

**MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES**

**MARIANA DE PAIVA**

**IMPLANTAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS DE AUTOMÓVEIS  
E BICICLETAS INTEGRADOS AO TRANSPORTE PÚBLICO**

**Rio de Janeiro**

**2008**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

**MARIANA DE PAIVA**

**IMPLANTAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS DE AUTOMÓVEIS  
E BICICLETAS INTEGRADOS AO TRANSPORTE PÚBLICO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Vânia Barcellos Gouvêa Campos, D.Sc.

Rio de Janeiro

2008

c 2008

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha

Rio de Janeiro – RJ CEP: 22.290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

P149 Paiva, Mariana de  
Implantação de Estacionamentos de Automóveis e Bicycletas Integrados ao Transporte Público / Mariana de Paiva – Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2007.

167 p.: il., tab.

Dissertação (mestrado) – Instituto Militar de Engenharia – Rio de Janeiro, 2008.

1. Transporte Urbano. 2. Integração Modal. 3. Estacionamento para Automóveis. 4. Bicycletas I. Título. II. Instituto Militar de Engenharia.

CDD 388.4

**INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA**

**MARIANA DE PAIVA**

**IMPLANTAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS DE AUTOMÓVEIS  
E BICICLETAS INTEGRADOS AO TRANSPORTE PÚBLICO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Vânia Barcellos Gouvêa Campos – D. Sc.

Aprovada em 29 de fevereiro de 2008 pela seguinte Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Vânia Barcellos Gouvêa Campos – D. Sc. do IME - Presidente

---

Prof. Márcio de Almeida d'Agosto – D. Sc. da COPPE

---

Prof. Ronaldo Balassiano – Ph.D. da COPPE

Rio de Janeiro

2008

Dedico este trabalho aos meus pais, Polybio José e Maria Teresinha, e aos meus irmãos que sempre me apoiaram.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por ter me dado a oportunidade de realizar um sonho.

À minha família, que sempre acreditou na conclusão deste trabalho, pelo carinho à distância, o constante incentivo, paciência, compreensão e apoio nos momentos que eu mais precisei.

Ao Instituto Militar de Engenharia por reunir excelentes condições, através de seu corpo docente, para apoio à realização desta dissertação.

Em especial, à minha orientadora professora Vânia Barcellos Gouvêa Campos, pela orientação, constante incentivo, sempre indicando o caminho a ser seguido nos momentos de dificuldade. Agradeço ainda a análise rigorosa e afetuosa de cada capítulo, as sugestões, os esclarecimentos e os comentários sempre pertinentes e que espero ter aproveitado.

Agradeço também a todos os demais professores, funcionários e alunos do Instituto Militar de Engenharia que contribuíram para a realização desta dissertação, dando-me força, incentivo e principalmente, acreditando ser possível a realização deste trabalho.

Aos professores da Universidade Federal de Minas Gerais, Heloisa Maria Barbosa. e Ronaldo Guimarães Gouvêa que fizeram surgir em mim a paixão pela Engenharia de Transportes e me incentivaram a continuar estudando.

Aos membros da banca pela gentileza em aceitar o convite para examinar este trabalho.

A todos os meus colegas de Mestrado pelo prazer de suas amizades, conversas e trocas de conhecimentos. Obrigada ao Ávila, André, Bruno, Cazelli, Clauber, Diniz, Guerson, Marcela, Marcelo, Renato, Ricardo e Sabrina.

As minhas amigas do Pensionato Santa Rosa de Lima, em especial Mirtes, Nilza, Hazel, Samara, Ana Paula e Irmã Terezinha que partilharam com palavra amiga e incentivo sempre. Obrigada meninas!

“Nestes tempos de grandes mudanças, aqueles que aprendem herdarão o futuro. Os que acreditam que já sabem vivem em um mundo que já não existe.”

ERIC HOFFER



## SUMÁRIO

lista De Ilustrações .....	11
Lista De Tabelas .....	13
Lista De Siglas .....	16
<b>1. Introdução .....</b>	<b>19</b>
1.1 O Problema .....	19
1.2 Objetivos.....	20
1.3 Justificativa .....	20
1.4 Estrutura Do Trabalho .....	22
<b>2. Integração De Sistemas De Transporte Público.....</b>	<b>23</b>
2.1 Considerações Iniciais.....	23
2.2 Conceitos E Definições Básicas .....	23
2.3 Objetivos E Benefícios Da Integração .....	24
2.4 Implantação De Um Sistema Integrado .....	26
2.5 Tipos De Integração .....	27
2.6 Estações De Integração .....	34
2.7 Fatores Que Influenciam Na Determinação De Locais De Integração .....	35
2.8 Exemplos De Sistemas Integrados No Brasil E No Exterior .....	39
2.9 Considerações Finais .....	45
<b>3. Estacionamentos Para Automóveis.....</b>	<b>47</b>
3.1 Considerações Iniciais.....	47
3.2 Estacionamentos Em Áreas Urbanas .....	47
3.3 Características Dos Estacionamentos Para Veículos Automotores Em Áreas Específicas .....	49

3.3.1	Estacionamentos Conforme Classificação das Vias e da Área em que se Encontram .....	51
3.3.2	Em Áreas Residenciais.....	52
3.3.3	Em Áreas Comerciaisde Bairro .....	53
3.3.4	Na Área Central.....	54
3.3.5	Em Áreasde Lazer .....	55
3.3.6	Em Escolas.....	56
3.3.7	Em Áreas Industriais.....	56
3.3.8	Em Terminais de Integração/Baldeação.....	57
3.4	Localização de Estacionamento Integrado (Park And Ride).....	60
3.5	Tempo no Estacioanemento, Período Crítico e Rotatividade .....	62
3.6	Demanda de Estacionamento .....	63
3.7	Considerações Finais .....	67
<b>4.</b>	<b>SISTEMA CICLOVIÁRIO.....</b>	<b>68</b>
4.1	Considerações Iniciais.....	68
4.2	Componenetes de um Sistema Ciclovíario .....	68
4.2.1	As Bicicletas .....	69
4.2.2	Vias de Circulação De Bicicletas .....	72
4.2.3	Tipos de Estacionamentos .....	79
4.2.4	Localização dos Estacioanemtos .....	81
4.2.5	Demanda Por Estacionamento.....	82
4.2.6	Desenho E Instalações.....	83
4.3	Integração da Bicicleta com o Transporte Público.....	86
4.4	O Uso das Bicicletas no Brasil e no Exterior .....	88
4.5	Considerações Finais .....	93
<b>5.</b>	<b>MÉTODOS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO.....</b>	<b>94</b>
5.1	Considerações Iniciais.....	94
5.2	A Análise Multicritério .....	95
5.3	Classificação dos Métodos Multicritérios .....	96

5.3.1	Métodos de Agregação a um Critério Único de Síntese (Escola Americana) .....	97
5.3.2	Métodos de Subordinação (Outranking) e Síntese da Escola Francesa .....	98
5.3.3	Métodos Interativos ou de Programação Matemática Multiobjetivo .....	99
5.4	Métodos de Análise Multicritérios Utilizados na Área de Transporte .....	99
5.4.1	AHP ( <i>Analytic Hierarchy Process</i> ) – Processo de Análise Hierárquica .....	100
5.4.2	Tomada de Decisão Interativa e Multicritério – TODIM .....	106
5.4.3	ELECTRE ( <i>Elimination Et Choix Traduissant La Réalité</i> ) .....	110
5.5	Considerações Finais .....	115
<b>6.</b>	<b>PROCEDIMENTO DE APOIO À IMPLANTAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS PARA INTEGRAÇÃO MODAL .....</b>	<b>117</b>
6.1	Considerações Iniciais .....	117
6.2	Critérios de Análise sob o Ponto de Vista dos Usuários .....	117
6.2.1	Usuários de Automóveis .....	118
6.2.2	Usuários de Bicicletas .....	124
6.3	Estrutura do Procedimento para Implantação de Estacionamentos .....	125
6.3.1	Etapa 1: Seleção dos Locais para Implantação de Estacionamentos .....	125
6.3.2	Etapa 2 – Avaliação dos Critérios e Subcritérios Relacionados com os Usuários .....	128
6.3.3	Etapa 3 – Escolha do Local para Implantação dos Estacionamentos .....	135
6.4	Diretrizes de Projeto .....	141
6.5	Considerações Finais .....	142
<b>7.</b>	<b>AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS PROPOSTOS .....</b>	<b>143</b>
7.1	Considerações Iniciais .....	143
7.2	Pesos dos Critérios e Subcritérios sob o Ponto de Vista dos Usuários de Automóveis .....	143
7.3	Pesos dos Critérios e Subcritérios sob o Ponto de Vista dos Usuários de Bicicletas .....	148
7.4	Comparação dos Pesos Obtidos para Automóveis e Bicicletas .....	153
7.5	Considerações Finais .....	154

<b>8.</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	155
8.1	Conclusões.....	155
8.2	Recomendações.....	157
<b>9.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	158
<b>10.</b>	<b>APÊNDICE</b> .....	164
10.1	Apêndice 1.....	165
<b>11</b>	<b>ANEXO</b> .....	166
11.1	Anexo 1 .....	167

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIG. 2.1	Estação Tubo – Curitiba .....	29
FIG. 2.2	Terminais e Estações Tubo .....	40
FIG. 2.3	Metropass e Weekly .....	42
FIG. 2.4	Pontos de Integração.....	43
FIG. 2.5	Bilhete para integração – Transfer.....	43
FIG. 2.6	Porta Bicicletas em ônibus .....	44
FIG. 3.1	Park and Ride .....	57
FIG. 3.2	Tempo médio no estacionamento e população Urbana .....	62
FIG. 3.3	Dimensões de Vagas e Faixa de acesso à vaga .....	66
FIG. 4.1	Faixa Compartilhada - Lagoa Rodrigo de Freitas - Rio de Janeiro.....	72
FIG. 4.2	Ciclofaixa .....	73
FIG. 4.3	Posições para Implantação de Ciclofaixa .....	74
FIG. 4.4	Largura de uma ciclofaixa comum .....	75
FIG. 4.5	Ciclovia .....	76
FIG. 4.6	Paraciclos .....	80
FIG. 4.7	Bicicletários .....	81
FIG. 4.8	Estacionamento em Forma de A. ....	83
FIG. 4.9	Estacionamento tipo U invertido .....	84
FIG. 4.10	Paraciclo do tipo Grelha .....	84
FIG. 4.11	Estacionamento do tipo Pátio .....	85
FIG. 4.12	Estacionamento do tipo Onda.....	85
FIG. 4.13	Estacionamentos: Grade .....	86
FIG. 4.14	Ciclobus - Cuba .....	90

FIG. 4.15	Copenhagen (Metrô) – Holanda (Trem).....	90
FIG. 4.16	Espaço destinado para bicicletas, Rouen – França.....	90
FIG. 5.1	Fluxo de Processamento dos modelos de Critério Único .....	98
FIG. 5.2	Modelo de Estrutura do método AHP .....	101
FIG. 5.3	Escala de comparação de critérios.....	102
FIG. 5.4	a é preferível a b.....	111
FIG. 5.5	a é indiferente a b.....	111
FIG. 6.1	Fluxograma para seleção das alternativas .....	126
FIG. 6.2	Estrutura Hierárquica.....	136
FIG 6.3	Pesos obtidos para o Problema de Localização dos Estacionamentos .....	140
FIG 7.1	Peso Resultante dos Subcritérios referentes à Transferência (Usuários de automóveis) .....	144
FIG. 7.2	Peso Médio dos Subcritérios referentes ao Transporte Público (Usuários de automóveis) .....	145
FIG. 7.3	Peso dos Critérios: Transferência e Transporte Público (Usuários de automóveis) .....	146
FIG. 7.4	Peso Médio dos Subcritérios referentes à Transferência (Usuários de bicicletas).....	149
FIG. 7.5	Peso Médio dos Subcritérios referentes ao Transporte Público (Usuários de bicicletas).....	150
FIG. 7.6	Peso dos Critérios: Transferência e Transporte Público (Usuários de Bicicletas) .....	151

## LISTA DE TABELAS

TAB 3.1	Classificação dos Estacionamentos .....	51
TAB. 4.1	Tráfego horário e largura efetiva para pista unidirecional.....	77
TAB 4.2	Tráfego horário e Largura efetiva para Pista Bidirecional.....	78
TAB. 4.3	Declividades de Rampa para Bicicletas segundo o desnível.....	79
TAB. 4.4	Porcentagem de viagens diárias utilizando ciclovias .....	89
TAB. 5.1	Escala de comparação de critérios proposta por Saaty.....	102
TAB. 5.2	Tabela de Índice Randômico .....	105
TAB. 5.3	Valores de RC para analisar a Consistência .....	106
TAB 5.4	Comparação de desempenho ente os métodos AHP, TODIM e ELECTRE .....	114
TAB. 6.1	Crítérios de análise de implementação de estacionamento para automóveis .....	118
TAB. 6.2	Parâmetros para avaliação do Tempo de Transbordo.....	119
TAB. 6.3	Parâmetros para avaliação da distância de acesso.....	119
TAB. 6.4	Parâmetros para avaliação da distância de caminhada .....	120
TAB. 6.5	Parâmetro para avaliação da headway dos ônibus .....	121
TAB. 6.6	Parâmetro para Tempo de Viagem.....	121
TAB. 6.7	Parâmetro para avaliação da regularidade do Transporte Público (em %) .....	122
TAB. 6.8	Parâmetro para avaliação da lotação dos ônibus .....	123
TAB. 6.9	Parâmetros para implantação de estacionamento para bicicletas sob o ponto de vista do usuário .....	124
TAB. 6.10	Nível de Serviço.....	127
TAB. 6.11	Comparação dos subcritérios referentes à transferência sob o ponto de vista dos usuários do automóvel.....	129

TAB. 6.12	Normalização da matriz de comparação dos subcritérios referentes à transferência sob o ponto de vista dos usuários do automóvel .....	129
TAB. 6.13	Pesos dos subcritérios referentes à transferência .....	130
TAB. 6.14	Avaliação da Consistência da Matriz .....	130
TAB. 6.15	Resultados da verificação da consistência para os parâmetros referentes à transferência .....	131
TAB. 6.16	Julgamento dos subcritérios referentes ao transporte público.....	131
TAB. 6.17	Pesos dos subcritérios referentes ao Transporte Público.....	132
TAB. 6.18	Resultados da verificação da consistência para os parâmetros referentes ao transporte público .....	132
TAB. 6.19	Comparação dos critérios referentes à transferência e ao transporte público .....	132
TAB. 6.20	Pesos dos critérios referentes à Transferência e ao Transporte Público .....	133
TAB. 6.21	Normalização dos valores de cada subcritério .....	134
TAB. 6.22	Exemplo: Hierarquização das opções sob o ponto de vista dos usuários .....	134
TAB. 6.23	Matriz de Decisão .....	137
TAB. 6.24	Matriz Normalizada.....	137
TAB. 6.25	Vetor Prioridade.....	137
TAB. 6.26	Características das opções .....	138
TAB. 6.27	Matriz de Comparação das opções segundo a Oferta.....	138
TAB. 6.28	Matriz de Comparação das opções segundo a Demanda .....	138
TAB. 6.29	Matriz de Comparação das opções segundo o Índice do Usuário.....	139
TAB. 6.30	Matriz de Comparação das opções segundo o Custo .....	139
TAB. 6.31	Características de Projeto das Estações de Integração .....	141



TAB. 7.1	Peso dos Subcritérios referentes à Transferência (Usuários de automóveis) .....	143
TAB. 7.2	Peso dos Subcritérios referentes ao Transporte Público (Usuários de automóveis) .....	144
TAB. 7.3	Peso dos critérios Transferência e Transporte Público (Usuários de automóveis) .....	145
TAB. 7.4	Peso geral de cada subcritério (Usuários de automóveis).....	146
TAB. 7.5	Hierarquização dos Subcritérios (Automóveis).....	147
TAB 7.6	Desvio Padrão dos Critérios e Subcritérios (Usuários de Automóveis) .	148
TAB. 7.7	Peso dos Subcritérios referentes à Transferência (Usuários de bicicletas).....	149
TAB. 7.8	Peso dos Subcritérios referentes ao Transporte Público (Usuários de bicicletas).....	150
TAB. 7.9	Peso dos critérios Transferência e Transporte Público (Usuários de Bicicletas) .....	151
TAB. 7.10	Peso geral de cada subcritério (Usuários de Bicicletas).....	152
TAB 7.11	Hierarquização dos Subcritérios (Bicicletas) .....	152
TAB 7.12	Desvio Padrão dos Critérios e Subcritérios (Usuários de Bicicletas) .....	153
TAB. 7.13	Comparação dos Pesos: Usuários de Automóveis e Bicicletas.....	154

## LISTA DE SIGLAS

AHP	( <i>Analytic Hierarchy Process</i> ) – Processo de Análise Hierárquica
ANPET	Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CBD	(Central Business District) - Área Central de Negócios
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CLAPTU	Congresso Latino Americano de Transporte Público e Urbano
COE	Código de Obras e Edificações
COPPE	Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia
DLR	Docklands Light Railway
FETRANSPOR	Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro
GEIPOT	Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
MAH	Método de Análise Hierárquica
NTU	Associação Nacional de Empresas de Transporte Urbano
RC	Razão de Consistência
RM	Região Metropolitana
SIT	Sistema Integrado de Transporte
SP	São Paulo
LASTRAN	Laboratório de Sistemas de Transportes
TfL	Transport For London
TRB	Transportation Research Board
TOD	(Transit Oriented Development) – Desenvolvimento Orientado para o Transporte
TODIM	Tomada de decisão Interativa e Multicritério
TTC	Toronto Transit Commission
VLT	Veículo Leve sobre Trilhos
VKM	Veículo quilômetro

## RESUMO

Neste trabalho propõe-se um procedimento para implantação de estacionamento de automóveis e bicicletas para integração com o transporte público com o objetivo de subsidiar a tomada de decisão quanto à escolha do local mais adequado. Para tal, foi realizada uma pesquisa sobre integração entre os modos de transporte onde são apresentados os objetivos, os benefícios, as classificações e os fatores que influenciam na escolha do local de integração. Além disso, são apresentados alguns exemplos de cidades que adotaram a integração modal e apresentaram sucesso.

O trabalho também aborda a questão dos estacionamentos em áreas urbanas, em especial do “*park and ride*” que são terminais de integração do automóvel com o transporte público.

Outra forma de integração estudada foi da bicicleta com o transporte público. Por isso, foram apresentadas as vantagens e desvantagens da utilização desse modo de transporte, os componentes do sistema cicloviário e os fatores como localização, demanda e segurança dos estacionamentos de bicicletas.

No procedimento foi utilizado o método de análise multicritério AHP (Analytic *Hierarchy Process*) para a escolha do melhor local para implantação dos estacionamentos integrados.

## ABSTRACT

In this dissertation is proposed a procedure for implanting a parking for cars and bicycles to the integration with the public transport which has the objective of aiding in the decision of choosing the better place to locate them. For such, it was made a research about integration between the transport's modes where are presented the objectives, the benefits, the classifications and the factors that influence in the localization of the integration. Moreover, are presented some examples of cities that adopted a modal integration and these positives aspects.

This dissertation also presents the possibilities of parking in urban areas, in special the "park and ride" that are stations for the integration between cars and public transport.

The integration between bicycles and the public transport was also studied. Therefore, it was presented vantages and disadvantages of this transport's mode, the components of the cycling system and the factors like localization, demand and security of the bicycle's parkings.

In the proposed procedure, is used the AHP method (Analytic Hierarchy Process) for the identification of the better place for locating the parking for integration.

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 O PROBLEMA

O acelerado crescimento da população aliado à popularização dos automóveis contribui para uma série de problemas nas cidades dos países emergentes, entre eles o Brasil. A queda da mobilidade e da acessibilidade, a degradação das condições ambientais, os congestionamentos, a falta de espaço para estacionamentos e os altos índices de acidentes de trânsito são alguns desses problemas. Isto acaba comprometendo não apenas a saúde humana, mas também a qualidade de vida da população urbana.

A situação se agrava quando as cidades crescem e o processo de urbanização evolui sem que seja disponibilizada infra-estrutura mínima para sua sustentabilidade.

A construção e expansão das vias e dos estacionamentos melhoram as condições do tráfego após o término das obras e inauguração, mas com o passar do tempo o tráfego volta ao estado em que se encontrava anteriormente. Essas medidas além de inadequadas sob ponto de vista econômico e ambiental ainda recaem sobre a questão da falta de espaço. Surge daí a necessidade de reduzir o número de veículos que circulam nas vias, principalmente nas áreas centrais.

