Pesquisa Operacional, mediada pelos métodos multicriteriais, indicou-se a utilização do método *Promethée II*, escolhido pela adequação de suas características aos objetivos dos decisores, permitindo a modelagem das preferências dos decisores de maneira bastante simples e de fácil entendimento. Além disso, o método atende de forma perfeita à problemática de escolha de alternativas, procurando esclarecer o problema para apoiar todo o processo de decisão.

Os resultados obtidos, através do equacionamento desenhado pelo *Promethée II* são compatíveis com a realidade e oferecem aos decisores um *ranking* completo de alternativas estratégicas que contribua para a melhoria do processo de tomada de decisão quanto ao transporte público em Manaus. Sua escolha deu-se exclusivamente pela facilidade de compreensão e uso, sendo uma metodologia indicada para qualquer situação em que se deseja avaliar fatores múltiplos.

Convém observar, no entanto, que mesmo apontando os resultados mais satisfatórios (segundo os critérios da própria metodologia), sua aplicabilidade pode não coincidir com a somatória da equação. Na escolha do sistema de transporte por metrô, o gestor do sistema não evidenciou como um dos critérios a geografia própria da cidade de Manaus, que inviabiliza o investimento em metrô subterrâneo. Ainda assim, a escolha do *Promethée II* constituiu uma ferramenta de grande importância no processo de tomada de decisão, pois se destaca pela sua simplicidade, que lhe confere rapidez computacional, e pela sua clareza já que, apesar da dificuldade, poucos parâmetros devem ser estabelecidos e todos têm significado real. Outra vantagem pode ser o fato do método ser parcialmente compensatório, isto é, o mau desempenho em um critério não é totalmente encoberto pelo alto desempenho em outro critério.

Uma limitação observada foi à inexistência de algumas informações a respeito dos indicadores de alguns critérios, como o impacto ambiental e geográfico, fazendo com que o método assumisse valores “zero” não devido a uma excelência operacional sobre um determinado tema.

Alguns fatores foram determinantes para descartar a escolha pelo sistema de transporte por metrô em Manaus:

- A geologia própria da área central da cidade, cujo solo foi constituído por aterro, o que não dá a sustentação necessária para as obras de escavação. Além do mais a geografia indica a presença de aquíferos pouco abaixo da superfície e uma imensa quantidade de lençóis freáticos, o que inviabiliza o projeto de metrô subterrâneo, cuja engenharia para ajuste elevaria ainda mais os custos.

- O patrimônio histórico já tombado pelo município, como os prédios de construção europeia do final do séc. XVIII. A desapropriação da área iria causar um dano irreparável para a história da cidade, construída a partir dos tempos áureos do Ciclo da Borracha.

- As vias de acesso ao Centro são estreitas demais e a implantação do metrô exigiria uma área muito maior do que supostamente estaria disponível na cidade.

- Os elevados custos de implantação, comparados a outros sistemas e levando em consideração também as características da região a ser implantado. Além do tempo de implantação.

O sistema de monotrilho também foi descartado das possibilidades aceitáveis pelo órgão gestor do trânsito em Manaus, a SMTU. Os motivos apresentados, segundo as informações técnicas daquele órgão público foram:

- A intrusão visual, com as pilastras de sustentação do sistema ocupando espaço e sem possibilitar o uso da via terrestre sob a sua estrutura (4m x 3m).

- O elevado custo do sistema.

Ainda assim, deixando de lado os aspectos técnicos e levando em consideração a força política que um projeto dessa dimensão traz para seus implantadores, o sistema de monotrilho está previsto para funcionar na cidade de Manaus sob a tutela e responsabilidade administrativa do Governo do Estado.

O sistema de *BRT*, então, tem sido apontado como novo sistema da Prefeitura de Manaus. Mas vale ressaltar que esse sistema deve ser integrado ao já existente sistema de

transporte por ônibus, com a reordenação das linhas alimentadoras e novo dimensionamento dos terminais.

- Reaproveitamento do Sistema Expresso já desenhado para Manaus, com os devidos ajustes técnicos, a saber: reforço de pavimentação, estações mais amplas, com uma via adicional para ultrapassagem e via segregada exclusiva para o sistema.

- As vantagens do sistema: descongestionamento da área central de Manaus, redução de custos com pessoal e combustível.

- Desvantagens do sistema:

- A utilização de uma faixa da via, fazendo com que os outros veículos ocupassem apenas duas.

- O elevado custo da desapropriação.

Enfim, na aplicação desta pesquisa, os parâmetros (p) e (q) não foram considerados como números difusos a fim de evitar a multiplicação entre esses números. Isso porque a multiplicação entre os números difusos triangulares não necessariamente gera um número triangular. Neste caso, é possível que informações relevantes sejam perdidas tornando o processo mais obscuro.

Chega-se, então, à conclusão que a aplicação do método atinge seu propósito no sentido de organizar um processo de decisão complexo, que pressupõe interatividade e simulações.

5.1 Contribuições para a Academia

Essa pesquisa objetivou contribuir para estudos que visem minimizar os problemas aqui discutidos e apresentados, com a busca de conhecimento aprofundado, atual e de interesse para a comunidade, favorecendo que outras pesquisas e outros trabalhos com temas afins possam ser elaborados a partir desta pesquisa, principalmente no que tange a assuntos carentes de mais aprofundamentos, como é a própria situação do trânsito e do transporte em Manaus.

5.2 Pesquisas futuras

Interessante será suscitar pesquisas que co-relacionem o trânsito e o transporte na cidade de Manaus, seus impactos na sociedade e sugestões de melhoria em vistas do desenvolvimento urbano, mesmo porque esta pesquisa foi um enfoque direcionado para um determinado problema, que atinge outras variáveis. Isso implica afirmar que o ciclo da pesquisa é contínuo, dinâmico e nunca se fecha, provocando sempre mais questões para estudos posteriores.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS - ANTP, 2004, **Súmula da 3ª reunião da comissão de integração de sistemas de transporte e desenvolvimento de terminais de passageiros**. Disponível em: <<http://www.antp.org.br>> Acesso em: 23 de Abr. de 2010.

AGÊNCIA REGULADORA DOS SERVIÇOS PÚBLICOS CONCEDIDOS DO ESTADO DO AMAZONAS – Arsam. **Divisão dos bairros em Manaus**. Disponível em:<http://www.arsam.am.gov.br/novo/files/images/NOVA_DIV_BAIRROS.geoprocessamento.jpg> Acesso em 23 Out. de 2011.

ALMEIDA, A. T. **Conhecimento e Uso de Métodos Multicritério de Apoio a Decisão**. Editora Universitária, 2009.

_____. **A Utilização de Métodos Multicritérios de Apoio a Decisão. Aplicações com Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão**. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife-PB, p.1-19. 2003.

ALMEIDA, A. T.; COSTA, A. P. C. S. **Modelo de decisão multicritério para priorização de sistemas de informação com base no método *Promethée***. Gestão & Produção, v. 9, n. 2, p. 201-214. 2002.

ALOUCHE, L. P. **Corredores urbanos de transporte para altas demandas**. Trabalho apresentado no Seminário: Soluções Integradas de Transporte, Porto Alegre-RS, 2007. Disponível em: <<http://www.cbtu.gov.br/eventos/serie/portoalegre/tendencias.pdf>> Acesso em: 03 de Ago. de 2010.

AL-RASHDAN, D.; KLOUB, B. DEAN, A.; AL-SHEMMERI T. ***Environmental impact assessment and ranking the environmental projects in Jordan. Theory and Methodology. European Journal of Operational Research***, v. 118, p. 30-45, 1999.

ANDRADE, J. P. **Planejamento dos Transportes**. Editora Universitária. Universidade Federal da Paraíba – UFPB. João Pessoa-PB, 192p. 1994.

ARIAS, Z. P. **Transporte coletivo público urbano: seleção de alternativas tecnológicas**. Dissertação de Mestrado em Ciências em Engenharia de Transporte, Instituto Militar de Engenharia – IME. Rio de Janeiro-RJ, 221p. 2001. Disponível em:<<http://transportes.ime.eb.br/MATERIALDEPESQUISA/DISSERTAÇÕES.htm>> Acesso em: 04 de Fev. de 2012.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS – NTU. **Integração em Transportes Públicos: uma análise dos sistemas integrados**. Brasília-DF, 1999.