A integração de sistemas de transporte é considerada como uma das formas de se promover um aumento da mobilidade urbana, pois, em alguns casos, aumenta as possibilidades de deslocamentos, reduz custos e o número de veículos em circulação.

Neste trabalho será estudada a integração da bicicleta e do automóvel com o transporte público. Nos dois casos há necessidade dos estacionamentos, pois os usuários da bicicleta ou do automóvel vão até a estação de integração com seus veículos, estacionam e prosseguem a viagem utilizando o transporte público.

A bicicleta ainda apresenta a vantagem de ser um modo de transporte não poluente e a implantação desses estacionamentos acabam incentivando o uso do transporte não motorizado.

Essas opções têm sido consideradas de menor custo e mais flexíveis quando comparadas com a ampliação ou construção de novas vias. Além disso, elas melhoram a qualidade de vida da população, pois reduzem os problemas ambientais causado pelo acúmulo de veículos particulares em circulação em vias saturadas.

## 1.2 OBJETIVOS

Esta dissertação tem por objetivo desenvolver um procedimento de apoio para implantação de estacionamentos de automóveis e bicicletas para integração com o transporte público visando a escolha de um local para implantação dos mesmos. Como sub-objetivos têm-se:

- Caracterização e análise de sistemas integrados com o transporte público;
- Caracterização de estacionamento para automóveis e do sistema ciclovitário;
- Revisão bibliográfica sobre os Métodos de Análise Multicritério como apoio a tomada de decisão.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A poluição atmosférica, as condições do trânsito e a qualidade de vida da população estão cada dia piores e sem sinais de melhora. Parte disso, é consequência do desenvolvimento urbano que favorece o uso do automóvel em detrimento ao uso de outros meios de transporte que apresenta inúmeros benefícios, como é o caso das bicicletas.

A bicicleta possibilita seus usuários atingirem vários destinos quando integrada à outros modos, como metrô, trem, ônibus etc. Ela também é considerada um modo de transporte sustentável, ou seja, “um transporte que não coloca em perigo a saúde pública e os ecossistemas e que respeita as necessidades de mobilidade” (RUAVIVA, 2006).

Segundo ANTP/BNDES (2007(a)), “caminhar e andar de bicicleta, além de serem modos de transporte eficientes em relação ao consumo de energia, vão ao encontro de atuais demandas ecológicas, ambientais e sanitárias”. A redução de veículos em circulação diminui a emissão de gases poluentes, os índices de ruídos e a poluição visual nos grandes centros.

A implantação de estacionamentos para bicicletas em terminais de integração com outros meios de transporte pode favorecer a utilização desse modo. Isso pode acarretar na redução do número de veículos motorizados em circulação, principalmente nos centros urbanos, pois a população que reside próximo dos terminais de integração podem utilizar este sistema. Além disso, a integração entre esses modos de transporte pode melhorar a acessibilidade de toda a população, em especial dos mais desfavorecidos.

As bicicletas também oferecem benefícios sociais como flexibilidade, aumento da mobilidade e da qualidade de vida e inclusão social para os usuários.

No caso da integração do automóvel com o transporte público uma justificativa para a realização deste trabalho é a escassez cada vez maior de espaço viário para estacionamento nas áreas centrais e, principalmente, a saturação das vias em função do aumento do número de veículos que buscam estes estacionamentos. Estes problemas podem ser mitigados com a implantação desses estacionamentos.

O transporte público coletivo é uma alternativa em substituição ao automóvel que visa a melhoria da qualidade de vida da comunidade mediante a redução de congestionamentos e acidentes no trânsito.

Além disso, a redução do número de veículos circulando nos centros urbanos devido à implantação desses estacionamentos, reduz o tempo gasto para circulação de pessoas e melhora a acessibilidade de toda a população.

Outra justificativa refere-se à questão ambiental. A redução de veículos em circulação diminui a emissão de gases poluentes, os índices de ruídos e a poluição visual nos grandes centros.

Além disso, esse trabalho vai ao encontro das diretrizes do Ministério da Cidade que “no processo de implantação de Política de Mobilidade Urbana para a construção de Cidades Sustentáveis, busca a inclusão social, a sustentabilidade ambiental, a gestão participativa e a equidade no uso do espaço público”.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para atingir o objetivo mencionado, este trabalho foi desenvolvido em oito capítulos, conforme se descreve a seguir.

No Capítulo 1 apresenta-se o problema a ser estudado, seu objetivo e justificativas.

No Capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica sobre integração dos sistemas apontando seus objetivos, classificações entre outros.

No Capítulo 3 são caracterizados os estacionamentos para automóveis em áreas públicas. Além disso, esse capítulo ainda menciona algumas características que influenciam a localização dos estacionamentos integrados.

No Capítulo 4 é realizada uma revisão bibliográfica sobre o sistema cicloviário que contém: os componentes do sistema cicloviário, as vantagens e desvantagens em utilizar as bicicletas e os estacionamentos de bicicletas.

No Capítulo 5 são apresentados os Métodos de Apoio à Tomada de Decisão enfatizando aqueles utilizados na área de transporte.

No Capítulo 6 é apresentado um procedimento para implantação de Estacionamentos para Integração Modal;

No Capítulo 7 são avaliados os resultados da pesquisa realizada com usuários de automóveis e bicicletas.

No Capítulo 8 são apresentadas as conclusões do trabalho e as recomendações e sugestões para outros estudos.



## 2. INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

### 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A integração entre os modos de transporte é uma forma de melhorar a acessibilidade e a qualidade de vida da população que vive nos grandes centros urbanos

Neste capítulo são abordados alguns aspectos importantes para a integração dos modos de transporte tais como seus objetivos, benefícios, classificações e localização. Além disso, são apresentados exemplos de sucesso desta integração em cidades do Brasil e do exterior.

### 2.2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES BÁSICAS

A integração entre sistemas de transporte ocorre quando, para complementar uma viagem o usuário tem como opção fazer a troca de modo em uma estação ou terminal.

A ANTP (2004) define integração com sendo “uma das formas de organizar os sistemas de transporte público, buscando a racionalização, a melhoria da mobilidade e a redução de custos”. (NABAIS, 2005)

Para EGUIGUREM (1989) *apud* CARVALHO (2005), a integração busca a otimização racional das combinações dos modos de transporte, de forma a adequá-las para que funcionem como um todo, para melhor servir o usuário, aproveitando as diferentes características de cada modo. Um exemplo disso é a flexibilidade de um ônibus ou microônibus, complementada com a rapidez do metrô ou do trem, para um único deslocamento.

Segundo SAMPAIO (2001) *apud* NABAIS (2005), a integração está presente na interligação entre transporte individual e o transporte coletivo, ou entre modos de transporte coletivo.

Para a NTU, 1999 (Associação Nacional de Empresas de Transporte) integração é uma série de medidas de natureza físico-operacional, institucional e tarifária com o objetivo de articular e racionalizar os serviços de transporte público. Não tratando apenas de uma técnica de estruturação de redes de transporte no plano físico e operacional, mas também outras formas específicas de tarifação dos serviços (tarifária) e de organização da gestão (institucional).

Integração para o transporte público é a necessidade de utilização de mais de um veículo para completar a viagem independente da necessidade de cobrança de tarifa suplementar (NABAIS, 2005). Assim, pode ser considerada integração física os seguintes exemplos:

- Ônibus-ônibus: quando, em uma estação, passam várias linhas de ônibus;
- Metrô-ônibus: quando existe uma parada de ônibus, uma estação ou um terminal de ônibus próximo a uma estação de metrô;
- Metrô-carro: quando existe estacionamento para automóveis e peruas próximo a uma estação de metrô;
- Metrô-carro-bicicleta: quando existe estacionamento para bicicletas, peruas e automóveis próximos à estação de metrô;
- Carro-ônibus: quando existe estacionamento para carros próximo a um terminal ou a uma estação de ônibus;
- Ônibus-carro-bicicleta: quando há estacionamento para as bicicletas e automóveis próximos a um terminal ou a uma estação de baldeação. Além desses estacionamentos, as bicicletas podem ser presas em postes, passarelas, grades próximas das estações de integração.

### 2.3 OBJETIVOS E BENEFÍCIOS DA INTEGRAÇÃO

Segundo VASCONCELLOS (2002) *apud* CARVALHO (2005), os objetivos da integração são:

- Eliminar duplicações desnecessárias e estender a disponibilidade de serviços;

- Operar todos os serviços de transporte, seja ele público ou privado, como se pertencessem a um único sistema em uma determinada área;
- Gerar benefícios não apenas operacional como também em estratégias de marketing, melhorias de condições viárias, etc.
- Permitir o usuário de transporte de viajar para qualquer lugar na comunidade pagando uma única tarifa, transferindo eficaz e confortavelmente entre diferentes modos e serviços.

Para SERVANT (1990) *apud* VILLELA (2004), “os principais objetivos da integração dos meios de transporte coletivo são a redução dos custos de investimento e operação, a melhoria da atratividade dos transportes coletivos e a redução dos congestionamentos e poluição em função da redução do número de veículos em circulação”.

A integração dos sistemas de transporte garante maior acessibilidade aos usuários além de racionalizar a oferta dos serviços de transportes. Dependendo da forma de sua implantação a integração, principalmente com o transporte individual, tem como conseqüências:

- Diminuição dos congestionamentos;
- Redução do número de veículos que entra na área crítica;
- Redução da emissão de gases poluentes;
- Redução de estacionamento ilegais;
- Redução dos prêmios de seguro de automóveis. Muitas seguradoras estipulam suas taxas na quilometragem percorrida pelo veículo e no motivo da viagem;
- Redução dos gastos com combustível devido à redução das viagens à trabalho;
- Redução dos gastos dos usuários com transferências de linhas;
- Redução da depreciação dos veículos particulares em função da redução da quilometragem percorrida;
- Redução dos gastos com pedágio;
- Redução dos tempos de viagem, proporcionando conforto aos usuários;

- Redução do tempo de espera;
- Redução do tempo de caminhada para acessar o outro veículo;
- Diminuição do consumo de energia;
- Melhoria da acessibilidade para as viagens à trabalho;
- Redução da necessidade de espaço destinado a estacionamento nos centros urbanos;
- Redução das taxas de acidente devida à redução do volume de veículos circulando;
- Redução dos conflitos entre a circulação de pedestres e o estacionamento de veículos nas vias;
- Aumento na arrecadação das tarifas de transporte público com o aumento da participação do mesmo como modo de viagem;
- Facilitar o acesso dos usuários às linhas de alta capacidade.

## 2.4 IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA INTEGRADO

A implantação de sistema integrado deve ser considerada quando as cidades apresentam situações como os mencionados a seguir:

- Começam a surgir diversos pontos de destino de viagens e não apenas a área central. Isto causa um aumento de transferências no centro da cidade para conclusão da viagem e desequilíbrio dos fluxos de passageiros;
- Mesmo otimizadas operacionalmente, as linhas radiais e diametrais não conseguem satisfazer os desejos dos usuários;
- Um modo de transporte não atende toda demanda existente;
- Uma parcela significativa dos usuários utiliza várias conduções para chegar a seus destinos;
- O sistema começa a apresentar custos elevados para atender a demanda satisfatoriamente na maioria dos deslocamentos.

Além destes existem outros fatores que dificultam a integração entre os modos de transporte, tais como: a implantação de sistemas de bilhetagem automática com tecnologias incompatíveis nos diferentes modos, a concorrência entre os modos de transporte, o alto custo para implantação e manutenção de terminais de integração, a possibilidade de acréscimo no tempo total de viagem em função da distância do terminal à rota que era percorrida antes da implantação da integração e o desconforto provocado pela necessidade de transbordo.

A maior ou menor dificuldade no transbordo influencia negativa ou positivamente no desempenho do sistema como um todo, podendo levar, em caso negativo, a um fracasso total (RIBEIRO, 1980). Quando as operações de transferência são desconfortáveis e demoradas os usuários acabam escolhendo outra opção para sua viagem, quando possível.

ANTP/BNDES (2007 (a)) comentam que “para elaboração de estudos, planos e para a implantação de uma rede integrada racional, é preciso que os órgãos gestores se juntem, prevalecendo o interesse público, e solucionem institucionalmente a gestão do transporte no espaço metropolitano”.

## 2.5 TIPOS DE INTEGRAÇÃO

Para NABAIS (2005), a integração de transportes pode ser classificada quanto ao objetivo de transporte, ao número de modalidades, a dimensão da integração e outras. A seguir estão descritas estas classificações.

- Objetivo de Transporte:

A integração ocorre tanto no transporte de passageiros quanto no de cargas. Neste trabalho a integração refere-se apenas ao transporte público urbano de passageiros.

- Número de Modalidades:

Se durante o percurso o usuário utilizar apenas um tipo de transporte, independente do número de transferências trata-se do transporte unimodal ou intramodal. Caso seja necessário mais de um tipo de transporte (ônibus para trem, trem para avião, avião para navio, bicicleta para ônibus, etc.) a integração é denominada multimodal ou intermodal.

- Dimensões da Integração:

A integração é chamada **Operacional** quando existe coordenação da operação entre os modos utilizados de forma a minimizar o tempo de espera do passageiro durante a transferência. Os principais aspectos tratados neste tipo de integração são referentes ao horário e frequência de viagens.

A integração operacional é importante para que haja um bom funcionamento do sistema integrado, aumentando a credibilidade por parte dos usuários. Caso não exista uma coordenação entre os modos de transportes utilizados na integração, os passageiros podem perder o tempo que ganharam, por exemplo, com a utilização das linhas troncais de maior velocidade.

A integração é considerada sincronizada quando veículos de linhas diferentes cumprem uma programação operacional planejada para que cheguem juntos ao local de integração física. Isso garante aos usuários a transferência de veículos sem espera.

A integração é considerada **tarifária** quando o passageiro possui o direito de completar sua viagem, independente dos números e dos modos de transportes utilizados, pagando o valor referente a uma única passagem.

A integração é chamada **física** quando provem de instalações e equipamentos necessários ao bom desempenho do sistema. Ela é considerada fechada quando os passageiros podem realizar a transferência sem a necessidade de pagamento de tarifa adicional desde que não saiam do terminal durante a operação de integração e aberta quando ocorre apenas a integração tarifária fora do terminal.

As estações fechadas de ônibus urbanos podem ser implantadas no próprio passeio público (ponto de parada) como, por exemplo, as estações tubo utilizadas

na cidade de Curitiba (Figura 1). Nestas estações a bilhetagem é realizada na entrada do tubo. Segundo CENEVIVA (2007), sua implantação possibilita a redução do tempo de embarque para 1/8 do anterior.



**FIG. 2.1 Estação Tubo – Curitiba**

Fonte: [http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072\\_01\\_04.jpg](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_01_04.jpg)

No caso de estações fechadas a integração tarifária pode ser viabilizada com a permissão da entrada dos passageiros nos coletivos (ônibus, VLT, bonde e outros.) pelas portas de desembarque. Desta forma os usuários ingressam no veículo após a catraca, eliminando a necessidade do passageiro pagar a passagem novamente. É possível também realizar a integração tarifária, em estações abertas, através de bilhetes ou cartão magnético.

Segundo FERRAZ e TORRES, (2001) o objetivo da integração tarifária é promover a justiça social no sistema de transporte público, reduzindo as discriminações geográficas, pois qualquer que seja o local que o usuário more, ele poderá deslocar para o trabalho, a escola e, até mesmo para o lazer, pagando o valor referente a uma passagem.

As vantagens da integração tarifária em estações fechadas são: proporcionar conforto e segurança aos passageiros no transbordo e nas operações de embarque e desembarque; permitir uma maior racionalização das linhas e da programação operacional; e aumentar a confiabilidade no cumprimento dos horários (FERRAZ e TORRES, 2001).

Antes do surgimento da bilhetagem eletrônica, a tecnologia disponível para cobrança de tarifas dificultava a implantação de uma rede integrada. Para a realização de transferências gratuitas era necessário um terminal fechado que conceituou chamar-se de “áreas pagas”.

Atualmente, isso pode ser feito através da bilhetagem automática com o emprego de bilhetes magnéticos, cartões magnéticos ou cartões inteligentes. Para o funcionamento desse sistema um dispositivo eletrônico atua desbloqueando as catracas e gravando as informações referentes à primeira viagem (horário, local da integração e etc.) nos bilhetes ou cartões. Assim, o usuário pode ingressar em outro veículo sem a necessidade de pagar uma nova passagem.

Outra forma de integração tarifária é através da entrega de um comprovante de papel, que garante a continuidade da viagem, pelo motorista ou cobrador do primeiro veículo. Ao chegar ao segundo veículo o passageiro apresenta esse comprovante que consta o tempo limite em que ele pode ser utilizado.

É no contexto de integração tarifária que aparecem as regras para a divisão da receita entre os diversos operadores e a esfera pública. Segundo ANTP/BNDES (2007 (a)) além da dificuldade de integração dos sistemas sobre trilhos com a rede de transporte sobre pneu existem dificuldades na definição de uma política tarifária. Algumas vezes as tarifas e eventuais repartições tarifárias são definidas na esfera federal que desconhecem a realidade local.

A integração é considerada **Institucional** quando várias empresas ou órgãos públicos envolvidos participam de forma coordenada com regulamentação, legislação e acordos específicos.

Nas grandes cidades, as redes de transporte urbano estão cada vez mais complexas. As tecnologias atuais viabilizam a integração tarifária, física e operacional, porém, a integração institucional ainda é um desafio (ANTP/BNDES, 2007 (a)).

A adoção de políticas de integração é necessária principalmente em regiões metropolitanas, onde participam do sistema diferentes esferas do governo, além de concessionárias (VILLELA, 2004). O maior problema é que quando aumenta o número de entidades que participam do sistema de transporte, a integração institucional torna-se mais difícil. Um exemplo de desordem institucional é o que ocorre em algumas regiões metropolitanas que possuem ônibus municipais e intermunicipais controlados por diferentes organizações. Isso ocorre porque estas instituições possuem objetivos conflitantes (FETRANSPOR, 2004).

Segundo GARCIA, 2005 *apud* NABAIS, 2005 “a integração institucional é a base para se obter sucesso na integração física – operacional e tarifária”.



De acordo com VASCONCELLOS (2002) *apud* CARVALHO (2005) as técnicas de integração institucional compreendem:

- Racionalização dos serviços de transporte – eliminando duplicações desnecessárias e competição entre diferentes modos, transferindo recursos para outras rotas, diminuindo “*headways*” ou estendendo os serviços para novas regiões;
- Adequação dos modos às necessidades – os veículos de alta capacidade (trens, metrô e ônibus expressos) devem percorrer os principais corredores de alta densidade enquanto que os veículos de menor capacidade (carros, vans e outros) devem andar nas áreas de baixa densidade;
- Unificação da estrutura tarifária – permite que, com apenas um bilhete, o passageiro possa realizar todas as viagens desejadas.
- Descontos de tarifa para os seguintes objetivos: grupos sócio-econômicos específicos, o uso do transporte fora do horário de pico e bilhetes múltiplos (semanais ou mensais).
- Sistemas de informação coordenados – informação centralizada sobre rotas, horários, tarifas e pontos de transferência de todos os modos e serviços de transporte para toda a área urbana especificada, incluindo sinalização uniforme e telefone para informação e reclamações;

A integração das **informações** também é importante. A disponibilidade de informações completas sobre a rede de transporte da cidade (local, tarifa, horário, etc.) garante aos usuários maior credibilidade ao sistema.

- Outras Classificações:

É desejável que ocorra integração dos transportes com o meio ambiente, além de definição de políticas de integração para pessoas que possuem necessidades especiais.

Segundo a Associação Nacional de Empresas de Transporte Urbano NTU, (1999) apud CAVALCANTE, (2002) os sistemas integrados podem ser classificados conforme sua **complexidade** da seguinte forma:

- Metrópoles Nacionais - alta complexidade – Como exemplo, tem-se a Região Metropolitana (RM) de São Paulo que dispõe de uma série de sistemas integrados envolvendo o sistema ferroviário, o sistema metroviário, o sistema de ônibus do município de São Paulo e alguns municípios da RM e o sistema de ônibus intermunicipal.
- Regiões Metropolitanas e grandes centros urbanos - média complexidade - compreendem as RM's de Curitiba, Fortaleza, Vitória, Belo Horizonte, Recife e Porto Alegre e cinco municípios isolados que possuem população urbana maior que 500 mil habitantes, entre eles, Goiânia e Campinas.
- Centros urbanos de médio porte - baixa complexidade – correspondem aos municípios que possuem população entre 100 e 500 mil habitantes. Neste grupo está Joinville, Londrina, Aracajú, Uberlândia e Ribeirão Preto.