AZAMBUJA, A. M. V. de. **Análise de eficiência na gestão do transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa

Catarina – UFSC. Florianópolis-SC, 410p. 2002. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PEPS2352.pdf>> Acesso em: 23 de Jun. de 2009.

BANA e COSTA, C. A. **Processo de apoio a decisão: problemáticas, atores e ações.** Apostila do Curso de Metodologias Multicritério em Apoio a Decisão ENE, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis-SC, 1995.

BANCO MUNDIAL. *Ciudade sem Movimento: revisão de La estrategia de transporte urbano del Banco Mundial.* Washington: Banco Mundial, 2002.

BARRETO, J.. **Um VLT no Centro.** Urbs, São Paulo, ano VII, n° 31, São Paulo, SP, p. 8-12, 2003.

BELTON, V.; STEWART, J. *Multiple criteria decision analysis – an integrated approach.* London: Kluwer Academic Publishers, 2002.

BENAYOUN, R., ROY, B., SUSSMAN, B. *Electre: unemethode pour guider le choix en presence de points de vue multiples,* Direction Scientifique, Nota de trabalho n° 49, SEMA , Paris – França , 1966.

BERTOZZI, P. P. & LIMA JR., O. F. **A qualidade no serviço de transporte público sob as óticas do usuário, do operador e do órgão gestor.** Revista dos Transportes Públicos – ANTP. São Paulo, ano 21, p. 53-61, out./dez. 1998.

BOUYSSOU, D. *Modeling Inaccurate Determination ,Uncertainty, Imprecision Using Multiple Criteria.* In: Lockett, a.g., Islei, G. (eds.) *Improving Decision Making in Organization,* Berlin: Springer, p. 78-87, 1989.

BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. **PROMETHEE – GAIA: une méthodologie d'aide à La décision en présence de critères multiples.** Bruxelles: Éditions de L'Université de Bruxelles, 2002.

BRANS, J. P.; VINCKE, P.; MARESCHAL, B. *How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method.* *European Journal of Operational Research,* v. 24, n. 2, p. 228-238, 1986.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. *A preference ranking organization method: the Prométhée method for multiple criteria decision making.* *Management Science,* v. 31, n. 6, 1985.

BRAZ, J. T.. **Um VLT para o centro.** Urbs. São Paulo, n° 32, São Paulo-SP, p. 44-45. 2003.

BRINCO, R. **Transporte Urbano em Questão.** Fundação de Economia e Estatística. Porto Alegre-RS, 1985.

BRUTON, M. J. **Introdução ao planejamento de transporte.** Tradução de João Bosco Furtado Arruda, Carlos Braune e César de Oliveira Neto. Rio de Janeiro: Editora Interciência e São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, RJ/SP, 206p. 1979.

CAIXETA-FILHO, J. V.; MARTINS, R. S. **Logística, transporte de carga, tomada de decisão em investimentos.** Editora: Atlas, 1ª Edição. São Paulo-SP, 2001.

CAMPOS FILHO, C. M. **Cidades Brasileiras: seu controle ou o caos – o que os cidadãos devem fazer para humanização das cidades no Brasil.** 2ª Edição. Studio Nobel, São Paulo-SP, 1992.

CARVALHO, C. H. R.. **Sistemas integrados de transporte: considerações e reflexões.** Aspectos econômicos e financeiros, grupo D, 2005.

Confederação Nacional dos Transportes - CNT. **O caminho para o transporte no Brasil: transporte de passageiros.** Centro de Estudos em Logística COPPEAD/UFRJ, Rio de Janeiro-RJ, p. 34-45 2002.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN. **Dados referentes à percentagem por tipo de veículos que entraram em circulação em 2011.** Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>> Acesso em: 10 de Jan. de 2012.

_____. **Dados referentes à frota de veículos no Brasil de 1980 a 2011.** Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>> Acesso em: 10 de Jan. de 2012.

EMPRESA MUNICIPAL DE TRANSPORTE URBANO – EMTU. **O ônibus e o desenvolvimento metropolitano.** A experiência da EMTU, 2002.

FALUDI, A. *Planning Theory.* Oxiford: Pergamon Press, 1973.

FERRAZ, A. C.P.; TORRES, I. G. E. **Transporte Público Urbano.** São Carlos: RIMA, São Carlos-SP, 2001.