Em 1999, a NTU fez uma pesquisa com 96 municípios que possuem população superior a 100 mil habitantes e que estão localizados fora das regiões metropolitanas, mas apenas 88 responderam à consulta. Das 29 cidades que possuem sistema integrado ônibus-ônibus, 28 responderam ao questionário. Nesta pesquisa constatou-se a existência de 96 terminais com área fechada para a realização da transferência sem pagamento de tarifa adicional. Somente Franca (SP) não possui terminais, pois a integração é realizada utilizando um sistema de

bilhetagem automática. Foi identificado também que em oito cidades existem apenas um terminal de integração e que em outras três, dois terminais (NTU, 1999).

Segundo esta mesma pesquisa das 29 cidades estudadas, há vias exclusivas em 10, o que totaliza 51,3 km de vias com tratamento preferencial para a circulação de ônibus. Este número inclui as vias segregadas e as faixas exclusivas com separadores pintados. Em média são 9,3 km por cidade, entretanto ao excluir Goiânia, que possui a maior extensão de vias exclusivas do país, está reduz para 3,5 Km.

Cerca de 90% das 29 cidades que possuem integração ônibus-ônibus adotam um sistema tarifário único, mas, apenas em 24% dos municípios é utilizado o sistema de câmara de compensação tarifária para equalizar receitas e custos entre empresas operadoras. Este baixo percentual, em parte, pode ser justificado pelo fato de que, em vários locais, há apenas uma empresa operadora.

No trabalho realizado pela NTU foi possível perceber que os objetivos da implantação de sistemas integrados não são os mesmos para todas as cidades. A seguir são apresentados objetivos visados com maior frequência:

- Extinguir as linhas de ônibus que possuem baixo índice de utilização nos corredores radiais. Com isso pode-se: aumentar a velocidade do transporte público e reduzir os tempos de viagem dos usuários; tornar os serviços mais regulares; reduzir o custo operacional do transporte público;
- Diminuir o fluxo de ônibus nos pontos de parada ou terminais da área central, desta maneira pode-se reduzir: os congestionamentos nas áreas centrais, os tempos de viagem, os índices de acidentes e melhorar a regularidade dos serviços;
- Melhorar o nível de serviço no transporte público;
- Melhorar a acessibilidade aos pólos geradores de viagem localizados na periferia
- Facilitar o acesso dos usuários as linhas ou redes de transporte de alta capacidade, cujos tempos de viagem costumam ser menores;
- Melhorar o conforto e reduzir os tempos e custos de transferência entre linhas ou redes de diferentes modos de transporte.

## 2.6 ESTAÇÕES DE INTEGRAÇÃO

As estações são componentes do sistema de transporte público que permitem o contato com áreas vizinhas e com outros modos de transporte (ônibus, barca, metro trem, bicicleta, carro, à pé, etc.). Quando estão localizadas nos pontos extremos das linhas, onde é realizado o controle dos horários de partida dos coletivos, elas são denominadas estações terminais ou terminais. Uma linha pode ter um ou dois terminais, dependendo do seu tipo, da sua extensão ou de outros fatores (FERRAZ e TORRES, 2001).

Na maioria dos sistemas de integração, as estações (terminais) são os principais elementos estruturadores da rede de transportes. Nelas ocorre um grande agrupamento de usuários, o que as torna atraentes para atividades comerciais e de serviço (FERRAZ e TORRES, 2001).

Na área central de cidades menores é comum a presença de terminais de ônibus urbanos por onde passam todas as linhas. Caso a estação seja fechada é possível, também, que ocorra a integração tarifária (FERRAZ e TORRES, 2001).

Em grandes centros urbanos normalmente há mais de um terminal na área central e, fora dela, pode haver outros terminais em locais onde existem pólos geradores de viagens.

Nos terminais também podem existir áreas para estacionamento dos veículos tendo em vista a necessidade de uma frota reserva para substituir os ônibus que apresentam algum problema durante a operação (acidentes, defeitos, etc.). Além disso, este espaço pode ser utilizado para o estacionamento de veículos colocados em operação somente nos períodos de pico (FERRAZ e TORRES, 2001).

Para um bom funcionamento das estações é necessário a presença de alguns equipamentos como: posto de vendas de bilhetes, bebedouros, lixeiras, bancos para sentar, iluminação, relógio de tamanho grande, telefone público, balcão para pessoas pedir informações e distribuição de folhetos informativos, sanitários, etc.

Nas estações do sistema de transporte público devem ser colocados os mapas das linhas com a localização das estações (terminais), os locais de integração física entre as linhas, os horários ou os intervalos entre atendimentos das linhas existentes e o preço da passagem.

Um projeto de terminal deve proporcionar aos seus usuários conforto, segurança e comodidade na utilização da mesma. Além disso, ele deve permitir uma operação adequada dos veículos de transporte, de modo a garantir segurança, confiabilidade e pontualidade nas manobras realizadas no interior e nas entradas e saídas dessas estações (FERRAZ e TORRES, 2001). Do ponto de vista operacional, os terminais são planejados para proporcionar o máximo de fluidez na circulação de veículos e passageiros, evitando a formação de filas.

O tamanho da área disponível, o tipo de integração (aberta ou fechada), a localização dos portões de entrada e saída (ônibus, VLT, bonde), a demanda, o tamanho dos veículos são alguns fatores que influenciam no arranjo físico de um terminal de integração.

## 2.7 FATORES QUE INFLUENCIAM NA DETERMINAÇÃO DE LOCAIS DE INTEGRAÇÃO

A localização é fundamental para o sucesso da integração. Um terminal de integração/baldeação para ser atraente deve evitar grandes deslocamentos dos passageiros para realizar a troca de modo, ser seguro e ter aceitação do ponto de vista político e ambiental.

VILLELA (2004) considerou as seguintes abordagens para identificação das melhores estações para integração:

- aquelas que se aplicam à situação estudada, ou seja, a possibilidade de considerar ou não um determinado fator em função da realidade onde será aplicada a metodologia. Por exemplo, em cidades planas o fator relevo não se aplica.

- aquelas que demandam alto investimento para implantação: o custo de preparação para tornar uma estação em um terminal de integração não impede que ela seja escolhida. A finalidade de incluir esse fator na análise é possibilitar, através de sua seleção no processamento e da determinação de pesos, a indicação automática do melhor local, caso um item específico seja importante. Por exemplo, se uma via próxima à estação não comportar um aumento muito grande de fluxo de

veículos e houver disponibilidade de recursos financeiros e disposição política para realizar a desapropriação, provavelmente este fator não seja um empecilho.

- aquelas que podem gerar queda na qualidade de vida da população que reside próximo à estação. Alguns dos impactos gerados na qualidade de vida podem ser mitigados com investimentos financeiros, o que coloca na mesma situação dos fatores mencionados anteriormente. Por exemplo, o aumento da poluição sonora talvez pudesse ser resolvido com a colocação de um anteparo sonoro ou a construção de um terminal fechado. Outros fatores são gerados simplesmente pela implantação de uma estação intermodal, não podendo ser eliminados com aumento nos gastos. Um exemplo disso é a dificuldade enfrentada pelos moradores da região para atravessar as ruas próximas a uma praça em função do aumento do número de veículos. (VILLELA, 2004)

VILLELA (2004) ainda dividiu os fatores importantes para definição do local mais apropriado para instalação de uma estação de integração em cinco grupos, são eles: demanda, oferta, acessibilidade, conforto e segurança e impactos ao entorno da estação. Esse mesmo autor ainda menciona alguns fatores que também são importantes e que estão relacionados com esses grupos.

- Demanda:

Na avaliação da demanda segundo VILLELA, 2004 podem ser considerados os seguintes fatores: a população, a renda familiar média, o número de veículos por família, o número de imóveis e sua tipologia, a área construída, a taxa de motorização do bairro, a área de influência da estação, os dados de embarque/desembarque, por estação, por hora, a distância média de viagem, as atividades econômicas, a pesquisa Origem-Destino, os padrões de uso do solo, o número de viagens por domicílio e os destinos e hábitos de viagem dos usuários.

- Oferta:

Pela bibliografia pesquisada foi possível perceber que os autores acreditam que a melhor localização para realizar a integração é nos cruzamentos onde existe o maior número de linhas de ônibus.

Normalmente, os terminais de integração estão localizados próximos às vias principais para atender mais de um corredor de tráfego. É recomendável sua implantação na periferia de áreas mais densas, não tão próxima e nem tão longe do centro urbano. Apenas o suficiente para obter vantagens sobre o menor custo da terra. Além disso, ele deve estar na região externa ao início dos congestionamentos.

Segundo REGGIANI *et al* (1995) *apud* VILLELA (2004), a taxa de acidentes, o fluxo de veículos e seu crescimento e o nível de emissão de poluentes pelos veículos são alguns dos critérios usados para analisar a demanda por tráfego em estradas da Europa. Para VILLELA (2004), esses critérios poderiam ser utilizados para determinar o nível de impacto que um aumento do fluxo causaria nas vias de acesso a uma estação.

- Acessibilidade dos passageiros:

A acessibilidade considera todo o sistema de transportes, desde o embarque até o desembarque de passageiros, garantindo o direito de ir e vir do cidadão, com segurança e autonomia.

É notório que o nível de acessibilidade não está distribuído igualmente entre toda população, principalmente nos países que apresentam alta desigualdade de distribuição de renda como é o caso do Brasil. Além disso, a idade e a existência de deficiências mentais e/ou física e a insegurança viária quanto a atropelamentos também limitam a acessibilidade.

Para se ter sucesso na integração entre estacionamento e ponto de ônibus é necessário que a distância entre ambos não seja desestimulante. LISBOA (1990) *apud* VILLELA (2004) apresentou um estudo que apurou “diminuição da demanda à medida que aumenta a distância de caminhada na transferência, mesmo em pequenas distâncias, de menos de 300 metros”. Quando se trata de estacionamento integrado em shopping-center MESQUITA e RIBEIRO (1998) *apud* VILLELA (2004) mencionam que “os usuários evitam distâncias de caminhada superiores à 460m”.

Segundo MEYER e MILLER (2001) *apud* VILLELA (2004), “se considera uma distância de caminhada de  $\frac{1}{4}$  de milha de e para o ponto de parada do transporte público”, o que equivale a aproximadamente 402 metros. Além da distância de

caminhada que uma pessoa está disposta a percorrer deve ser considerada a declividade do terreno.

- Conforto e segurança aos passageiros:

O conforto e a segurança influenciam consideravelmente na percepção do usuário sobre a integração. Assim, para garantir um bom funcionamento do Sistema Integrado de Transporte (SIT) é necessário um projeto funcional das linhas, um layout ótimo das estações de transferência e horários e informações coordenadas.

MOSCARELLI *et al* (2001) *apud* VILLELA (2004) menciona a necessidade de cobertura nos pontos de embarque e desembarque de passageiros. De maneira geral a segurança abrange os acidentes envolvendo os veículos de transporte público e os atos de violência (roubos e agressões) tanto no interior dos veículos quanto nos pontos, estações e terminais.

A seguir são mencionados alguns dos fatores destacados por VILLELA (2004) como fundamentais no que se refere ao conforto e segurança. São eles: layout das estações, horários coordenados, segurança para os passageiros, cobertura nos pontos de embarque e desembarque, transferências feitas ao desabrigo, embarque/desembarque próximo da estação ferroviária, plataforma com bastante espaço, ponto de transferência, distância de caminhada, conforto físico, conforto psicológico, conforto nas estações, viagem agradável, distância de caminhada no transbordo, distância de viagem, distância de acesso à estação, trajeto de transbordo atraente, custo total ao usuário, regularidade, altura do meio fio, segurança contra atropelamentos, falta de bilhete de integração, rapidez, etc.

- Impactos ao entorno da estação:

VILLELA (2004) comenta que os terminais de integração, por provocarem um aumento de tráfego na via principal induzem os motoristas a buscarem alternativas de rotas através de vias locais do bairro. Isso acaba gerando transtornos para o tráfego local.

Por isso, antes da implantação de um terminal é necessário observar a disponibilidade de área para acomodação dos usuários e dos veículos, a



conveniência social na determinação de áreas públicas para tal fim, face às demandas pelos demais serviços de interesse da comunidade (praças, jardins, etc.) e os custos, os prazos e os transtornos gerados pela necessidade de desapropriações de imóveis para construção dos terminais de integração tanto em áreas centrais como na periferia das cidades. (LAPATE, 1979 *apud* VILLELA, 2004).

Outros pontos relativos ao terreno também devem ser considerados, tais como: a conformidade da instalação do terminal com a lei de uso e ocupação do solo do local de instalação, o valor do metro quadrado do terreno e a disponibilidade do mesmo para implantação do terminal.

Próximo aos terminais também surgem os seguintes impactos negativos sobre o meio ambiente: poluição atmosférica, poluição sonora, poluição visual e poluição do solo e das águas e vibrações.

## 2.8 EXEMPLOS DE SISTEMAS INTEGRADOS NO BRASIL E NO EXTERIOR

Segundo GARCIA (2007) *apud* ANTP (2007 (a)), “nos países latino-americanos o sistema de transporte público vai do mais organizado e estruturado, ao mais desestruturado e anárquico, aonde o transporte informal vem tomando conta do sistema viário”.

Atualmente, na maioria das cidades, a demanda do sistema de transporte formal está reduzindo e os níveis de poluição e congestionamento estão aumentando. Raramente, as cidades contam com uma Autoridade Única de transporte ou uma Coordenação Regional e que possuem redes integradas de transporte. (GARCIA, 2007 *apud* ANTP 2007 (a)). Entretanto, Curitiba, Bogotá, Madrid, Toronto, Porto e Londres são alguns exemplos de reestruturação do sistema de transporte público.

### ▪ CURITIBA – BRASIL

Desde 1974, o sistema de transporte público da Região Metropolitana de Curitiba opera de forma integrada, ou seja, os passageiros podem realizar suas viagens utilizando várias linhas de ônibus e pagando apenas uma tarifa, com

exceção de uma linha circular. Desta maneira busca-se estabelecer justiça social, pois os usuários que residem em locais mais distantes normalmente possuem menor renda.

Basicamente, a estrutura viária é constituída de três vias paralelas. A via central, que anteriormente concentrava todo o trafego, após a implantação de canaletas exclusivas para os “Ônibus Expressos”, passou a ser utilizada pelo transporte de massa. O espaço restante atualmente é usado pelo tráfego local para circulação e estacionamento. O tráfego de passagem foi deslocado para as ruas paralelas que funcionam como vias rápidas de tráfego contínuo (CENEVIVA, 2007).

A integração é concretizada por meio de terminais localizados nos extremos dos eixos estruturais e estações tubo (Figura 2.2). Essas Estações tubo são plataformas de embarque e desembarque, no mesmo nível da porta de acesso dos ônibus.



**FIG. 2.2 Terminais e Estações Tubo**

Segundo NABAIS (2005), as empresas privadas são responsáveis pelos custos operacionais porem cabem aos municípios da Região Metropolitana de Curitiba os custos com infraestrutura (vias, tubos, terminais), sinalização, informação, planejamento e controle.

▪ **BOGOTA – COLOMBIA:**

Em Bogotá, uma tentativa para reduzir os problemas de congestionamento, o tempo de viagem, os índices de acidentes, a poluição atmosférica e sonora foi implantação de um projeto denominado “*Transmilênio*” (NABAIS, 2005). Esse projeto melhorou substancialmente a qualidade de vida da população.

O plano compreende, principalmente, a criação de corredores exclusivos para ônibus de grande porte (bi-articulados, com a capacidade de 160 passageiros), alimentado por estações a cada 500 metros. Sua implantação resultou no aumento da velocidade média (de 10 para quase 30km/h) e do número de passageiros transportados (de 160 mil para cerca de 550 mil por dia) e na redução dos indicadores de poluição (NABAIS, 2005). Isso foi possível graças à transferência de uma parcela significativa de passageiros dos automóveis particulares para os transportes coletivos. Atualmente, o transporte coletivo é responsável por 80% das viagens motorizadas (ANTP/BNDES, 2007 (a)).

Como este projeto foi realizado sobre o sistema viário existente na cidade, ou seja, sem a necessidade de construção de um sistema sobre trilhos, os custos para sua implantação foram baixos (NABAIS, 2005).

As linhas troncais contam com o serviço regular e o expresso. O regular pára em todas as estações e o expresso pára apenas em estações pré-definidas. Desta forma, é possível otimizar a frota e aumentar a capacidade do sistema (ANTP/BNDES, 2007 (a)).

Nas linhas alimentadoras são utilizados veículos menores, com capacidade para 70 pessoas que, em média fazem trajetos de 4 km. Esses veículos operam permanentemente e seus horários estão sincronizados com os serviços troncais. As paradas distam 300 metros em média (ANTP/BNDES, 2007 (a)).

A integração com os ônibus urbanos é realizada por transferências livres e, com os ônibus intermunicipais ocorre mediante o pagamento de um complemento tarifário (ANTP/BNDES, 2007 (a)).

Atualmente, Bogotá possui 297 km de ciclovias. Isso trouxe benefícios para a cidade como: redução da poluição atmosférica e do consumo de combustível, melhora da qualidade de vida (PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2006).

#### ▪ **MADRID – ESPANHA**

Em Madrid as autoridades locais têm adotado diversas estratégias para promover o uso do transporte público, entre elas está a adoção de um sistema de transporte público integrado e de alta qualidade. Estas estratégias visam capturar usuários do automóveis particulares (MATAS, 2007).

As mudanças mais significativas ocorreram em 1987, quando foi criado um sistema integrado de tarifa para a rede de transporte público. Além disso, ao mesmo tempo, a qualidade do transporte público foi melhorada, principalmente com o aumento dos ônibus e da rede de metrô. Com a adoção destas medidas o número de passageiros que usavam os serviços de transporte público cresceu de 951 milhões em 1986 para 1549 milhões em 2001 (MATAS, 2007).

Segundo BRASILEIRO et. al. (1999), 55% das viagens realizadas na coroa metropolitana de Madrid incluem pelo menos um transvordo

Na região metropolitana de Madrid há a integração uni e multimodal entre todas as operadoras. A integração é realizada através de um cartão, válido por determinado período e para todos os modos de transporte. O valor da tarifa é proporcional à distância percorrida (NABAIS, 2005).

#### ▪ TORONTO – CANADÁ

Em Toronto, o sistema de transporte público é administrado pelo TTC (Toronto Transit Commission). Este órgão é responsável pelo controle e operação das linhas de ônibus, bondes e metrô.

Nesta cidade, o sistema de transporte público é totalmente integrado. Ao adquirir o cartão “*Metropass*”, que tem duração de um mês, ou o “*Weekly*” (figura 2.3), que tem duração de uma semana, o passageiro pode utilizá-lo, quantas vezes forem necessárias no metrô, nos ônibus e nos bondes sem pagar tarifa adicional. (Toronto Transit Commission, 2007).

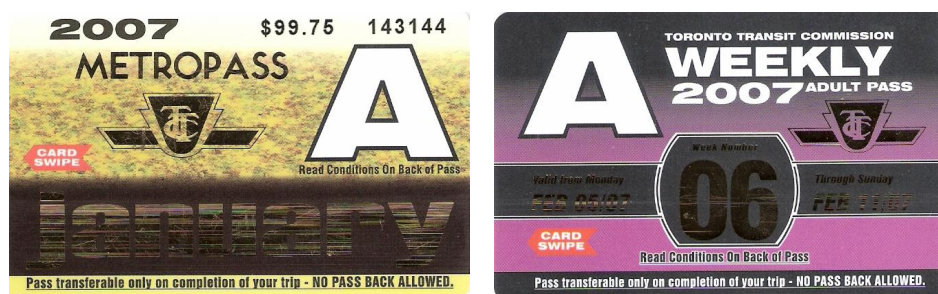


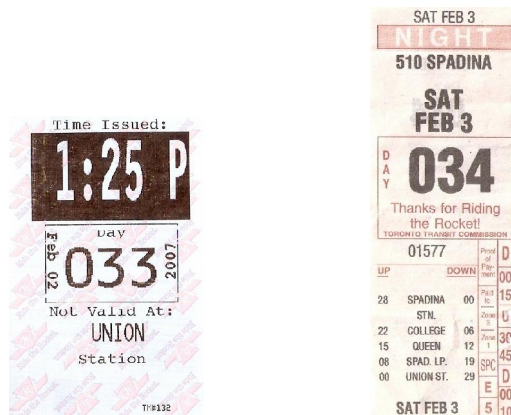
FIG. 2.3 Metropass e Weekly

Algumas estações de metrô possuem terminal de ônibus integrado, onde os passageiros podem transferir das linha de superfície (ônibus e bondes) para o metrô sem a necessidade de pagamento de tarifa adicional. A Figura 2.4 mostra alguns desses pontos. (Toronto Transit Commission, 2007).