FREDERICO, C. de S. **Do planejamento tradicional de transportes ao moderno plano integrado de transportes urbanos.** Editora Perspectiva, n.15, v.1, São Paulo-SP, 45-54p. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-88392001000100006&script=sci_arttext> Acesso em: 12 de Abr. de 2010.

GARTNER, I. R. **Avaliação Ambiental de projetos em bancos de desenvolvimento nacional e multilaterais: evidências e propostas.** Editora: Universa, Brasília-DF, 2001.

GEORGE, P. **Geografia Urbana.** Tradução Grupo de Estudos Franceses de interpretação e tradução. Editora Difel, São Paulo-SP, 236p. 1983.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa.** Editora: Atlas, São Paulo-SP, 2007.

GILBERT, A. *Bus Rapid Transit: is Transmilênio a miracle cure? Transport Reviews*, vol. 28, n° 4, 2008.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. **Tomada de decisão em cenários complexos: introdução aos métodos discretos de apoio multicritério à decisão.** Editora: Pioneira Thompson Learning, São Paulo-SP, 2004.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T.. **Tomada de decisão gerencial: Enfoque multicritério.** 3ª Edição. Editora: Atlas, Rio de Janeiro-RJ, 2009.

GOMES, L. F. M.; MOREIRA, A. M. M.. **Da informação à tomada de decisão: agregando valor através dos métodos multicritérios.** REICITEC, Recife, v. 2, n. 2, pp. 117-139, 1998. Disponível em: <www.fundaj.gov.br/rtec/res-001.html> Acesso em: 12 de Set. de 2011.

GUSSON, C. dos S. **Os novos bondes e a requalificação urbana**. 4º Concurso de Monografia CBTU 2008 – A Cidade nos Trilhos, 2008.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. Tradução: Lemos, H. L. Campus USP, São Paulo-SP, 1988.

HUTCHINSON, B. G. **Princípios de planejamento dos sistemas de transporte urbano**. Editora Guanabara Dois S. A., Rio de Janeiro-RJ, 1979.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Dados sobre o censo demográfico do Brasil de 1980 a 2011**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/default.shtm> Acesso em: 10 de Jan. de 2011.

_____. **Informações referentes à contagem da população brasileira 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/censo2010/dados_divulgados> Acesso em: 22 de Nov. de 2010.

_____. **Informações referentes às estimativas populacionais dos Municípios. Contagem da população de Manaus 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/censo2010/dados_divulgados> Acesso em: 22 de Nov. de 2010.

INSTITUTO MUNICIPAL DE TRÂNSITO E TRANSPORTE URBANO - IMTT. **Programa de Aperfeiçoamento do Transporte coletivo de passageiros no Município de Manaus**. Disponível em apostila. Publicado em 2003. Acesso em: 14 de Abr. de 2010.

_____. **Informações referentes à frota de ônibus que compõe o STCUO na cidade de Manaus**. Disponível em CD-ROM. Publicado em 2010. Acesso em: 14 de Abr. de 2011.

Inter American Agency for Cooperations and Development. **Os sistemas de transportes**. Aspectos organizacionais, 2006. Disponível em: <<http://www.sistemaredes.org.br/oficial/artigos.asp?codConteudo=133>> Acesso em: 12 de Abr. de 2010.

International Energy Agency. **Bus Systems for the Future: Achieving Sustainable Transport Worldwide**. 188p. 2002. Disponível em: <http://books.google.com.br/books/about/Bus_systems_for_the_future.html?id=O0pPAAAAMAAJ&redir_esc=y> Acesso em: 22 de Mar. de 2010.

JAIME LERNER ARQUITETOS ASSOCIADOS, **Avaliação comparativa das mobilidades de transporte público urbano - NTC**, 2009. Disponível em: <http://www.ntu.org.br/novosite/arquivos/AvaliacaoComparativa_web_semcapa.pdf> Acesso em: 12 de Set. 2011.

Jornal A Crítica. **Trânsito caótico. Situação vai piorar**. Edição do caderno cidade do jornal acrítica de domingo, 12 de Julho de 2009. p. c1. Manaus-AM, 2009.

JUNG, C. F. **Metodologia para pesquisa & desenvolvimento: aplicada a novas tecnologias, produtos e processos**. Axcel Books, Rio de Janeiro-RJ, 2004.

KELESOGLU, C. T. F. **A influência do tráfego urbano na qualidade do ar no Rio de Janeiro: o caso do ozônio troposférico**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de

Transporte da Universidade Federal do Rio de Janeiro COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro-RJ, 177p. 2008. Disponível em: <http://www.pet.coppe.ufrj.br/index.php/producao/teses-de-dsc/doc_download/92-a-influencia-de-trafego-urbano> Acesso em: 15 de Abr. de 2011.

KENNEDY, R. R. *Considering monorail rapid transit for north american cities. The Monorail Society*, 41p. 2007.

KRUGER, J. **Análise Institucional do Sistema de Transporte Coletivo da Cidade de Curitiba**. PUCPR, Curitiba-PR, 1993.

KUBY, M.; BARRANDA, A.; UPEHURCH, C. *Factors influencing light-rail station boardings in the United States. Transportation Research*. p. 223-247. 2004.

LACERDA, S. M. **Precificação de congestionamento e transporte coletivo urbano**. BNDES Setorial, n. 23, Rio de Janeiro-RJ, p. 85-100. 2006.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A.. **Fundamentos de metodologia científica**. 6ª Edição. Editora: Atlas, São Paulo-SP, 2007.

LIEBERMAN, E.R. *Soviet multi-objective mathematical programming methods: an overview. Management Science*, v. 37, n. 9, 1991.

LIMA, I. M. O. **O velho e o novo na gestão da qualidade do transporte urbano**. Editora: Edipro, São Paulo-SP, 1996.

LIMA, M. C. de. **O Ir e Vir Urbano: Uma análise sobre o transporte coletivo em Manaus entre 1980 e 2000**. Dissertação de Mestrado em Sociedade e Cultura da Amazônia da Universidade Federal do Amazonas – Ufam. Manaus-AM, 2005.

LINDAU, L. A.; ROSADO, A. B. **Os Transportes Públicos Urbanos e a Qualidade Total**. Revista dos Transportes, ano 14, 2º trimestre, ANTP n° 55, 1992.

MAGALHÃES, S. P. **O transporte coletivo urbano de Manaus: bondes, ônibus de madeira e metálicos**. Dissertação de Mestrado em Sociedade e Cultura da Amazônia da Universidade Federal do Amazonas Ufam, Manaus-AM, 2003.

MANUAL de *BRT. Bus Rapid Transit. Guia de Planejamento*. Publicado por: *Institute for Transportation & Development Policy*, Ministério das Cidades. Tradução: Arthur Szász, 2008.

MARESCHAL, B. & BRANS, J.P. *Geometrical representation for MCDM, the Gaia procedure. European Journal of Operational Research*, n.34, p. 69-77. 1988.

MARQUES. H. do N. **Um sistema de informações para usuários de transporte coletivo em cidades de médio porte**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo EESC-USP, São Carlos-SP, 106p. 1998.

MELLO, J. C. **Planejamento dos Transportes Urbanos**. Editora Campus, Rio de Janeiro-RJ, 1981.

MONORAIL SOCIETY. *Site*. Disponível em: <<http://www.monorails.org>> Acesso em: 12 de Nov. de 2010.

NAPIERALA, H. **Um modelo de otimização de redes troncais de transporte público urbano de passageiros**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis-SC, 2004.

NETO, A. D. **Consideração do meio virtual como alternativa ao deslocamento urbano em Florianópolis: uma utilização de matrizes de dominância difusa**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis-SC, 2004.

NORONHA, S. M. D. **Um modelo multicritérios para apoiar a decisão da escolha do combustível para alimentação de caldeiras usadas na indústria têxtil**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis-SC, 1998. Disponível em: <www.eps.ufsc.br/disserta98/noronha> Acesso em: 13 de Out. de 2010.

OLIVEIRA, R. C. de. **O Sistema de Trânsito de Ônibus Rápido (do inglês *BRT*) para a cidade de São Paulo**. Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade, vol 02, nº1, p.91-104. 14p. 2009. Disponível em: <<http://www.intertox.com.br/phocadownload/Revinter/v2n1/rev-v02-n01-06.pdf>> Acesso em: 26 de Abr. de 2011.