**FIG. 2.4 Pontos de Integração.**

Os passageiros dos ônibus, bondes e metrô também podem pagar sua passagem em dinheiro ou comprar os “tokens” (fichas). Desta forma, a integração é concretizada através de um tíquete (figura 2.5) obtido gratuitamente nas estações de metrô sem terminal de ônibus, e nos ônibus e nos bondes. Após a obtenção desse tíquete, a conexão precisa ser realizada dentro de um período de tempo. Esses bilhetes não valem para transferências realizadas na mesma estação em que foram adquiridos. (Toronto Transit Commission, 2007).



**FIG. 2.5 Bilhete para integração – Transfer**

O TTC permite o transporte de bicicletas no metrô e em ônibus que contenham porta bicicleta (figura 2.6) em qualquer horário. Fora dos períodos de pico, caso o

porta bicicletas esteja lotado, o motorista pode permitir o transporte da bicicleta dentro do ônibus. (Toronto Transit Commission, 2007).



**FIG. 2.6 Porta Bicicletas em ônibus**

#### ▪ PORTO – PORTUGAL

Na cidade de Porto, a possibilidade de se deslocar entre dois pontos, com uso de diversos meios de transporte pagando apenas um bilhete surgiu em 2002. As empresas responsáveis pelo transporte público neste local - Metro do Porto, STCP (Sociedade de Transportes Colectivos do Porto, SA) e CP Porto (Caminhos de Ferro Portugueses, E.P) se uniram e formaram a TIP (Transportes Intermodais do Porto, ACE). (ANDANTE NOTÍCIAS, 2007)

Esse grupo de empresas criou o “*Andante*”, um bilhete de transporte que faz a integração dos transportes públicos em toda Área Metropolitana da cidade de Porto. Este tíquete permite a utilização de vários operadores de transporte, sem a necessidade comprar um novo bilhete de transporte. (ANDANTE NOTÍCIAS, 2007)

Além disso, em Porto, ao adquirirem o cartão *andante*, os passageiros podem desfrutar do “*Andante Park & Ride*”, ou seja, os usuários podem estacionar seus veículos em um estacionamento do sistema e prosseguir a viagem utilizando o transporte público. Desta forma, os passageiros evitam desconfortos quanto a problemas no trânsito e de espaço para estacionamento e ganham tempo. A fim de atrair passageiros o valor desse estacionamento é inferior ao cobrado no centro da cidade. (ANDANTE NOTÍCIAS, 2007)

## ▪ LONDRES – INGLATERRA

O Transport For London (TfL) é um órgão do governo da Inglaterra responsável por todo o sistema do transporte da grande Londres. Seu papel é planejar estratégias e controlar os serviços de transporte desta região.

A maioria das modalidades de transporte controlados pelo TfL tem tarifas e tíquetes próprios. Como exceção de ônibus e VLT que compartilham as tarifas e os tíquetes, e do metrô. Os passageiros também podem adquirir o “*Travelcard*” que é um tíquete intermodal para uso no transporte público de Londres válido por um período de um dia a um ano, fora dos horários de pico. Eles são aceitos nos ônibus, trens, VLT, metrô e fornecem desconto em muitas tarifas dos serviços de transporte fluvial. (TRANSPORT FOR LONDON, 2007). Esse bilhete é vantajoso para os usuários que realizam várias viagens por dia.

Para passagens individuais é recomendado o “*Oyster Card*”, pois nesse cartão, o valor das tarifas avulsas é inferior. Além disso, os usuários podem optar em comprar bilhetes válidos apenas para os ônibus. Esses bilhetes possuem tarifa menor que passes válidos também para o metrô.

Quanto à integração da bicicleta com o metrô, em 2005, o governo lançou na cidade um programa chamado de London Bicycle Master Plan Study que possui uma série de medidas para incentivar o uso da bicicleta.

## 2.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado neste capítulo, a integração entre sistemas de transporte acontece entre diferentes modos de transporte ou diferentes tipos de sistemas de um mesmo modo.

Além disso, a integração pode acontecer apenas no aspecto físico, ou seja, através de uma integração que possibilite o transbordo de um transporte para outro, ou de uma forma mais complexa, contemplando uma integração tarifária.

Conforme observado nos estudos e experiências apresentados, identificam-se alguns critérios importantes no projeto e localização de terminais de integração tais como: segurança, distância de caminhada, tempo de transbordo, distância de acesso e custo de transferência.

Ressalta-se neste trabalho a importância da integração como instrumento de aumento da mobilidade e da qualidade de vida. Desta forma, direciona-se este trabalho para dois tipos de integração: a do automóvel e a da bicicleta com o transporte público e, sendo assim, nos dois capítulos que se seguem apresenta-se uma caracterização dos estacionamentos de automóveis e dos sistemas ciclovitários visando o entendimento dos mesmos como apoio aos estudos para integração destes sistemas com o transporte público.



### **3. ESTACIONAMENTOS PARA AUTOMÓVEIS**

#### **3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Entre os diversos problemas de transporte nas áreas urbanas tem-se a dificuldade em encontrar vaga de estacionamento em áreas com grande concentração de empresas, comércio ou residências.

Assim, para viabilizar o transporte por automóvel e aumentar a acessibilidade é imprescindível a criação e manutenção de estacionamento em áreas urbanas. Por isso, existe a necessidade de estudar os tipos de estacionamento e suas características físicas e operacionais em áreas específicas.

De acordo com VIANNA (2000), apenas nas últimas décadas foi reconhecida a importância dos estacionamentos e constatada a necessidade de uma gerência integrada. Somente recentemente começaram a estudar os impactos causados por sua implantação e a pensar na possibilidade de execução de uma operação cooperativa com outros modos.

Este capítulo enfatiza os terminais de integração de automóveis com o transporte público como forma de aumentar e dar maior qualidade à mobilidade urbana.

#### **3.2 ESTACIONAMENTOS EM ÁREAS URBANAS**

O CÓDIGO BRASILEIRO DE TRANSITO, – LEI N° 9.503, de 23 de setembro de 1997 – em seu anexo I, define estacionamento como “imobilização de veículos por tempo superior ao necessário para embarque ou desembarque de passageiros”.

Os estacionamentos são fundamentais para o bom desempenho do sistema de trânsito, pois quando mal projetados e operados contribuem para o agravamento dos congestionamentos (VIANNA, 2000). Algumas vezes, eles podem influenciar na escolha do modo em função das características operacionais dos viajantes (VIANNA, 2000).

Segundo o boletim técnico, Um Estudo Sobre os Problemas de Estacionamento de Veículos, produzido pela CET – Companhia de Engenharia de Tráfego (1979), a importância de adoção de medidas que atendam à demanda de estacionamento torna-se mais evidente ao se considerar que cada veículo percorre, teoricamente, em média 15.000 quilômetros por ano a uma velocidade média de 30 quilômetros por hora, o que significa que cada veículo deverá circular cerca de 500 horas e permanecer estacionado (na sua residência ou trabalho) mais de 8.000 horas por ano.

Apesar disso, os gastos com implantação de novos estacionamentos não têm acompanhado o ritmo de crescimento do sistema viário (PIGNATARO, 1973 *apud* LUZ, 1997). Como consequência, tem-se a formação de congestionamentos, pois devido à falta de opção ou fiscalização, os motoristas acabam estacionando seus veículos em locais não permitidos. Essa irregularidade reduz a capacidade viária e, por conseguinte, aumenta o tempo de viagem criando desconforto para os usuários (MESQUITA, 1996).

Os maiores problemas de estacionamento encontram-se, geralmente, nas áreas centrais, zonas residenciais de alta densidade e nos corredores e proximidades ao longo dos quais estão concentrados imóveis destinados a fins comerciais.

Nas áreas centrais, grande parte das edificações foi construída quando os veículos automotores não eram comuns, por isso, quando as vias foram planejadas não havia preocupação em relação à demanda. Com a popularização destes veículos surgiram os problemas de estacionamento, pois a demanda tornou-se maior que a oferta de vagas (CET, 1979).

Nas zonas residenciais de alta densidade e corredores, os problemas de estacionamento são provenientes da modificação no uso e ocupação do solo existente anteriormente ou, quando relativamente preservado, do grande adensamento proveniente da verticalização de suas edificações.

Nestes locais a oferta de vagas é muito inferior à demanda por estacionamento e a dificuldade de estacionar é um dos problemas que mais atormentam os usuários de automóvel.

### 3.3 CARACTERÍSTICAS DOS ESTACIONAMENTOS PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES EM ÁREAS ESPECÍFICAS

Os estacionamentos de veículos ocorrem de duas formas: ao longo de vias públicas ou fora delas (em imóveis). Nas vias públicas podem ser livres ou controlados e, fora delas, públicos ou privados (CET, 1979), conforme figura 1.

Os estacionamentos fora da via pública devem ser projetados de forma que: forneçam o maior número de vagas possíveis dentro do espaço disponível, reduzam o desconforto dos usuários quando circulam e manobram nesta região e reduzam a interferência dos veículos que entram e saem dos estacionamentos com a movimentação de pedestres e veículos que circulam na área externa (LUZ, 1997). Estes estacionamentos podem ser administrados tanto pelo poder público quanto pela iniciativa privada.

Os estacionamentos públicos em imóveis, quando bem localizados, são indicados para regiões densamente ocupadas como áreas comerciais e de negócios, onde a demanda de veículos é alta e constante (CET, 1979). Normalmente, nesse tipo de estacionamento os usuários estacionam por períodos curtos, pois a taxa cobrada pelo aluguel da vaga, durante o número de horas em que é utilizada, é alta. Um exemplo deste tipo de estacionamento são os edifícios garagens.

Os usuários de estacionamento privado o utilizam por períodos mais longos porque o mesmo pertence ao lugar onde trabalham ou residem (vagas cativas). Esta longa permanência é justificada pela ausência de taxas e pela proximidade do local onde o usuário permanecerá por um período de tempo maior.

O estacionamento situado ao longo da via pública quando controlado ou regulamentado é indicado para regiões que possuem alta demanda como áreas de comércio e de serviço. Normalmente, eles são utilizados por curto espaço de tempo, o que justifica sua alta rotatividade.

O estacionamento livre ao longo de vias públicas e o estacionamento privado apresentam as mesmas características. Em ambos, o usuário pode dispor do estacionamento no local desejado e sem ônus, por isso estes estacionamentos são indicados para regiões de baixa demanda. Eles se diferenciam no fato do

estacionamento livre ser público e, portanto, disponível a qualquer usuário. O estacionamento livre na via pública é inconveniente quanto aos seguintes fatores: pouca segurança e conforto e atritos em relação à fluidez do tráfego, o que contribui para a ocorrência de acidentes. No Brasil esse tipo de estacionamento é frequentemente empregado em cidades menores e regiões onde a demanda por vagas ainda é pequena.

O estacionamento controlado na via pública pode ser comparado ao estacionamento público em imóveis. Ambos são adequados às áreas de comércio e negócios, onde é necessário obter alta rotatividade. É possível regular seu funcionamento de acordo com as necessidades da área em que se localiza.

O controle é uma forma de reduzir os efeitos da falta de espaço, pois dificuldade de estacionar induz muitas pessoas a não utilizarem o automóvel. Esse controle é realizado através da delimitação do horário de funcionamento, do tempo máximo de permanência, da especificação dos tipos de veículos e do modo de estacionar, da fiscalização ostensiva e da cobrança de taxas.

A implantação de estacionamento rotativo pago, por exemplo, Zona Azul em São Paulo é uma das formas de democratizar o acesso e aumentar a eficiência das vagas nas vias públicas onde a demanda é maior. Segundo a CET SP, (2007) o estacionamento do tipo Zona Azul foi criado em 1974, através de um Decreto 11.661. Seus objetivos são promover a rotatividade das vagas existentes, disciplinar o espaço urbano e permitir maior oferta de estacionamento. Os usuários devem anotar no cartão a placa do veículo e o dia, mês, hora e minuto da sua chegada. Em seguida, esse cartão deve ser colocado sobre o painel do veículo, com a página preenchida virada para cima. Após o período de duas horas é obrigatório não apenas comprar um novo cartão, mas também trocar o veículo de vaga. O motorista que não cumpre essas exigências está sujeito a multa.

Com isso, várias pessoas que trabalham nesta região passam a utilizar o transporte coletivo ou a estacionar em regiões mais distantes. Porém, a implantação do controle tipo Zona Azul deve ser tomada após estudos que comprovem sua necessidade e viabilidade.

O número de vagas dos estacionamentos situados ao longo do meio-fio é influenciado pelo ângulo existente entre os veículos e o meio-fio. Os estacionamentos com ângulos maiores, ou seja, próximos de 90<sup>o</sup> interferem mais

severamente no movimento do trânsito que estacionamentos paralelos ao meio-fio. (LUZ, 1997) Além disso, as taxas de acidentes nestes estacionamentos são maiores, pois a falta de visibilidade para realizar manobras aumenta o risco de colisão com veículos que se circulam na via. Por esta razão, os estacionamentos em ângulo são indicados para locais onde as vias são largas, a visibilidade é adequada e o volume de tráfego é baixo.

As principais características de cada tipo de estacionamento estão apresentadas na tabela 3.1.

**TAB 3.1 Classificação dos Estacionamentos**

Na via Pública		Fora da via (em imóveis)	
Livre	Controlado	Público	Privado
- Ausência de Taxas	- Regiões Densamente Ocupadas	- Regiões Densamente Ocupadas	- Ausência de Taxas
- Pequena demanda			- Vagas cativas
- Longa Duração	- Alta Demanda	- Alta Demanda	- Baixa Rotatividade
- Baixa Rotatividade	- Alta Rotatividade	- Alta Rotatividade	Ex: Estacionamento de residência ou do trabalho
- Baixa Fluidez	Ex: Zona Azul e Parquímetros	- Cobrança de Taxas	
- Baixa Segurança		Ex: Edifício Garagem, Estacionamentos Subterrâneos	
Ex: Estacionamento nas vias públicas de áreas residenciais			

Fonte: adaptado de <http://www.djweb.com.br/barao/cultura/transito/Estacionamento%5B1%5D.ppt>

### 3.3.1 ESTACIONAMENTOS CONFORME CLASSIFICAÇÃO DAS VIAS E DA ÁREA EM QUE SE ENCONTRAM

Os tipos de estacionamento são determinados pelas características do uso e ocupação do solo. A regulamentação de estacionamento ao longo da via está associada à classificação das vias e à análise das particularidades relativas ao tipo de área em que se situa (CET, 1979).

No planejamento de um sistema viário, algumas medidas podem ser tomadas para resolver os conflitos entre os veículos em circulação e os estacionados nas vias arteriais, coletoras e locais (PIGNATARO, 1973 apud LUZ, 1997).

As vias Arteriais são vias de alta fluidez, baixa acessibilidade e apresentam relativa integração com a área em que se encontram. Devido à necessidade de dar fluidez ao tráfego é dada preferência à circulação de veículos em relação aos veículos estacionados. Dentro desta concepção, o papel dos engenheiros de trânsito é garantir que estas vias sejam utilizadas para maximizar o fluxo de forma segura.

As vias Coletoras coletam e distribuem tráfego para as vias arteriais. Seu objetivo é canalizar o tráfego entre o subsistema arterial (vias de trânsito rápido) e as ruas do subsistema local. Em muitos casos, o problema dos conflitos entre os veículos em movimento e os estacionados pode não ser sempre resolvido em favor dos que estão em movimento. (PIGNATARO, 1973 apud LUZ, 1997).

As vias locais possuem menor movimento, destinadas apenas ao acesso local ou de áreas restritas como as ruas internas de bairros. Nestas vias devem prevalecer os veículos estacionados sobre os veículos em movimento.

Desta maneira, os estacionamentos devem ser implantados preferencialmente nas vias locais. Nas vias arteriais não é recomendado sua implantação, pois sua função é escoar o tráfego rapidamente.

### 3.3.2 EM ÁREAS RESIDENCIAIS

Nas áreas residenciais de baixa densidade populacional, com exceção dos corredores de tráfego e das vias coletoras, todas as demais vias são destinadas aos acessos locais e, normalmente, os proprietários de veículos possuem espaço próprio para deixá-los na residência, não havendo problemas de estacionamento (CET, 1979).

Os problemas passam a existir nas vias residenciais mais antigas da cidade, porque grande parte dos imóveis não possui vaga para estacionamento de veículo. Desta forma, os proprietários são obrigados a estacionar junto ao meio fio, o que não causa maiores empecilhos, pois as vias locais não têm função de ligação, mas sim de acesso direto (CET, 1979).

Há problemas também quando as ruas do bairro são estreitas e o estacionamento é permitido em ambos os lados da via. É inevitável, nesta situação, proibir o estacionamento em um dos lados.

Nas áreas residenciais que possuem alto índice de ocupação, oriundo da verticalização, a situação é mais grave. A aquisição do automóvel por grande parte da população, aliada à falta de espaço para estacioná-lo, criou um problema de difícil solução, pois o estacionamento pode ser efetuado apenas na via pública, que dado ao elevado número de veículos, não tem condições de atender a demanda (CET, 1979).

Os problemas de estacionamento em áreas de elevada densidade populacional levam à adoção de atitudes extremas como: proibição do mesmo ou adoção de sentido único de circulação para a maioria das vias, descaracterizando sua função de via local.

### 3.3.3 EM ÁREAS COMERCIAIS DE BAIRRO

Nas cidades de maior porte, o comércio está localizado ao longo dos corredores de tráfego das áreas residenciais. Nesses locais, os problemas de estacionamento são provenientes da inadequação dos imóveis comerciais ao automóvel. Muitos deles não possuem vaga para estacionamento de veículos de proprietários, de fregueses ou de veículos comerciais de carga. E acabam utilizando a via pública para tal fim (CET, 1979).

Em contrapartida, essa utilização provoca conflitos na circulação, pois tais corredores têm grande importância no esquema geral de circulação da cidade sendo, muitas vezes, rotas de transporte coletivo.

Os problemas de estacionamento em áreas comerciais dependem da função da via. As vias arteriais com duplo sentido de circulação e com canteiro central, normalmente, são utilizadas pelas linhas de transporte coletivo. O transporte coletivo, em muitos casos, impede o estacionamento ao longo do meio-fio. Porém, é necessário compatibilizar as operações de carga e descarga com a circulação e o transporte coletivo (CET, 1979).

Nas vias coletoras com duplo sentido de circulação, sem canteiro central e com transporte coletivo, dá-se normalmente prioridade ao transporte coletivo, sendo proibido o estacionamento de veículos particulares (CET, 1979). Nestas vias existe uma tendência de alteração para sentido único com a formação de um binário com uma via paralela. Isto permite a liberação do lado não utilizado pelo transporte coletivo para estacionamento de veículos particulares (CET, 1979).

Nas vias coletoras com duplo sentido de circulação e sem a presença de transporte coletivo, é conveniente conservar a situação existente até que se esgote a capacidade de circulação da mesma (CET, 1979).

### 3.3.4 NA ÁREA CENTRAL

Na maioria dos grandes centros urbanos, os problemas de estacionamento na área central são conseqüências da alta demanda gerada pela densidade de veículos, complexidade e diversidade do uso e ocupação do solo, e por uma inadequada rede viária (CET, 1979).

A permissão de estacionamento na maioria das vias da área central cria uma situação de congestionamento constante devido a uma elevada demanda por estacionamento livre. Há tendência de proibir o estacionamento nessas vias, pois a permissão ou o aumento do mesmo pode resultar em uma geração de viagens indesejada e impossível de ser atendida. (CET, 1979).