OLIVEIRA, U. J. de F. **Proposta de implantação de Sistema de Transporte de passageiros do tipo Monotrilho na Região Metropolitana de Vitória**. Apresentação do Projeto de Pesquisa - Slides. Instituto Federal do Espírito Santo – IFES. Curso de Pós-Graduação *latu-sensu* em Engenharia de Produção, 2010. Disponível em: <<http://gazetaonline.globo.com/midias/pdf/265819-4be40d8105684.pdf>> Acesso em: 15 de Dez. de 2011.

OLIVEIRA, U. J. de F.; ROSA, R. de A.; RESENDO, L. C.; LORENZONI, L. L. **Monotrilho – Uma opção de transporte público para a região Metropolitana da grande Vitória**. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – SBPO, Bento Gonçalves-RS, 2010.

PARRA, F. R. **Gestão do transporte público por ônibus: os casos de Bogotá, Belo Horizonte e Curitiba**. Dissertação de Mestrado em Gestão Urbana, Programa de Pós-Graduação em Gestão Urbana, Pontifícia Universidade Católica do Paraná PUC-PR, Curitiba-PR, 197p. 2005.

PEREIRA, L. C. de S.N. **Avaliação do desempenho de sistemas de ônibus urbanos**. Empresa Brasileira de Transportes Urbanos – EBTU, Edições. Brasília-DF, 1985.

PORTO JR, W. **Reflexão sobre a evolução dos transportes, o gerenciamento da demanda e a mobilidade sustentável**. VIII Congresso Nacional e V Congresso Internacional de Topografia. Santiago de Cali, Colômbia, p. 8-10. Disponível em CD-Rom, Publicado em 2002. Acesso em: 17 de Out. de 2010.

RODRIGUES, M. A. **Análise do transporte coletivo urbano com base em indicadores de qualidade**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia – UFU. Uberlândia-MG, 94p. 2008. Disponível em: <<http://www.ppgec.feciv.ufu.br/node/247>> Acesso em: 13 de Nov. de 2010.

ROY, B.; BOUYSSOU, D. *Aide multicritère à La décision: méthodes et cas*. Paris: Economica, p. 695. 1993.

SCARINGELLA, R. S. **A crise da mobilidade urbana em São Paulo**. São Paulo em Perspectiva, v.15, n.1. São Paulo-SP, p.55-9. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/spp/v15n1/8589.pdf>> Acesso em: 14 de Jan. de 2010.

SCHÄRLIG, A. *Pratiquer Electre et prométhée: um complément à décider sur plusieurs critères*. Lausanne: Press Polytechniques e Universitaires Romande, p. 173. 1996.

SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO – SEPLAN. **Projeto de mobilidade urbana: implantação do sistema de transporte urbano por Monotrilho**. 2009. Disponível em: CD-ROM. Slides. Publicado em 2009. Acesso em: 15 de Out. de 2010.

SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA – SEMINF. **Apresentação do itinerário do sistema BRT em Manaus**. Disponível em: CD-ROM, Slides. Publicado em 2009. Acesso em: 01 de Set. de 2010.

SILVA, A. M. V. de A. da.; MELGAREJO, L.; NOVAES, A. G. **Análise de eficiência no transporte urbano por ônibus em municípios brasileiros**. Artigo submetido ao XX Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte – ANPET, Anais de Congresso. Brasília-DF, 12p. 2006. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/ssat/interface/content/autor/trabalhos/publicacao/2006/139_AC.pdf> Acesso em: 15 de Fev. de 2010.

SOARES, S. R. **Análise multicritério com instrumento de gestão ambiental**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis-SC, 2003.

SOUZA, G. A. **Espacialidade urbana, circulação e acidentes de trânsito: O caso de Manaus – AM (2000 a 2006)**. Tese de Doutorado em Ciências em Engenharia de Transportes, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro-RJ, 2009.

SUPERINTENDÊNCIA MUNICIPAL DE TRANSPORTE URBANO – SMTU. **Dados referentes à idade média da frota de veículos na cidade de Manaus em 2011**. Manaus-AM, 2011. Disponível em: <www.smtu.manaus.am.gov.br> Acesso em: 02 de Jan. de 2012.

TYLER, N. *Accessibility and the Bus System: Concepts to Practice*. Institution of Civil Engineers – ICE. 1ª edição, Reino Unido, 2002.

VASCONCELLOS, E. A. **O que é Trânsito**. Coleção primeiros passos, 3ª edição revisada e ampliada. Editora: Brasiliense, São Paulo-SP, 120p. 1998.

_____. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas**. Editora Unidas, São Paulo-SP, 284p. 1996.

_____. **Transporte urbano, espaço e equidade: Análise das políticas públicas**. 3ª edição. Editora: Annablume, São Paulo-SP, 218p. 2001.

VERGARA, S. C.. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. 11ª edição. Editora: Atlas, São Paulo-SP, 2009.

VILAS BOAS, C. L. D. **Análise da aplicação de métodos multicritérios de decisão na gestão de recursos hídricos.** XVI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS, Anais. João Pessoa-PB, 2005.

VINCKE, P. H. *L'aide multicritère à la décision.* Bruxelles: Éditions de l'Université de Bruxelles, p. 179.1 989.

VINCKE, P. *Multicriteria decision-aid.* Bruxelles: John Wiley & Sons, 1992.

WAISMAN, J. **Avaliação de desempenho de sistemas de ônibus, em cidades de porte médio, em função de sua produtividade, eficiência operacional e qualidade dos serviços.** Tese de Doutorado em Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos EESC-USP, São Carlos-SP, 1985.

WRIGHT, P. L.; KROLL, M. J.; PARNELL, J. **Administração estratégica: Conceitos.** Editora: Atlas, São Paulo-SP, 2000.

XAVIER, G. N. A.; DIAZ, O. E.; PRADO, C. F.; SAGARIS, L. **SUSTRAN LAC Rede de Transporte Sustentável para a América Latina e o Caribe, Promovendo o Transporte Público, a Acessibilidade Universal, o Caminhar e o Pedalar.** XIV Congresso Latino Americano de Transporte Público – CLATPU. Rio de Janeiro-RJ, 12p. 2007. Disponível em: <http://www.cefid.udesc.br/arquivos/id_submenu/1122/artigo_sustran_lac_clatpu_2007.pdf> Acesso em: 26 de Abr. de 2011.

YAMASHITA, Y.; CRUZ, L. S. S.; DANTAS, A. S. **Estudo de demanda de transporte público urbano por ônibus sob o enfoque do sistema de informação geográfica e do sensoriamento remoto.** XIV Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte – ANPET, Anais de Congresso. Gramado-RS, p.47-58. 2000.

ZELNY, M. *Multiple criteria decision making.* New York: MacGraw-Hill, 1982.

ZUFFO, A. C. **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos.** Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos EESC-USP, São Carlos-SP, 1998.

ANEXO
FORMULÁRIO DE PESQUISA

Data: ____ / ____ / ____

Horário: _____

Objetivo: Levantar dados e informações sobre o transporte urbano coletivo da cidade de Manaus de modo geral.

Coordenação: Camila Feitoza Bagnaschi e Prof. Dr. Cláudio Dantas Frota – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Mestrado de Engenharia de Produção – Ufam.

Enquadramento: O Formulário se enquadra na proposta de Dissertação de Mestrado que tem como objetivo subsidiar o método *Promethée* na tomada de decisão no que se refere às escolhas dos critérios de avaliação na área de transporte urbano coletivo.

Empresa: **SUPERINTENDÊNCIA MUNICIPAL DE TRANSPORTE URBANO - SMTU**

Nome do responsável pelas Informações:

Cargo / Área de atuação:

Telefone / e-mail:.....

Questões:

1) Para a empresa, qual o melhor Sistema de Transporte Urbano Público Coletivo a ser implantado na cidade de Manaus? Por quê?

2) Comparar par a par os critérios abaixo relacionados colocando um X (conforme a escala de preferência apresentada) tendo em conta a sua relevância para a empresa no que se refere a decisão de escolha/implantação de um Sistema de Transporte Urbano Coletivo para a cidade de Manaus (Tabela de Avaliação 1).

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Dois atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Fraca importância de uma sobre a outra	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente uma atividade em relação à outra
5	Essencial ou forte importância	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância demonstrada	Uma atividade é fortemente favorecida e sua dominância é demonstrada na prática
9	Absoluta importância	Quando se deseja um maior compromisso

TABELA DE SAATY, ADAPTADA

3) Existe algum critério relevante na escolha do melhor sistema de transporte urbano coletivo para Manaus não relacionado na tabela de Avaliação 1?