É importante notar também que o custo elevado dos imóveis nos centros das cidades, torna impossível a ampliação ou a melhoria não apenas da rede viária, mas também dos estacionamentos. Além disso, segundo LUZ, (1997) a ampliação dos estacionamentos pode gerar congestionamento nos seus acessos impossíveis de serem resolvidos, já que ampliação da rede viária é muito difícil.

A construção de parques de estacionamento e edifícios garagem na área central foi uma técnica muito utilizada em diversas cidades do mundo, com intuito de reduzir o déficit no número de vagas, e oferecer aos usuários condições adequadas para o estacionamento de seus veículos fora das vias, liberando-as apenas ao tráfego (MESQUITA, 1996). Porém, atualmente é praticamente impossível aumentar o



número de vagas em edifícios devido à alta densidade de área construída. Desta forma, torna-se difícil atender a demanda, tendo em vista a necessidade de utilizar o solo tanto para movimentação quanto para estacionamento.

Além disso, outro problema frequentemente encontrado nestas regiões refere-se à operação de carga e descarga de mercadorias. Normalmente esta operação precisa ser realizada nas vias devido à ausência de local apropriado dentro dos imóveis (CET, 1979).

Algumas cidades da Europa, como por exemplo, Porto, Valença e Braga em Portugal, Madrid na Espanha e no Brasil o Rio de Janeiro estão utilizando estacionamentos subterrâneos para minimizar os problemas decorrentes da falta de espaço para estacionamento público no centro urbano. Estes estacionamentos são muito indicados para centros históricos, pois o excesso de veículos estacionados e em circulação causa um considerável impacto visual.

É neste contexto que a engenharia de tráfego tem procurado alternativas para solucionar tal problema e, necessariamente, as soluções devem passar pela redução do número de veículos que circulam e estacionam na área central das cidades. (MESQUITA, 1996).

### 3.3.5 EM ÁREAS DE LAZER

Nas áreas de lazer a procura por vaga é maior nos finais de semana, feriados sendo que os meios de transporte mais utilizados são: os veículos particulares e os transportes coletivos (CET, 1979).

Nestes locais, os problemas relacionados a estacionamento surgem quando não existem locais adequados para esta finalidade. Os usuários estacionam seus veículos em áreas periféricas, criando conflito não apenas com a circulação do local, mas também com as necessidades de estacionamento da região adjacente à área de lazer (CET, 1979).

### 3.3.6 EM ESCOLAS

Nas áreas próximas às escolas os problemas de estacionamento podem ocorrer dependendo dos modos de transporte utilizados pelos alunos e da existência ou não de vagas internas (CET, 1979).

Nas escolas instaladas em via local de zona residencial de baixa densidade, onde os alunos utilizam transporte coletivo, normalmente não ocorrem problemas de estacionamento. Porém, se a escola estiver localizada numa via coletora, é necessário compatibilizar a circulação da via com a necessidade de estacionamento dos veículos de transporte coletivo (CET, 1979).

Quando o transporte utilizado for o automóvel e a escola estiver localizada em zonas comerciais ou residenciais de alta densidade, é possível que haja conflito entre esses veículos e a circulação nas vias próximas à escola, bem como com os veículos dos moradores, dos comerciantes ou dos clientes.

### 3.3.7 EM ÁREAS INDUSTRIAIS

Nas áreas industriais geralmente não existem problemas com estacionamento de veículos. Isto ocorre porque grande parte das indústrias prevê pátios para esta finalidade ou está localizada em regiões que apresentam baixa densidade populacional, não interferindo na utilização do estacionamento da via pública (CET, 1979).

Em áreas industriais mais antigas, onde os locais destinados a estacionamento foram sub-dimensionados, existe a necessidade de se prever restrições relativas ao uso do estacionamento na via pública. A demanda crescente pode influenciar não apenas na circulação, como também, na operação de carga e descarga, que é muito importante nos estabelecimentos industriais (CET, 1979).

### 3.3.8 EM TERMINAIS DE INTEGRAÇÃO/BALDEAÇÃO

Estacionamentos “*Park and Ride*”, (estacione e viaje) (Figura 3.1) são instalações intermodais que fornecem um lugar em comum para o motorista se transferir de um veículo de baixa capacidade, como os carros particulares, para um veículo de alta capacidade que pode ser ônibus, metrô, trem, barca, VLT, entre outros (NOEL, 1988 *apud* FARHAN, 2003). Alguns além de estacionamento para veículos incluem também estacionamento para bicicletas (VICTORIA TRANSPORT POLICY INSTITUTE, 2007).

Uma das formas de reduzir os problemas de congestionamentos em áreas de grande demanda de veículos é através de restrição ao uso de estacionamentos de longa duração em áreas centrais. Isso foi possível graças ao *Park and Ride* que também amplia o número de passageiros do transporte público (VIANNA, 2000).

Os problemas de estacionamento surgem quando não existe um local apropriado, como o *Park and Ride*, para os usuários deixarem seus veículos próximos a um terminal de transporte coletivo. Nesta circunstância os motoristas acabam estacionando o automóvel nas áreas comerciais e / ou residenciais adjacentes, criando conflito com os estacionamentos destas áreas.



**FIG. 3.1 Park and Ride**

Fonte: [www.winchester.gov.uk](http://www.winchester.gov.uk)

O “*Park and Ride*” pode ter um papel importante no sistema do transporte de uma região. Quando implementados adequadamente eles são uma estratégia de transporte eficiente que introduzem viagens para benefício do trânsito. O “*Park and Ride*” também pode beneficiar regiões distantes e / ou de baixa densidade que são incapazes de manter um transporte direto.

A instalação de um “*Park and Ride*” promove conforto para os usuários do estacionamento e do transporte público. Para ser atraente, este serviço deve ser gratuito ou cobrado uma tarifa com valor menor que a praticada no centro da cidade. SARAIVA, (2000) diz que o pagamento pelo serviço pode ser feito das seguintes formas: bilhete único (estacionamento + transporte público coletivo) ou bilhetes separados. O “*Park and Ride*” é uma estratégia de transporte que prioriza o transporte público.

O “*Park and Ride*” exerce maior atratividade sobre os motoristas que trabalham ou demoram um tempo relativamente longo na área (PORTUGAL, 1980).

Segundo SARAIVA, (2000) os edifícios garagens são mais indicados para estacionamentos periféricos devido à proteção dos veículos e segurança que eles oferecem a seus usuários.

O principal objetivo do uso desse tipo de estacionamento é a redução do congestionamento de veículos em zonas de grande potencial de atração de viagens como centros urbanos e áreas de comércio e serviços.

Segundo o TRIANGLE TRANSIT AUTHORITY, (2003) os fatores que influenciam no uso do “*Park and Ride*” estão relacionados com a conveniência das viagens, o custo da viagem e das transferências, o tempo de viagem e a comodidade.

A conveniência do “*Park and Ride*” refere-se ao volume de viagens (se ele é capaz de manter o funcionamento de um “*Park and Ride*”), a acessibilidade que varia em função da sua localização e a aceitação das viagens pelos usuários.

Nos custos da viagem estão incluídos as tarifas, os custos de conforto, segurança e conveniência, a distância do estacionamento ao destino dos passageiros e a redução no consumo de gasolina. O custo de transferência refere-se ao tempo necessário para realizar a transferência.

A comodidade está relacionada com a atratividade, conforto durante os períodos de espera e serviço, segurança, iluminação, facilidade de acesso ao transporte público e instalações adequadas (área coberta, estacionamento para bicicletas, sanitário, bebedouro, telefones e outros).

No tempo de viagem inclui a diminuição dos congestionamentos e, em alguns casos, a redução do tempo de viagem quando comparado ao carro.

A seguir são apresentadas as vantagens do *“Park and Ride”*.

– Impactos nos motoristas – beneficiam os motoristas que residem em áreas onde o transporte público não é eficiente como, por exemplo, regiões de baixa demanda de passageiros. Uma das formas de favorecer estes motoristas é através de cobrança de uma tarifa pelo estacionamento inferior à normalmente efetuada no centro da cidade.

Estes estacionamentos são indicados também para os motoristas que não gostam de dirigir e que almejam reduzir o tempo de viagem. O *“Park and Ride”* também pode tornar longas viagens menos estressantes (TRIANGLE TRANSIT AUTHORITY, 2003).

– Impactos no Sistema de Transporte: podem aumentar o número de passageiros do transporte público, reduzir o número de veículos quilômetro percorrido (VKM), reduzir o congestionamento de tráfego e melhorar a qualidade do ar (TRIANGLE TRANSIT AUTHORITY, 2003).

– Impactos no Uso do solo – podem ter impacto no TOD (Transit Oriented Development – Desenvolvimento Orientado para o uso do Transporte Público), no crescimento urbano e no desenvolvimento sólido. O TOD incentiva o adensamento populacional próximo a vias expressas e terminais de integração. Segundo CERVERO e ZUPAN (1996), 40% dos empregos devem estar localizados até 400 metros das vias. A grande vantagem deste desenvolvimento orientado é o incentivo ao uso do transporte público (TRIANGLE TRANSIT AUTHORITY, 2003).

Segundo TRIANGLE TRANSIT AUTHORITY, (2003) o crescimento urbano é estimulado pelo aumento da mobilidade. A localização de um *“Park and Ride”* nas margens das vias urbanas onde existem corredores de trânsito rápido pode reduzir consideravelmente o tempo de viagem. Isso contribui para o crescimento urbano das áreas mais distantes dos grandes centros.

A TRIANGLE TRANSIT AUTHORITY, (2003) também menciona que o “*Park and Ride*” pode ter vital importância para melhorar a eficiência no uso do solo ao destinar e estabelecer corredores de trânsito que aperfeiçoam o uso intensivo do solo. Intervenções como melhoria nos acessos e construção de novas vias proporcionam aumento do número de passageiros do sistema de transporte público.

É importante verificar o número de passageiros transportados por veículo, caso esse valor seja alto, os usuários poderão optar por outro modo de transporte.

O “*Park and Ride*” pode atrair atividades comerciais na região onde ele é implantado. Outras vantagens da implantação de estacionamentos integrados são a flexibilidade de implantação e operação e a necessidade de investimentos baixos comparando com outras estratégias de transporte (MESQUITA, 1996).

A desvantagem de um “*Park and Ride*” é que como os motoristas podem ter que fazer viagens adicionais e desvios de seu caminho para atingir o estacionamento, há possibilidade de aumentar o tráfego de veículos na proximidade da estação de integração.

Segundo SARAIVA, (2000) para se ter êxito nos “*Park and Ride*” são fundamentais os seguintes elementos: a escolha do tamanho e das características do veículo a ser empregado na integração, sua priorização na circulação e a localização do estacionamento. Os veículos adotados devem ser simples e as tecnologias empregadas devem ser apropriadas para as condições do tráfego.

Para compensar os transtornos provenientes da transferência, os estacionamentos integrados devem fornecer algum benefício para os usuários como: um serviço rápido, seguro, confortável, confiável, de boa qualidade e redução dos gastos com transportes. Se o serviço não provar que tem consistência nos tempos de viagem, de forma a ser nitidamente uma boa opção, os usuários não serão mantidos (MESQUITA, 1996).

### 3.4 LOCALIZAÇÃO DE ESTACIONAMENTO INTEGRADO (PARK AND RIDE)

O sucesso de um estacionamento integrado depende da sua localização, do seu tamanho, da segurança no local, bem como da frequência, custo e do comprimento

das viagens. A potencialidade de atrair e interceptar usuários está diretamente ligada ao custo de aquisição da área, as características da vizinhança e da distância ao centro urbano (MESQUITA, 1996).

Normalmente, os estacionamentos integrados estão localizados próximos às vias principais para atender mais de um corredor de tráfego. É recomendável sua implantação na periferia de áreas mais densas, não tão próxima e nem tão longe do centro urbano. Apenas o suficiente para obter vantagens sobre o menor custo da terra.

Além disso, ele deve estar na região externa ao início dos congestionamentos, em área de fácil acesso, iluminada e segura, próximo a um serviço de transporte de qualidade (alta frequência e velocidade), próximo a áreas de alta demanda de viagens como: shopping center, restaurantes, estádios, hotéis, teatros, e outros. Se isto não ocorrer os atrasos devido à retenção do tráfego podem tornar o sistema pouco atraente para aqueles que estacionam seus veículos.

Encontrar boas localizações para estacionamentos "*Park and Ride*" é uma etapa essencial para se planejar esse tipo de serviço. Embora exista uma variedade de modelos de localização, eles não podem ser usados prontamente para implantação de estacionamento. A razão para isso é que tais modelos não consideram simultaneamente pelo menos três variáveis chaves: a distância real de caminhada, os padrões de cobertura e a cobertura parcial da demanda. Considerar a deterioração da distância é importante porque quanto mais próximo da demanda, mais utilizado será o estacionamento. Os padrões da cobertura devem ser planejados para uma distância máxima aceitável. Para distâncias superiores à planejada, os usuários não usarão os estacionamentos "*Park and Ride*" (FARHAN, 2003).

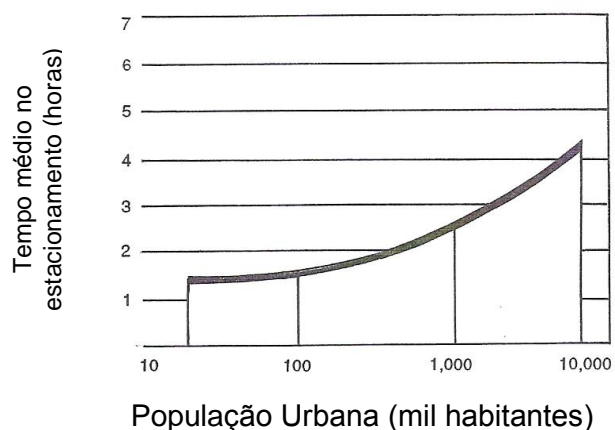
SARAIVA, 2000 diz que quando há necessidade de implantação de mais de um estacionamento periférico eles devem estar posicionados aproximadamente na mesma distância do centro. Isso evita a concentração de passageiros no terminal mais central.

Embora a escolha de um local apropriado seja importante para o sucesso do estacionamento do "*Park and Ride*" em uma área urbana, isso não é suficiente para que se espere um aumento significativo no número de passageiros transportados pelo transporte público. Existem importantes elementos de apoio que necessitam ser

providenciados como, por exemplo, a adoção de faixas exclusivas para veículos de alta capacidade para que se consiga economia no tempo de viagem e confiabilidade no percurso (FARHAN, 2003).

### 3.5 TEMPO NO ESTACIONAMENTO, PERÍODO CRÍTICO E ROTATIVIDADE

Segundo LEVINSON e WEANT (1990) o tempo de permanência de um veículo no estacionamento é influenciado pelo tamanho da cidade e pelo motivo da viagem. O tempo de estacionamento tende a aumentar com o crescimento da população urbana, conforme pode ser visto na figura 3.2.



**FIG. 3.2 Tempo médio no estacionamento e população Urbana**

Fonte: Adaptado de LEVINSON e WEANT, (1990)

Este mesmo autor ainda menciona que, para viagens a trabalho o tempo médio de permanência em um estacionamento varia entre seis e oito horas em cidades grandes.

O período crítico dos estacionamentos na Área Central de Negócios (Central Business District - CBD) ocorre entre 11 e 14 horas, com um pequeno tempo de declínio por volta de meio-dia (LEVINSON e WEANT, 1990). Durante a manhã o número de veículos estacionados aumenta e, no final da tarde, entre 16 e 18 horas, há um gradual decréscimo quando os trabalhadores retornam para suas residências.



A rotatividade de um estacionamento é definida pelo número de veículos diferentes que usam uma vaga de estacionamento durante um período. LEVINSON e WEANT, (1990) mencionam que a média diária de rotatividade nos estacionamentos “*Park and Ride*” é de 1,1 carros por vaga e que a média de passageiros nos veículos estacionados é de 1,2 pessoas por carro.

### 3.6 DEMANDA DE ESTACIONAMENTO

A definição do número de vagas nos estacionamentos é influenciada pela demanda de estacionamento, área disponível para construção, número de vagas existentes nos estacionamentos já construídos, custos e alternativas de transporte, atitudes da comunidade e capacidade do transporte público e privado em acomodar a demanda.

Segundo LUZ (1997), os estudos de demanda, cujo caráter é empírico, podem ser orientados de três maneiras: relacionando a demanda com o uso do solo, o volume de tráfego e as pesquisas.

A demanda está relacionada com o uso do solo porque áreas residenciais, comerciais, de escritórios, de empresas, de serviços e outras criam necessidades de estacionamento que, conhecidas as condições atuais e dentro de certos limites é possível prever sua evolução para o futuro (LUZ, 1997).

Outra maneira de prever a demanda é determinando a porcentagem de veículos que chegam numa determinada zona e estacionam nela, ou seja, através do volume de tráfego.

A terceira maneira de determinar a demanda de uma zona baseia-se na análise da situação atual através de pesquisas e enquetes e, ao realizar um prognóstico com estes resultados, é possível prever sua evolução para o futuro.

Os fatores que influenciam no crescimento da demanda por estacionamento no CBD e em áreas próximas são: mudança na população, nos registros de veículos motores e nas viagens; alterações nos empregos no CBD; geração e/ou perda de atividades econômicas, competição com áreas afastadas; fatores econômicos relacionados com os estacionamentos (competitividade e subsídios); mudanças na

disponibilidade do transporte público, serviços e uso ou outras mudanças na acessibilidade ao CBD; políticas públicas que dizem respeito a estacionamento e trânsito e considerações em geral como o desenvolvimento tecnológico ou científico que interferem nos transportes, novas leis e regulamentações que afetam as viagens motorizadas e escassez de energia ou combustível. (LEVINSON e WEANT, 1990).

Segundo LEVINSON e WEANT, (1990) a demanda pode ser estimada das seguintes maneiras: (1) baseada em observações de estacionamentos e (2) baseada no uso do solo.

A estimativa da demanda baseada em observações dos estacionamentos ao longo de vias públicas, em imóveis e em garagens são realizadas através pesquisas de horário de entrada e saída dos veículos, propósito da viagem e destino do passageiro no centro da cidade. As demandas são agregadas por bloco, zona ou distrito para cada hora do dia. Em seguida, a demanda de pico é comparada com a oferta de cada área de estudo.

A estimativa da demanda conforme o uso do solo se baseia no pico de demanda acumulada, obtido de estudos de estacionamento e definido pela demanda agregada hora a hora. Esta demanda é alocada para várias subáreas baseada na divisão de atividade cada área.

LEVINSON e WEANT, (1990) apresentam as etapas básicas e os dados necessários para estimar esta demanda que são:

- a) Relação dos locais e números de vagas existentes nos estacionamentos;
- b) Observar o número veículos estacionamentos em cada hora entre 6 horas e 17 horas nos dias típicos da semana;
- c) Obter ou estimar os empregos no centro da cidade e a área de cada zona analisada. Onde população residencial da área central é significativa também é necessário estimar o número de unidades residenciais por zona analisada;
- d) Determinar a proporção da população residencial que utiliza os estacionamentos por períodos curtos e longos. Os veículos estacionados até 6 horas representam a demanda residencial por estacionamento. Os veículos estacionados até 10 horas menos a metade presente até 6 horas representam a demanda de longo período por estacionamento. O número

acumulado de veículos nos estacionamentos durante a hora de maior movimento representa a demanda máxima por estacionamento na hora de estudo. A demanda nesta hora menos os veículos presentes até 10 horas representam a demanda de curto tempo nos estacionamentos;

e) Cada componente da demanda acumulada é alocado em quarteirões ou analisados em zonas básicas para divisão proporcional da demanda gerada por estacionamento em função da intensidade do uso da terra em cada quarteirão.

f) O modelo é definido a seguir:

$$d_i = \frac{A_i e_i}{e} + \frac{A_s f_i}{f} + \frac{A_r r_i}{r}$$

Onde:

$d_i$  = demanda por estacionamento na zona  $i$ ;

$A_i$  = demanda acumulada por estacionamento de longa duração (demanda até 10 horas menos a metade até 6 horas);

$e_i$  = empregos na zona  $i$ ;

$e$  = total de empregos na área estudada;

$A_s$  = estacionamento de curta duração (máximo de veículos acumulados menos a demanda até 10 horas);

$f_i$  = área da zona  $i$  de comércio, serviços, restaurantes, e outros;

$f$  = área total estudada referente a restaurantes, comércio, serviços, e outros;

$A_r$  = estacionamento residencial (observações às 6 horas);

$r_i$  = unidades residenciais na zona  $i$ ;

$r$  = total de residências na área estudada.

O número de empregos no bloco ou zona é utilizado para definir a demanda total por estacionamento de longo período. Comércio, serviços, restaurantes e outros são usados para definir o número de veículos que utilizam o estacionamento por curto espaço de tempo. O número de unidades residenciais em cada bloco ou zona é utilizado para definir a demanda por estacionamento residencial e representa a demanda de estacionamento durante a noite (LEVINSON e WEANT, 1990).

A seguir estão apresentadas algumas informações relevantes para calcular o número de vagas que podem ser implantadas em uma área.

O Código de Obras e Edificações (COE) da cidade de São Paulo, regulado pela lei nº 11.228, de 25 de Junho de 1992, menciona que as vagas de estacionamento devem ser dimensionadas em função do tipo de veículo, e os espaços de manobra e acesso em função do ângulo formado pelo comprimento da vaga e a faixa de acesso, respeitada as dimensões mínimas conforme a figura 3.3.

VAGA PARA ESTACIONAMENTO				FAIXA DE ACESSO À VAGA	
Tipo de Veículo	Altura	Largura	Comprimento	0 a 45°	46 a 90°
Pequeno	2,10	2,00	4,20	2,75	4,50
Médio	2,10	2,10	4,70	2,75	5,00
Grande	2,30	2,50	5,50	3,80	5,50
Deficiente Físico	2,30	3,50	5,50	3,80	5,50
Moto	2,00	1,00	2,00	2,75	2,75
Caminhão Leve (8t PBT)	3,50	3,10	8,00	4,50	7,00

**FIG. 3 3 Dimensões de Vagas e Faixa de acesso à vaga**

Fonte: COE, 1992

Além disso, o COE relata que as vagas quando implantadas paralela à faixa de acesso há necessidade de ser acrescido 1m no comprimento e 0,25m na largura para automóveis e utilitários e 200 no comprimento e 1m na largura para caminhões e ônibus devido a necessidade de realização de balizas.

O número de vagas (NV) pode ser calculado pela seguinte equação:

$$NV = \frac{N^{\circ} \text{ de veículos diferentes estacionados}}{\text{Rotatividade}}$$

Onde a rotatividade é definida como o número médio de veículos estacionados por dia em cada vaga. Conforme mencionado por LEVINSON e WEANT, 1990 para viagens a trabalho o tempo médio de permanência em um estacionamento varia entre seis e oito horas em cidades grandes. Isso indica que há rotatividade é baixa, pois a hora de maior movimentação dos estacionamentos é no horário de entrada e saída dos funcionários no local de trabalho. Praticamente há necessidade de uma vaga por veículo.

### 3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um problema comum nos grandes centros urbanos, principalmente em áreas de comércio e centros urbanos, é a falta de espaço para os motoristas estacionarem seus veículos, o que torna o estudo de estacionamentos tão importante. O *“Park and Ride”* é um tipo de estacionamento integrado ao transporte público que reduz o número de veículos que circulam nas áreas de maior movimento. Além disso, esses estacionamentos possuem baixo custo de implantação quando comparado a outras estratégias, incentivam o uso do transporte público e reduzem os problemas de congestionamento e estacionamento.

Conforme observado nos estudos realizados neste capítulo, identificam-se alguns critérios importantes no projeto e localização de terminais de integração tais como: conforto, tempo de viagem, frequência e regularidade do transporte público.

Outra forma de integração é através da utilização da bicicleta com o transporte público. Por isso, o próximo capítulo será apresentado uma revisão bibliográfica sobre bicicletas.

## **4. SISTEMA CICLOVIÁRIO**

### **4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

O Brasil, com frota estimada de 75 milhões de bicicletas, ocupa posição significativa no mundo quanto à venda de veículos leves de duas rodas. Com este valor, a frota brasileira encontra-se na quinta posição, ficando atrás apenas da China, Índia, EUA e Japão (Miranda, 2006).

Atualmente, a bicicleta vem ganhando espaço dentre as soluções para os problemas urbanos. Na Europa, países como Alemanha, Bélgica, Inglaterra e Holanda estão adotando medidas para incentivar o uso desse modo. Essas iniciativas estão apresentadas neste capítulo.

Além disso, este capítulo discorre sobre as vantagens e desvantagens do uso da bicicleta, os componentes de um sistema cicloviário e os fatores que devem ser levados em consideração durante seu planejamento, tais como: localização das ciclovias e dos estacionamentos, demanda e segurança.

### **4.2 COMPONENTES DE UM SISTEMA CICLOVIÁRIO**

Segundo o Manual de Planejamento Cicloviário do GEIPOT de 2001 um sistema cicloviário consiste em uma rede integrada composta por elementos com características de vias, terminais, transposições, equipamentos, etc que atendam a demanda e a conveniência do usuário da bicicleta em seus deslocamentos em áreas urbanas, especialmente em termos de segurança e conforto. A seguir serão descritos os principais componentes do sistema cicloviário.

#### 4.2.1 AS BICICLETAS

Nos últimos anos, a população brasileira vem enfrentando uma crise na mobilidade urbana. Com o crescimento das cidades os deslocamentos ficam mais lentos, os congestionamentos aumentam e os mais necessitados acabam se afastando dos bens e serviços, dificultando a desejada acessibilidade. Para fugir destes problemas e do deficiente transporte público de passageiros, muitas pessoas estão utilizando o modo bicicleta.

Segundo o manual do GEIPOT - Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (2001) - a bicicleta é o veículo individual mais utilizado nos pequenos centros urbanos do país (menos de 50.000 habitantes), que corresponde em número, mais de 90% do total de cidades brasileiras. Ela divide com o modo pedestre a maioria dos deslocamentos, pois o transporte coletivo não atende toda demanda e apenas a minoria da população tem acesso ao automóvel.

A diferença das cidades de médio porte para as de pequeno porte é a presença de transporte coletivo que, na maioria das vezes, encontra-se em condições precárias. Assim como nas cidades pequenas, nas cidades de tamanho médio, a posse de automóvel é privilégio da minoria e a bicicleta pode ser uma alternativa para o deslocamento diário de uma parcela da população (GEIPOT, 2001).

Nas cidades maiores, onde existe uma oferta representativa de transporte coletivo, as bicicletas estão presentes em grande número, principalmente na periferia dos centros urbanos, onde a situação é semelhante às cidades de menor porte e o transporte coletivo encontra-se em situação precária. Nestas cidades, o uso da bicicleta, poderia ser estimulado através de investimentos em infra-estrutura que permitissem a integração desta com outros modos (GEIPOT, 2001).

Como as bicicletas são os veículos individuais mais utilizados no Brasil e uma alternativa ao alcance de todas as pessoas que possuem boa saúde, torna-se uma alternativa importante para os grandes centros urbanos. Além disso, em alguns casos, as viagens realizadas pelo modo bicicleta são mais rápidas para pequenos trechos e em determinados horários devido aos intensos congestionamentos e à carência de estacionamentos para veículos nos centros urbanos. Segundo ELIAS,

(2007) esse fato é comprovado por alguns estudos que apontaram que para deslocamentos de até 8 km a bicicleta é a melhor opção.

Uma das vantagens do uso da bicicleta está no seu baixo custo de aquisição e manutenção. Os modelos mais simples, atualmente, podem ser adquiridos por valor inferior ao salário mínimo. Além disso, elas não utilizam combustível e possuem grande durabilidade. Para o setor público os custos necessários para a circulação da bicicleta são modestos quando comparados com o transporte motorizado.

O ciclista consome pouca energia quando comparado com o automóvel e o pedestre. Cerca de cinco vezes menos que um pedestre e cinquenta vezes menos que um automóvel pequeno, para uma mesma distância. (GEIPOT, 2001)

Por ter propulsão baseada na força humana, o impacto ambiental da bicicleta ocorre apenas durante seu processo de fabricação. No entanto, esse impacto é praticamente nulo, pois a bicicleta possui porte e peso reduzidos. Ela também não provoca poluição sonora, com exceção das buzinas que, para cumprir sua função, produz ruído.

Outra grande vantagem da bicicleta está na flexibilidade concedida aos seus usuários, pois não possuem rotas e horários pré-estabelecidos. Ela permite a circulação em locais inacessíveis a outras modalidades e, no caso de congestionamento de tráfego, o ciclista pode continuar a viagem.

A dificuldade em atingir todos os locais de moradia das populações de baixa renda e o elevado custo operacional das linhas com pouca demanda em percursos sinuosos, são alguns fatores que tornam a bicicleta um importante meio de transporte em complemento ao acesso até a residência.

O espaço necessário para o estacionamento deste veículo é menor que o utilizado por automóveis. Numa área necessária para estacionar um carro podem ser acomodados pelo menos seis bicicletas (GEIPOT, 2001).

Além disso, ela reduz o número de horas perdidas em congestionamento e a porcentagem das receitas familiares alocadas em gastos com transportes, aumenta a qualidade de vida, melhora os indicadores de saúde e a expectativa de vida e, ainda, o fluxo no tráfego.

As bicicletas também reduzem a degradação do patrimônio histórico e com isso diminui a necessidade de manutenção. Em cidades históricas, a presença de veículos pesados pode abalar as estruturas de edificações centenárias.



Porém, a bicicleta possui um raio de ação limitado, (limite teórico é de 7,5 km (GEIPOT, 2001)), principalmente quando se considera o conforto do usuário, pois dependendo das condições climáticas e da distância a percorrer, o ciclista pode ter sua viagem interrompida pela chuva ou chegar transpirando ao destino (FERREIRA, 2005). No entanto, a localização de alguns pólos geradores de tráfego na periferia das cidades faz com que muitos ciclistas percorram distâncias superiores a esta.

Os ciclistas representam uma ameaça para os pedestres. Frequentemente, por falta de segurança no tráfego, ou conveniência de seu trajeto, os ciclistas circulam nos locais destinados aos pedestres. Outra desvantagem para o uso da bicicleta é a ondulação dos terrenos, obviamente, uma topografia acidentada desestimula o uso deste modo por exigir maior esforço do ciclista. Isto pode ser superado com o desenvolvimento de um sistema viário em direções que suavizem a declividades de rampa.

Há também outras desvantagens: a falta de estacionamentos destinados para as bicicletas e a baixa segurança no tráfego. Tais estacionamentos evitariam furtos. E a baixa segurança no tráfego é agravada pelo comportamento inadequado de muitos ciclistas.

Estas desvantagens podem ser minimizadas através da adoção de um planejamento cicloviário para áreas que possuem potencial de uso deste modo e com a implantação de infra-estrutura para circulação de ciclistas tais como: ciclovias, ciclofaixas, paraciclos, bicicletários, faixas compartilhadas, ciclorotas, passarelas subterrâneas e outros equipamentos que permitem a integração da bicicleta com outros modos. Além disso, para estimular a utilização da bicicleta como meio de transporte é necessária a participação não apenas do poder público, mas também de toda a sociedade. Indústrias, comércio, universidades, escolas, e outros devem possuir uma estrutura mínima que permita aos ciclistas tomar banho e se trocar.

## 4.2.2 VIAS DE CIRCULAÇÃO DE BICICLETAS

As vias de circulação de bicicletas são definidas segundo suas características físicas e operacionais em: via ciclável, faixa compartilhada, ciclorota, ciclofaixa e ciclovia. Cada um destes é descrito a seguir.

### ▪ VIA CICLÁVEL

É o nome dado a via de tráfego motorizado onde a circulação de bicicletas ocorre de forma segura. Normalmente são vias secundárias ou locais onde há pouco tráfego. (GEIPOT, 2001)

### ▪ FAIXA COMPARTILHADA

É uma via onde pode circular dois ou mais modos de transporte (figura 4.1). A faixa compartilhada recebe atribuições diferentes. Uma delas é que: são faixas segregadas por obstáculo físico ou não, cujo uso é destinado tanto a bicicletas quanto a pedestres, ou bicicletas e veículos. A outra: é que são faixas da rede viária, em geral mais largas, destinadas ao tráfego de veículos motorizados e bicicletas, sem que haja nenhuma delimitação no piso.



**FIG. 4.1** Faixa Compartilhada - Lagoa Rodrigo de Freitas - Rio de Janeiro

## ▪ CICLOROTA

Uma ciclorota compreende vias de tráfego comum onde há sinalização especial. Seleccionada para percorrer uma determinada rota utilizando o modo bicicleta. Pode ser implantada para períodos curtos de tempo, como fins de semana e feriado. As ciclorotas têm espaço preferencial para ciclistas, mas veículos, em geral de baixa capacidade, podem cruzá-las para ter acesso a outras ruas.

## ▪ CICLOFAIXA

Faixa destinada à circulação exclusiva de bicicletas, sendo separada das outras faixas de tráfego por pintura no pavimento, dispositivos delimitadores como tachinhas e tartarugas ou, até mesmo, por ambos. Não é recomendado pintar apenas o pavimento.

Em função da segurança recomenda-se que a ciclofaixa (figura 4.2) seja unidirecional e que, nas aproximações dos cruzamentos, quando houver disponibilidade de espaço, ela seja canalizada.

As ciclofaixas possuem baixo custo quando não necessitam de remanejamento de espaço viário. Isto é possível quando a largura da via é grande para duas faixas, mas insuficiente para três faixas.

De acordo com GONDIM (2001) a necessidade de considerar ultrapassagens de bicicletas e outras eventualidades, faz com que a largura da ciclofaixa seja superior à necessária durante a maior parte do tempo de percurso.



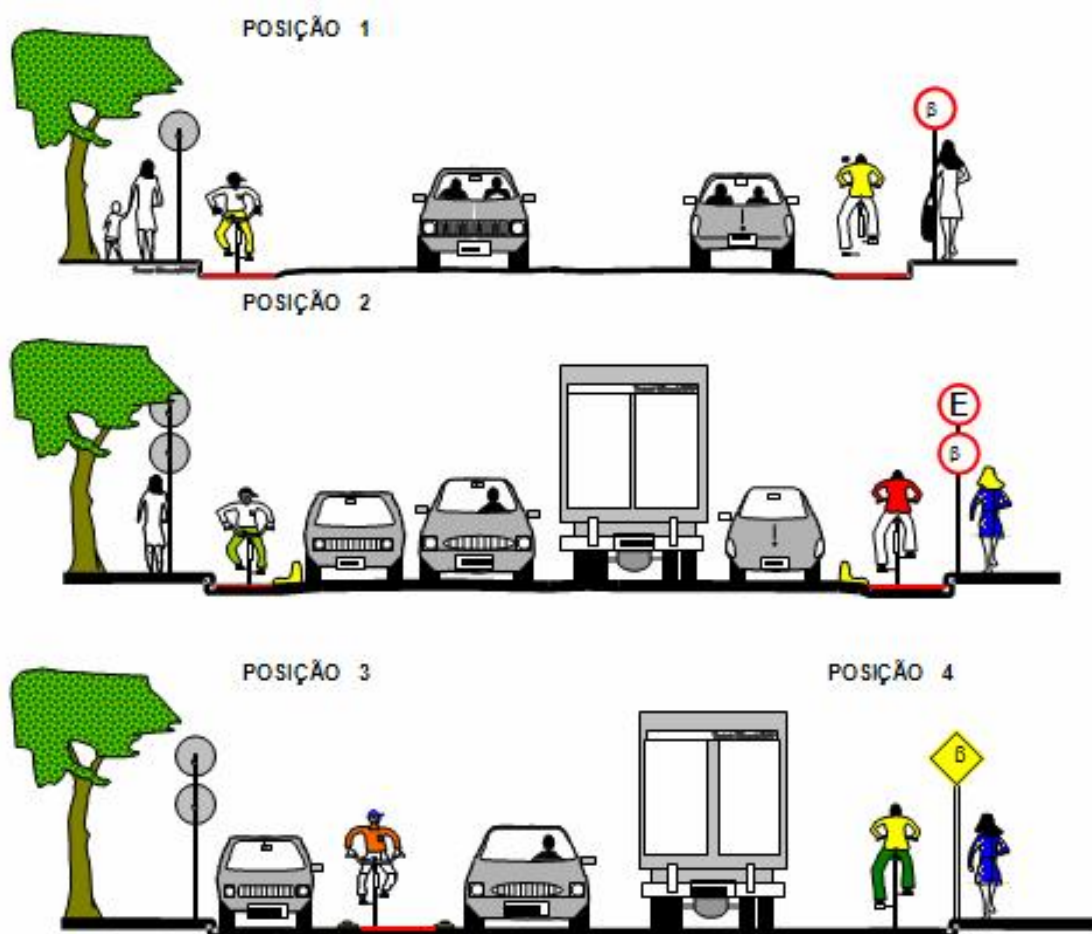
**FIG. 4.2 Ciclofaixa**

Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:050529\\_Barcelona\\_033b.jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Imagem:050529_Barcelona_033b.jpg)

Segundo o GEIPOT, (2000) existem quatro alternativas para a implantação de ciclofaixas. A mais recomendada é aquela em que a ciclofaixa situa-se na borda direita da via, ao lado do meio-fio, em vias onde é proibido o estacionamento de automóveis em ambos os lados (posição 1), conforme figura 4.3.

Outra opção é a localização da ciclofaixa entre a área de estacionamento e a borda do meio-fio, ao lado da calçada de pedestre (posição 2).

Uma terceira opção é a ciclofaixa especial, que ocorre quando ela é implantada após a linha de estacionamento. Nessa situação admite-se estacionamento de veículos pequenos ao longo do meio-fio, de forma que não se obstrua a passagem dos ciclistas. O principal problema deste tipo de ciclofaixa é o risco constante de acidentes na saída e na entrada de veículos nas vagas.

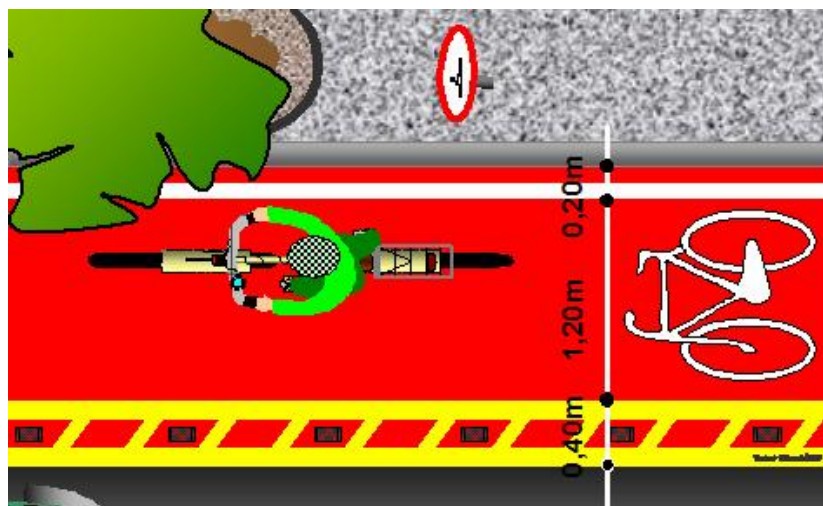


**FIG. 4.3** Posições para Implantação de Ciclofaixa

Fonte: GEIPOT, 2001.

Na última posição (4) as vias para o tráfego de veículos motorizados possuem uma largura entre 3,5 e 5 m. Desta forma é possível a circulação de bicicletas na porção excedente da largura padrão da faixa de tráfego motorizado.

Apesar das controvérsias quanto à largura mínima a ser adotada para ciclovias e ciclofaixas, existem parâmetros técnicos a serem observados. Normalmente a largura mínima interna de uma ciclofaixa é 1,20 m. É importante criar espaço de separação através da pintura de duas faixas paralelas com largura mínima de 0,40 m, preenchido com pintura e “tachinhas”, conforme figura 4.4, para garantir segurança aos ciclistas. (GEIPOT, 2001). Este manual ainda recomenda que entre a linha do meio-fio e a via ciclável deve haver uma faixa separadora com espessura de 0,2 m.



**FIG. 4.4 Largura de uma ciclofaixa comum**

Fonte: Manual GEIPOT, 2001

As ciclofaixas especiais devem ser implantadas apenas quando a faixa destinada a bicicleta possuir largura superior a 2,00 m. A vantagem dessa largura adicional é que existe a possibilidade dos ciclistas desviarem de eventuais aberturas das portas. (GEIPOT, 2001)

Na aproximação de parada de transporte coletivo é recomendada, caso exista espaço, a criação de pequenos trechos de ciclovia atrás das paradas de ônibus. Isto evita choque de ciclistas com pessoas.

Quando não existe uma fiscalização eficaz as ciclofaixas acabam sendo utilizadas para estacionamento irregular e, até mesmo, para circulação de veículos. Isso, não apenas desestimula o uso da bicicleta como também compromete a segurança dos ciclistas.

- **CICLOVIA**

Faixa destinada à circulação exclusiva de bicicletas. Sua estrutura é totalmente segregada do tráfego motorizado, o que garante maior segurança e conforto aos ciclistas. É separada fisicamente da via de tráfego e das calçadas por meio fio, muretas ou similares. Fatores como o custo construtivo e o espaço necessário para sua implantação impedem, muitas vezes, a sua implantação.

Normalmente as ciclovias (figura 4.5) são construídas na faixa de domínio das vias normais, lateralmente, no canteiro central em parques e outros locais. Podem assumir traçado independente da malha viária.

Segundo o MINISTÉRIO DAS CIDADES, (2006), em 1996 foi realizado um estudo pelo GEIPOT em 60 cidades brasileira. Das cidades analisadas verificou-se que havia 350 km de ciclovias. Em uma outra pesquisa realizada em 2005 o Ministério dos Transportes avaliou 277 municípios e encontrou 2450 km de ciclovias.



**FIG. 4.5 Ciclovia**

Fonte: [www.egonautica.cl/Pics/ciclovia.jpg](http://www.egonautica.cl/Pics/ciclovia.jpg)

## Pistas Unidirecionais

A ciclovia unidirecional não é adotada freqüentemente no Brasil. Ela é mais utilizada em países como Holanda, Alemanha e Dinamarca que possuem tradição no uso da bicicleta. Sua utilização ocorre quando em uma determinada área urbana existe uma rede cicloviária completa e a bicicleta é tratada como um modo que deve receber tratamento igual aos outros veículos da via pública.

O GEIPOT, (2001) diz que na França e na Holanda a largura mínima efetiva para este tipo de pista 2,00 m. Porém, quando as bordas estão desniveladas em mais de 0,10 m é necessário um acréscimo de 0,50 m na ciclovia.

Este manual também menciona que caso exista arborização lateral além da superlargura de 0,50 m deve ser acrescentado 0,25 m. Isto evita interferências de troncos de árvores e de obstáculos fixos sobre os ciclistas. Além disso, esta largura pode variar em função do volume de bicicletas que circula conforme apresentado na tabela 4.1 (GEIPOT, 2001).

**TAB. 4.1 Tráfego horário e largura efetiva para pista unidirecional**

<b>Tráfego Horário (bicicletas/hora)</b>	<b>Largura efetiva</b>
Até 1.000	de 2,00 a 2,50m
De 1.000 a 2.500	de 2,50 a 3,00m
De 2.500 a 5.000	de 3,00 a 4,00m
Mais de 5.000	de 4,00 a 6,00m

Fonte: GEIPOT, 2001

Para determinar a largura da ciclovia deve-se identificar o número de bicicletas da hora de pico mais movimentada do dia da semana. Numa determinada rota, poderá haver variações de demanda significativas, principalmente nas proximidades do período de entrada e saída de trabalhadores das fábricas. Quando isso ocorre, a ciclovia pode começar com 4 a 6 m de largura e ter sua largura reduzida, na medida em que for se afastando dos locais de alta demanda (GEIPOT 2001).

## Pistas Bidirecionais

As ciclovias bidirecionais são muito utilizadas no Brasil. Nos grandes centros urbanos, para lazer e no interior do País, como ciclovias funcionais.

Apesar das ciclovias bidirecionais possuírem custo inferior às unidirecionais, elas apresentam maiores problemas de segurança. Isto ocorre porque há risco de choques frontais entre os ciclistas.

A largura ideal de uma ciclovias bidirecional é 3,00 m, mas aceita-se dimensioná-la até o mínimo de 2,50 m. Quando existir desnível lateral superior a 0,10 m é necessário acrescentar 0,50 m na largura da pista. (GEIPOT 2001)

Assim como a pista unidirecional, a largura recomendável da pista bidirecional varia em função do volume de bicicletas, conforme tabela 4.2.

**TAB 4.2 Tráfego horário e Largura efetiva para Pista Bidirecional**

<b>Tráfego Horário (bicicletas/hora)</b>	<b>Largura efetiva</b>
Até 1.000	de 2,50 a 3,00m
De 1.000 a 2.500	de 3,00 a 4,00m
De 2.500 a 5.000	de 4,00 a 6,00m
Mais de 5.000	> 6,00m

Fonte: GEIPOT, 2001

Como o ciclista é propulsor de seu próprio veículo, deve ser concedida atenção especial às rampas nas ciclovias. A rampa máxima recomendada pelo manual do GEIPOT é 10% (conforme Tabela 4.3).



**TAB. 4.3 Declividades de Rampa para Bicicletas segundo o desnível**

Desnível a Vencer	Rampa	
	Normal	Máxima
2m	5,00%	10,00%
4m	2,50%	5,00%
6m	1,70%	3,30%

Fonte: GEIPOT, 2001

Atualmente, o país conta com aproximadamente 1.800 km de infra-estrutura exclusiva para circulação deste modo, o que é ainda irrisório frente ao comprimento de área disponível. Isso ocorre porque muitas administrações públicas consideram o investimento nesta área um desperdício de recursos (BRAGA e MIRANDA, 2006).

Outro problema é a precariedade da infra-estrutura que não estimula os ciclistas tradicionais e, muito menos consegue atrair usuários de outros modos de transporte. Por isso, para aumentar o número de usuários deste modo é necessário que o país melhore e amplie a rede cicloviária existente.

#### 4.2.3 TIPOS DE ESTACIONAMENTOS

A disponibilidade de estacionamento seguro e conveniente é fundamental tanto para bicicletas quanto para veículos automotores. No entanto, em projetos de escritórios, lojas, escolas, estações de integração e outros frequentemente há negligência quanto à construção de paraciclos e bicicletários.

Os estacionamentos para bicicletas podem ser utilizados por curto ou longo período de tempo. Nos estacionamentos de períodos curtos as bicicletas ficam estacionadas, no máximo, duas horas e meia. Nos estacionamentos de longa duração, normalmente as bicicletas ficam estacionadas durante o dia inteiro ou durante toda a noite (BICYCLINGINFO, 2002).

O Paraciclo (figura 4.6) é um tipo de estacionamento para bicicletas em lugar público, capazes de manter os veículos de forma organizada. Ele permite a amarração do veículo a fim de evitar roubo. Segundo o GEIPOT, (2001) os

paraciclos são utilizados por curta ou média duração, ou seja, até 2 horas, em qualquer período do dia.



**FIG. 4.6 Paraciclos**

Uma das principais características do paraciclo é sua facilidade de acesso, por isso devem ser localizados próximos ao destino dos ciclistas, e também, do sistema viário ou cicloviário (GEIPOT, 2001).

Para facilitar o acesso dos ciclistas, um projeto de paraciclo deve evitar degraus, desníveis acentuados, portas, etc. Quando os estacionamentos estiverem no subsolo é aconselhável que o acesso seja realizado através de rampas suaves e indicado por sinalização adequada (GEIPOT, 2001).

Os custos de transporte para a população de renda mais baixa, que geralmente mora longe desses centros, são altos. Em conseqüência, é imprescindível a existência de paraciclos nas estações de transporte ferroviário e nas paradas de transporte coletivo por ônibus, em bairros da periferia dos centros urbanos das grandes cidades brasileiras.

O bicicletário é caracterizado como estacionamento de longa duração e podem ser públicos ou privados. Normalmente, os bicicletários estão localizados próximos aos terminais de transporte, em grandes indústrias, em áreas de abastecimento, parques e outros locais que atraem bicicletas. Os estacionamentos do tipo bicicletário (Figura 4.7) possuem infra-estrutura de médio a grande porte (GEIPOT, 2001).



**FIG. 4.7 Bicicletários**

Além do tempo maior da guarda das bicicletas, outras diferenças dos paraciclos para os bicicletários são os picos de movimentação dos ciclistas, geralmente em horários de entrada e saída de jornadas de trabalho.

Os bicicletários possuem grande importância como estacionamento de transferência nas estações de grande porte do transporte coletivo, principalmente naquelas situadas nas periferias das grandes cidades.

Conforme mencionado, as áreas de bicicletário devem estar o mais próximo possível dos locais de destino dos ciclistas, junto aos terminais de transporte urbano, rodoviárias, praças de esporte, estádios, ginásios, indústrias e em praças públicas. (GEIPOT, 2001)

#### 4.2.4 LOCALIZAÇÃO DOS ESTACIONAMENTOS

A localização dos paraciclos e bicicletários é fundamental para seu sucesso. Segundo o INTERNATIONAL BICYCLE FUND, (2006) os estacionamentos para bicicletas devem ser implantados em locais de fácil visibilidade e uso, acessíveis a todos, cobertos, iluminados e abundantes. Recomenda-se também que estes estacionamentos estejam posicionados e pintados de maneira que os ciclistas, ao chegarem à via, os identifiquem facilmente. A implantação destes estacionamentos em locais visíveis também dificulta a possibilidade de roubos e vandalismos.

No que diz respeito ao acesso, os estacionamentos devem ser implantados de forma que não atrapalhem as entradas e saídas de veículos das residências e os acessos às ruas. Além disso, é recomendado que eles sejam implantados o mais próximo possível do destino final dos ciclistas como escolas, edifícios de escritório, comércio, estações de integração modal, e outros. Nos projetos de estacionamento de bicicletas é recomendado também evitar degraus, desníveis acentuados, portas estreitas, etc.

Para o bom funcionamento dos paraciclos e bicicletário é necessário que eles sejam seguros. Para isso, eles devem ser implantação em locais que estão constantemente vigiados pelo público e, se possível, por circuito interno de TV. Quanto à iluminação, além de evitar roubos e vandalismos, favorece a segurança pessoal e previne acidentes.

Sempre que possível é recomendado também que as bicicletas sejam protegidas de intempéries. Algumas alternativas são a construção de um telhado unido a um edifício já existente ou, até mesmo, a implantação de uma cobertura autônoma.

Para evitar conflito das bicicletas com os pedestres é recomendado que os paraciclos e os bicicletários sejam instalados de forma que as bicicletas estacionadas não obstruam sua passagem. Além disso, para impedir que os pedestres tropecem ou, até mesmo, caiam recomenda-se que os estacionamentos para bicicletas não possuam barras.

Uma forma de evitar o conflito das bicicletas com automóvel é através da construção de barreiras físicas entre os estacionamentos de bicicletas e de veículos automotores. Isto impede que os automóveis danifiquem as bicicletas estacionadas.

#### 4.2.5 DEMANDA POR ESTACIONAMENTO

Segundo a SUSTRANS, (2004) a maneira mais indicada para determinar a demanda por vagas para bicicletas é através de pesquisas não apenas com todos os usuários existentes, mais também com os potenciais usuários dentro de uma organização, escola, entre outros. Como é muito difícil determinar esse valor o mais

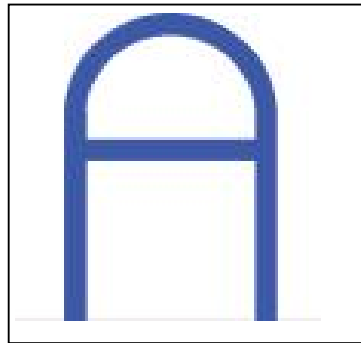
prudente é mensurar o potencial que diferentes locais (ruas de comércio, regiões industriais, escolas, etc) têm de atrair ciclistas. Esta pesquisa pode ser realizada através de observações nos locais onde as bicicletas são presas ao mobiliário urbano como, por exemplo, postes e grades, ou ainda nas áreas onde poderia haver uma demanda elevada (estações de trem e metrô).

#### 4.2.6 DESENHO E INSTALAÇÕES

Independente do período em que as bicicletas permanecem estacionadas é fundamental que os ciclistas tenham confiança e tranquilidade em deixá-las nos paraciclos e bicicletários.

Um bom paraciclo ou bicicletário deve ser capaz de:

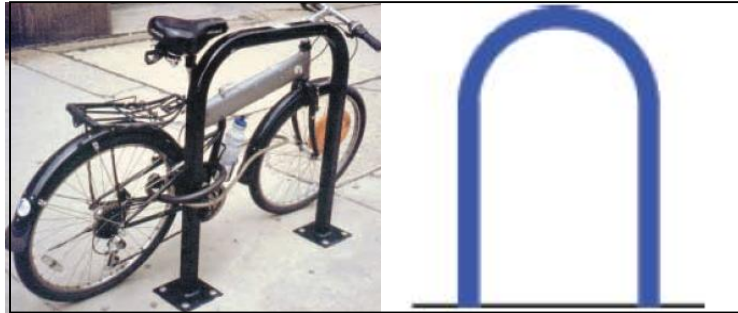
- Suportar a bicicleta verticalmente em dois lugares;
- Impedir que a roda da bicicleta vire;
- Permitir que a estrutura e uma ou as duas rodas sejam fixas;
- Prender a bicicleta independente da forma de seu quadro;
- Permitir o estacionamento pela frente ou por trás através de um cadeado capaz de prender a roda e o tubo horizontal ao mesmo tempo (estacionamento em forma de A – figura 4.8).



**FIG. 4.8 Estacionamento em Forma de A.**

Fonte: Bicycle Parking, (2002).

O estacionamento tipo U invertido (figura 4.9) é capaz de suportar duas bicicletas.



**FIG. 4.9 Estacionamento tipo U invertido**

Fonte: Bicycle Parking, (2002).

A figura 4.10 mostra o paraciclo do tipo grelha. Esse tipo de estacionamento é desaconselhado porque não oferece um suporte adequado. Além dos ciclistas terem dificuldade de usar as trancas, esse tipo de suporte pode danificar a bicicleta.



**FIG. 4.10 Paraciclo do tipo Grelha**

Fonte: Transporte Ativo, (2007).

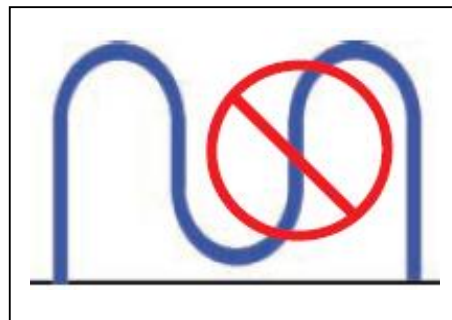
O estacionamento do tipo “pátio cercado” (figura 4.11) também não é indicado porque tem péssima utilização da área e não oferece facilidades.



**FIG. 4.11 Estacionamento do tipo Pátio**

Fonte: Transporte Ativo, (2007).

Os estacionamentos em forma de onda (Figura 4.12) não são recomendados porque os ciclistas o utilizam como se fosse um estacionamento do tipo. A capacidade real de um estacionamento em forma de onda é geralmente muito maior que a capacidade na prática (Bicycle Parking, 2002).



**FIG. 4.12 Estacionamento do tipo Onda**

Fonte: Bicycle Parking, (2002).

Os estacionamentos do tipo grelha (Figura 4.10), onda (Figura 4.12) e grade (Figura 4.13) não são recomendados porque não fornecem nenhuma sustentação para a estrutura da bicicleta.



**FIG. 4.13 Estacionamentos: Grade**

Fonte: Bicycle Parking, (2002).

Além disso, o material utilizado para fabricação destes estacionamentos deve ser resistente a corte e não podem ser facilmente movidos e roubados. Os estacionamentos também devem possuir acesso independente às bicicletas (Bicycle Parking, 2002).

#### 4.3 INTEGRAÇÃO DA BICICLETA COM O TRANSPORTE PÚBLICO

“*Bike and ride*” refere-se à combinação em uma viagem, do uso da bicicleta com o transporte público. A utilização da bicicleta com os ônibus, metrô ou trens traz uma série de benefícios ambientais e sociais. Os benefícios ambientais referem-se à redução no consumo de energia e poluição sonora e atmosférica. A magnitude desses benefícios dependerá do número de veículos que serão substituídos pelo *bike-and-ride* (MARTENS, 2004).

Para que as bicicletas possam ser integradas ao sistema de transportes públicos é indispensável a implantação de infra-estrutura capaz de atender as necessidades locais. Esta integração não inclui apenas paraciclos e bicicletários, mas também a construção de ciclovias e ciclofaixas. Segundo ANTP/BNDES (2007 (a)), uma estratégia possível e desejável em benefício da bicicleta é a instalação de facilidades num raio entre 2 e 5 km com centro no ponto de embarque e desembarque.



A bicicleta possibilita seus usuários atingirem vários destinos quando integrada à outros modos, como metrô, trem, ônibus, etc. Ela também é considerada um modo de transporte sustentável, ou seja, “um transporte que não coloca em perigo a saúde pública e os ecossistemas e que respeita as necessidades de mobilidade” (RUAVIVA, 2005).

A grande vantagem do uso da bicicleta como transporte complementar está na redução, em alguns casos, do tempo total de viagem, eliminação do tempo de caminhada até o ponto de parada de transporte, tempo de espera da condução e tempo de caminhada a partir do desembarque até o destino final.

Apesar de todos os atributos que favorecem a comunidade e o meio ambiente, em muitos casos despreza-se o fato da bicicleta ser um veículo de transporte importante na economia, na mobilidade urbana, na cidadania e na inclusão social (RIBEIRO & FEITAS, 2005).

A ANTP/BNDES, 2007 cita as três formas de estabelecer a integração da bicicleta com o transporte público em áreas urbanas, são elas:

- O uso da bicicleta no início ou no final da viagem principal: quando os usuários começam a viagem utilizando o transporte público, deixam seus veículos estacionados em paraciclos ou bicicletários e prosseguem a viagem utilizando o transporte público (ônibus, metro, trem, etc). Ou, ao contrário, os usuários utilizam o transporte público, e pegam as bicicletas estacionadas nos paraciclos e bicicletários. Esta opção é indicada para viagens de média e longa distância, ou seja, viagens com mais de 5 km de extensão.

- Bicicleta para a microacessibilidade: após a utilização do transporte público o usuário encontra disponível bicicleta para aluguel que podem ser utilizadas na área central ou em outras regiões onde o transporte público não atinge. Esses veículos são devolvidos em alguns pontos da região ou no mesmo local do início da viagem. Esse tipo de integração é indicado para áreas que possuem alta densidade demográfica.

- Bicicleta embarcada: os usuários podem embarcar com sua bicicleta no veículo de transporte público como ônibus, metrô, trem, etc.

#### 4.4 O USO DAS BICICLETAS NO BRASIL E NO EXTERIOR

Ao longo dos últimos anos, várias cidades brasileiras resolveram incentivar o uso intensivo das bicicletas, expandindo a malha cicloviária e as faixas de tráfego destinadas a circulação deste modal. Porém, em cidades como Rio de Janeiro e São Paulo, as ciclovias são utilizadas normalmente para viagens a lazer, pois as distâncias percorridas em viagens regulares são maiores (MAIA *et al*, 2004).

Na cidade do Rio de Janeiro a Lei Complementar nº 77, de 22 de Abril de 2005 exige que shoppings centers e hipermercados destinem áreas para estacionamento de bicicletas. Apesar dessa obrigatoriedade muitos shoppings ainda não implantaram paraciclos e bicicletários. O TRANSPORTE ATIVO, (2007) fez uma pesquisa em 24 dos 50 shoppings apurados na cidade e constatou que dezoito possuíam bicicletário, dois estavam se adequando e quatro não possuíam nenhum tipo de estacionamento para bicicletas. Além disso, constataram que dentre os dezoito shoppings visitados que tinham bicicletário, quatro estavam regulares e quatorze irregulares.

Em São Paulo a Lei nº 13.995, de 10 de Junho de 2005 também obriga a criação de estacionamento para bicicletas em órgãos públicos municipais; parques; shopping centers; supermercados; instituições de ensinos públicos e privados; agências bancárias; igrejas e locais de cultos religiosos; hospitais; instalações desportivas; museus e outros equipamentos de natureza culturais (teatro, cinemas, casas de cultura, etc.); e indústrias (TRANSPORTE ATIVO, 2007). Além disso, a cidade de São Paulo possui a Lei nº 14.266, de 6 de fevereiro de 2007 que dispõe sobre a criação do sistema cicloviário no município de São Paulo. O artigo 3 desta lei menciona que São Paulo deverá agregar aos terminais de transporte coletivo urbano infra-estrutura apropriada para a guarda de bicicletas (estacionamentos) e estabelecer negociações com o governo estadual com o objetivo de permitir o acesso e transporte de ciclistas e bicicletas em vagão especial no metrô e em trens metropolitanos.

Na cidade de Salvador, segundo estudo realizado por RIBEIRO & FEITAS, (2005) uma das dificuldades de deslocamento dos usuários pelo modo bicicleta está no regulamento ferroviário, que não permite estacionamento de bicicleta nas

estações de trem. Muitos ciclistas realizam a integração ilegalmente. As bicicletas são presas com correntes na grade de proteção da estação Periperi e os ciclistas utilizam o trem até a estação Calçada possibilitando a partir daí, acesso a outras áreas da Cidade.

No exterior, várias cidades, entre elas Groningen na Holanda, Beijing na China e Tóquio no Japão, decidiram priorizar o transporte público e a integração das ciclovias como importante instrumento para melhorar o fluxo no trânsito urbano, a qualidade de vida e a paisagem urbana. Nessas cidades os índices de deslocamentos urbanos utilizando o modo bicicleta confirmam a viabilidade deste meio de transporte e demonstram o seu potencial de expansão em ambientes urbanos de grandes cidades, conforme pode ser visto na tabela 4.4 (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2006).

**TAB. 4.4 Porcentagem de viagens diárias utilizando ciclovias**

CIDADE	% USO CICLOVIAS
Groningen, Holanda	50%
Beijing, China	48%
Tóquio, Japão	25%
Moscou, Rússia	24%
Nova Deli, Índia	22%
Manhattan, NY, EUA	8%
Toronto, Canadá	3%
Londres, Inglaterra	3%

Fonte: <http://www.aulasp.prefeitura.sp.gov.br/transportesustentavel3.htm>

Para obter sucesso nesta integração é necessário que exista um local seguro (bicicletário/paraciclo) para os ciclistas estacionarem seus veículos, ou que seja permitida a circulação dos mesmos dentro do transporte coletivo, como ocorre em Cuba, Holanda e França (figura 4.14, 4.15 e 4.16 respectivamente). Além disto, as estações devem ser projetadas de forma a facilitar o acesso das bicicletas, evitando degraus, rampas, irregularidades do pavimento, portas, etc.



**FIG. 4.14 Ciclobus - Cuba**



**FIG. 4.15 Copenhagen (Metrô) – Holanda (Trem)**



**FIG. 4.16 Espaço destinado para bicicletas, Rouen – França**

Algumas cidades européias, para desencorajar o uso de automóveis e estimular o uso da bicicleta, estão cobrando pedágio urbano e altas taxas para gasolina e estacionamento de automóveis. Além disso, eles estão adotando medidas para incentivar formas mais sustentáveis de transporte (MAIA, 2004).

Recentemente, o Parlamento Europeu votou a favor do direito dos passageiros ferroviários de transportar bicicletas em trens por toda a União Européia. Na Alemanha, na Dinamarca, na Suíça e nos Países Baixos o uso da bicicleta está aumentando significativamente.

Na Alemanha os primeiros investimentos no modo bicicleta aconteceram no final da década de 70 e início da década de 80, quando o governo federal decidiu construir várias ciclovias e lançar um programa para promover a bicicleta nas cidades. Com estes investimentos, a divisão modal mostrou um crescimento da proporção de viagens feitas utilizando o modo bicicleta de 8 para 12% entre 1972 e 1995 (PUCHER et al, 1999 *apud* MARTENS, 2004). Atualmente, várias estações de trem possuem estacionamentos para bicicletas que permitem a integração entre os modos de transporte. Munique, por exemplo, possui uma rede cicloviária de aproximadamente 700 km que alcança praticamente toda a cidade (LANDESHAUPTSTADT MÜNCHEN, 2000 *apud* MARTENS, 2004). Ela também foi uma das primeiras cidades a instalar equipamentos que facilitem a integração da bicicleta com outros modos de transporte, como paraciclos e bicicletários em estações de metrô e trens. O número de estacionamentos de bicicletas em Munique e região metropolitana aumentou de 19 mil em 1986 para mais de 41 mil em 1998 (BÖRDLEIN, 2000 *apud* MARTENS, 2004).

A bicicleta nas cidades dinamarquesas, segundo ANPET/BNDES (2007(b)) chega a ser o modo predominante de acesso às estações (25% a 39% dos passageiros chegam de bicicleta). Segundo MIRANDA, (2006) na cidade de Copenhagem há 353 km de ciclovias e estão construindo mais 100 km, metade desse valor em parques e o restante para ciclovias com rotas para o trabalho. Um terço dos deslocamentos diários (100 mil viagens/dia) é realizado por bicicleta. Na maioria dos trens e metrôs e até em táxis as bicicletas são aceitas. Desde 1995, a cidade possui uma frota pública de bicicletas que atualmente conta com três mil veículos para uso gratuito. Nos últimos 6 anos o tráfego de bicicletas aumentou 21%

e o número de acidentes diminuiu 50% (ANPET/BNDES, 2007(b)). Nesta cidade também é permitido embarcar bicicletas nos ônibus, trem e metro

A Holanda é o país que mais utiliza bicicleta no mundo. PUCHER e DIJKSTRA, 2000 *apud* MARTENS, 2004 menciona que na Holanda mais de 27% de todas as viagens são realizadas por bicicleta, enquanto que no Brasil, segundo a ANTP, (2005) apenas 2,7% das viagens são realizadas por bicicleta. Desde a década de 70, com a crise do petróleo e a preocupação com os impactos negativos provenientes do uso de veículos automotores, os holandeses resolveram investir em ciclovias. Desde então, a rede de ciclovias mais que dobrou de comprimento, de 9282 km em 1978 para 18.948 km em 1996. Além disso, a Holanda desenvolveu um programa para incentivar adolescentes a utilizarem a bicicleta em viagens com destino à escola. Atualmente, 60% das viagens casa – escola são realizadas por bicicletas (BEURET e CÂMARA 2000 *apud* MAIA *et al.* 2004). Esses mesmos autores ainda mencionam que no Reino Unido esse percentual é de somente 4% e aproximadamente 75% dos estudantes possuem bicicleta, o que equivale a 18 milhões de bicicletas. Em todas as estações de trens e metrô há estacionamento para bicicletas e, em algumas delas, serviços de aluguel e manutenção e armários para guardar equipamentos. Isso encoraja os ciclistas a utilizarem a bicicleta. Além de uma infra-estrutura exemplar a Holanda conta com uma forte cultura voltada para o uso da bicicleta.

Em Limburg, na Bélgica há também medidas para incentivar os estudantes a utilizarem o modal bicicleta. Esse incentivo é dado através da formação de pequenos grupos de estudantes chamados de “*bicycle pooling*” que circulam em uma mesma rota com destino a escola. Esses grupos são formados por estudantes que moram próximos e as viagens são supervisionadas por um adulto (VANCLUSEN, 1999 *apud* MAIA *et al.* 2004).

Na Inglaterra, muitos empregadores têm incentivado o uso da bicicleta. Os trabalhadores contam com reembolso referente à distância percorrida nas viagens casa – trabalho e com subsídios para comprá-las. Para isso, os empregadores recebem incentivos fiscais do governo federal (CÂMARA, 2000 *apud* MAIA *et al.*, 2004).

A legislação da cidade de Paris é muito severa. Bicicletas sem freio, buzina e luzes pode acarretar em multas para os ciclistas (ANPET/BNDES, 2007(b)). A fim de

reduzir em 40% o número de veículos em circulação até 2020, a prefeitura depositou na cidade em 2007 mais de 10.000 bicicletas para integração com o transporte público e instalou mais de 750 pontos de bicicleta. Com este sistema os moradores e turistas pegam a bicicleta em um ponto próximo ao início da viagem e no final da mesma a depositam num outro ponto perto do seu destino. Para evitar roubos os usuários são obrigados a deixar uma pré-autorização de débito no cartão de crédito de €150,00, que equivale ao valor de uma bicicleta e paga-se uma tarifa pelo uso. Também na França, Lyon adotou esta estratégia e obteve muito sucesso e Marselha e Provença pretendem adotá-la (O GLOBO, 2007).

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se verificar que a bicicleta permite a inclusão na sociedade das pessoas que possuem baixa renda e que normalmente, moram em áreas distantes dos centros urbanos. Além disso, observou-se que mesmo para viagens longas, esse modo de transporte pode ser indicado quando integrado ao transporte público. Isso pode ser comprovado a partir de exemplos do uso da bicicleta em vários países.

No capítulo seguinte serão apresentados os métodos de análise multicritério que podem ser utilizados no processo de tomada de decisão quanto ao melhor local para a implantação de estacionamentos de automóveis e bicicletas para integração com o transporte público.

## 5. MÉTODOS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO

### 5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A tomada de decisão é essencial no cotidiano das pessoas, pois frequentemente os decisores precisam optar por uma entre várias alternativas. Os métodos de apoio à decisão surgiram com o intuito de auxiliar os tomadores de decisão nessa escolha.

Segundo MILAN ZELENY *apud* ARIAS, 2001 a tomada de decisão pode ser definida como um instrumento de auxílio na resolução de problemas que possuem objetivos conflitantes, cuja presença impede a existência de uma “solução ótima” e encaminha para “solução de melhor compromisso”.

O tomador de decisão que necessita prever ou controlar algo, normalmente depara um complexo sistema de componentes inter-relacionados. Desta maneira, para determinar a opção que apresenta o melhor desempenho é fundamental que o decisor compreenda essa complexidade.

Atualmente, a análise multicritério está sendo utilizada em diferentes projetos e pesquisas na área de transporte para auxiliar na tomada de decisão quanto a medidas e estratégias a serem implementadas, principalmente quando se quer analisar sobre diferentes pontos de vista e se considerar diferentes critérios de análise.

A utilização da análise multicritério auxilia o decisor na hierarquização das possíveis alternativas para implantação de terminais de integração considerando critérios que envolvem principalmente o ponto de vista dos usuários. Por isso, para definir o melhor método de apoio à tomada de decisão, nesse capítulo será apresentada uma revisão bibliográfica de análise multicritério e os métodos que são utilizados na área de transporte.



## 5.2 A ANÁLISE MULTICRITÉIO

A análise multicritério consiste em uma série de métodos que auxiliam os tomadores de decisão a decidirem algo quando existem vários critérios que devem ser levados em consideração.

Além disso, os métodos multicritérios agregam critérios de natureza social e ambiental aos critérios econômicos. Isso permite que os decisores conheçam pontos conflitantes, como por exemplo, certo ganho em relação a uma alternativa vale a perda em relação a outra opção (SOARES, 2006), pois a mudança em um critério pode gerar a perda em outro. A melhor solução é aquela que não existe outra solução viável que melhore um objetivo sem piorar pelo menos um outro.

Para EASLEY *at al.*, 2000 *apud* GOMES, 2002 “os métodos e metodologias de Apoio Multicritério à Decisão auxiliam os decisores a compreender e explicar suas preferências junto às alternativas”.

A busca da solução de um problema freqüentemente ocorre em ambiente onde o ganho de um critério pode gerar perda em outro, ou seja, os critérios são conflitantes. A análise multicritério auxilia na avaliação e na tomada de decisão quando são utilizados vários critérios ou indicadores, qualitativos ou não, capazes de fornecer de forma aproximada uma idéia da situação que se pretende decidir (CAMPOS, 2005). Este também procura ser o mais claro, neutro, objetivo, transparente possível, sem almejar mostrar ao decisor uma solução única e verdadeira (GOMES, *et al.* 2004).

GOMES (2001) *apud* SOARES (2006) menciona que várias metodologias multicritério surgiram na Pesquisa Operacional utilizadas no processo de tomada de decisão. Com a modelagem matemática essas metodologias se estruturaram e passaram a oferecer suporte na tomada de decisão. Esses métodos são chamados de discretos porque utilizam um número pequeno de alternativas e critérios.

Os métodos multicritérios são ferramentas de apoio à tomada de decisão dos sistemas de transporte, onde há vários dados e variáveis e envolvidas. Nesses métodos essa diversidade é tratada de forma integrada.

Em problemas que envolvem a análise Multicritério, o tomador de decisão necessita inicialmente identificar o objetivo da análise. Esses problemas podem ser

classificados de três maneiras, são elas: ordenação, escolha e alocação em classes. Além disso, deve-se definir as alternativas, o método a ser adotado e quem atua como decisor. (BARBA-ROMERO e POMEROL, 1997, *apud* SOARES, 2006)

De acordo com BOUYSSOU (1990, *apud* MELLO *et al.*, 2005) a análise Multicritério apresenta as seguintes vantagens:

- Constituição de uma base para o diálogo entre analistas e decisores que fazem uso de diversos pontos de vista comuns;
- Maior facilidade para incorporar incertezas aos dados sobre cada ponto de vista;
- Encarar cada alternativa como um compromisso entre objetivos em conflito.

Segundo GOMES *et al.*, 2004 o processo de análise multicritério envolve quatro níveis não necessariamente seqüenciais que são:

1<sup>o</sup>) Objetivo da decisão e Espírito de Recomendação: consiste em reconhecer as necessidades e detectar o problema a ser solucionado.

2<sup>o</sup>) Análise das conseqüências e elaboração dos critérios: consiste na formulação e definição do problema, mediante a identificação dos eventuais grupos de interesse e dos objetivos e atributos utilizados no processo de decisão.

3<sup>o</sup>) Modelagem das preferências globais e abordagem operacional: elabora-se normalmente, um modelo analítico do problema para construir uma representação matemática a ser utilizada durante a análise do processo, estimando a influência de cada parâmetro no problema.

4<sup>o</sup>) Análise dos resultados: consiste na análise das alternativas em relação aos critérios. Dependendo da solução obtida pode haver necessidade de reavaliar o processo e assim retornar aos níveis anteriores. Feito isso, inicia-se a implantação da solução mais adequada.

### 5.3 CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIOS

Após a obtenção das preferências do decisor a etapa seguinte consiste na escolha do método multicritério de apoio a decisão a ser empregado. Com base no procedimento de agregação das preferências, ROY (1985), BANA e COSTA (1995),

JACQUET-LAGREZE (1995) e VINCKE (1995) *apud* VILAS BOAS 2005, classificam os Métodos Multicritério de Apoio à Decisão em: Métodos de Agregação a um Critério Único de Síntese; Métodos de Subordinação e Métodos Interativos.

### 5.3.1 MÉTODOS DE AGREGAÇÃO A UM CRITÉRIO ÚNICO DE SINTESE (ESCOLA AMERICANA)

Esses métodos utilizam a Teoria de Utilidade Multiatributo onde as preferências dos decisores são representadas por uma função de valor ou de utilidade multiatributo. O objetivo dessa função é agrupar os múltiplos critérios e auxiliar o tomador de decisão na seleção das alternativas (SOARES, 2006). Os critérios ou atributos são comparados e aqueles considerados mais importantes recebem pesos superiores aos atributos de menor importância.

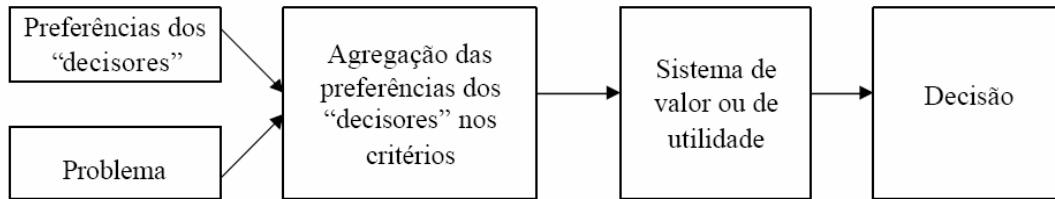
A Teoria da Utilidade Multiatributo permite que seja definido um valor de mérito para cada alternativa. Quando esses valores são ordenados é possível chegar à solução ideal. Para atingir esse objetivo é necessário que o tomador de decisão obtenha informações completas sobre as preferências entre os critérios de cada decisor.

Além disso, a teoria de utilidade Multiatributo facilita a hierarquização dos critérios e permite que o decisor trabalhe com as situações de preferência e indiferença entre os critérios.

Esses métodos utilizam o princípio da transitividade, ou seja, se A é preferível a B e B é preferível a C, então conseqüentemente, A é preferível a C e não admitem a possibilidade de incomparabilidade entre as ações. (VILAS BOAS, 2005)

Alguns exemplos de métodos da Escola Americana são: AHP, EVAMIX, MACBETH, MAVT, MINORA, PREFCALC, SMART, TODIM, TOPSIS, UTA e UTASTAR.

A figura 5.1 mostra o fluxo de processamento dos modelos de critério Único.



**FIG. 5.1 Fluxo de Processamento dos modelos de Critério Único**

Fonte: (VILAS BOAS, 2005)

### 5.3.2 MÉTODOS DE SUBORDINAÇÃO (OUTRANKING) E SÍNTESE DA ESCOLA FRANCESA

Esses métodos são utilizados quando se deseja comparar alternativas discretas. A relação outranking compara os argumentos prós e contras à hipótese de que a ação "a" é no mínimo tão boa quanto a ação "b". Isso equivale dizer que a é "não pior que" b, através da notação:  $a \succeq b$  (a outranks b) (Gartner, 2001 apud VILAS BOAS, 2005). Essa relação não precisa atender ao princípio da transitividade.

Esses métodos aceitam a possibilidade de incomparabilidade entre os critérios. A incomparabilidade pode ocorrer devido à incertezas e imprecisões dos dados utilizados e pelas características próprias do decisor. (VILAS BOAS, 2006)

Na aplicação desses métodos os decidores, ao compararem duas alternativas, encontram uma das seguintes situações:

- Uma alternativa é preferida à outra com preferência forte, também denominada preferência sem hesitação;
- Uma alternativa é preferida à outra com preferência fraca, também denominada preferência com hesitação;
- Uma alternativa é indiferente à outra;
- Uma alternativa é incomparável à outra.

Nesse caso não existe uma função de utilidade ou de valor e sim, preferências dos decidores. A dificuldade e a impossibilidade de obter a função utilidade fazem

com que os decisores optem por utilizar os métodos de Subordinação ao invés da Teoria de Utilidade.

BANA e COSTA *et al* (1999) *apud* VILAS BOAS (2005), mencionam alguns exemplos de métodos de subordinação, são eles: ELECTRE I; ELECTRE II; ELECTRE III; ELECTRE IV, MAPPAC, MELCHIOR, MERCHIOR, NAIADEN-TOMIC, ORESTE, PRAGMA, PROMETHEE, QUALIFLEX, REGIMA, TACTIC.

VANDERPOOTEN, 1995 *apud* SOARES, 2006 observa que na Escola Francesa as preferências pessoais dos decisores têm menor influência na alternativa escolhida que na Escola Americana. Porém, os métodos da Escola Americana buscam melhor explicitar a preferência que tem grande influencia na escolha final.

### 5.3.3. MÉTODOS INTERATIVOS OU DE PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA MULTIOBJETIVO

Nesse método é utilizado Sistemas Informáticos Interativos a fim de auxiliar e melhorar os processos de decisão, principalmente em tarefas complexas e mal estruturadas que requerem a apreciação crítica e o julgamento dos agentes de decisão (GOMES e MONTEIRO GOMES, 2003 *apud* SOARES, 2006). Como esses métodos fogem do objetivo desse trabalho, eles não serão analisados.

## 5.4 MÉTODOS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIOS UTILIZADOS NA ÁREA DE TRANSPORTE

Após a apresentação das principais características dos métodos multicritérios da Escola Americana e Francesa procede-se agora a seleção do método mais apropriado para auxiliar o tomador de decisão na escolha das melhores alternativas para a implantação de estacionamentos para veículos e bicicletas para a integração modal.

Dentre os métodos mencionados das escolas Americanas e Francesa, SOARES, (2006) durante sua revisão bibliográfica identificou três métodos multicritérios utilizados no apoio à tomada de decisão na área de transportes, são eles: AHP, TODIM e o ELECTRE. Por isso, a seguir serão apresentadas as características desses métodos.

#### 5.4.1 AHP (*ANALYTIC HIERARCHY PROCESS*) – PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

Este método, também chamado de Método de Análise Hierárquica (MAH), foi proposto por Thomas L. Saaty na década de 70 e aprimorado posteriormente por outros autores (ARIAS, 2001). Ele é muito utilizado nas áreas de transporte e de meio-ambiente. Saaty (1990) *apud* SOARES (2006) menciona que o AHP facilita o processo de tomada de decisão em ambientes complexos através da simplificação do processo natural de tomada de decisão.

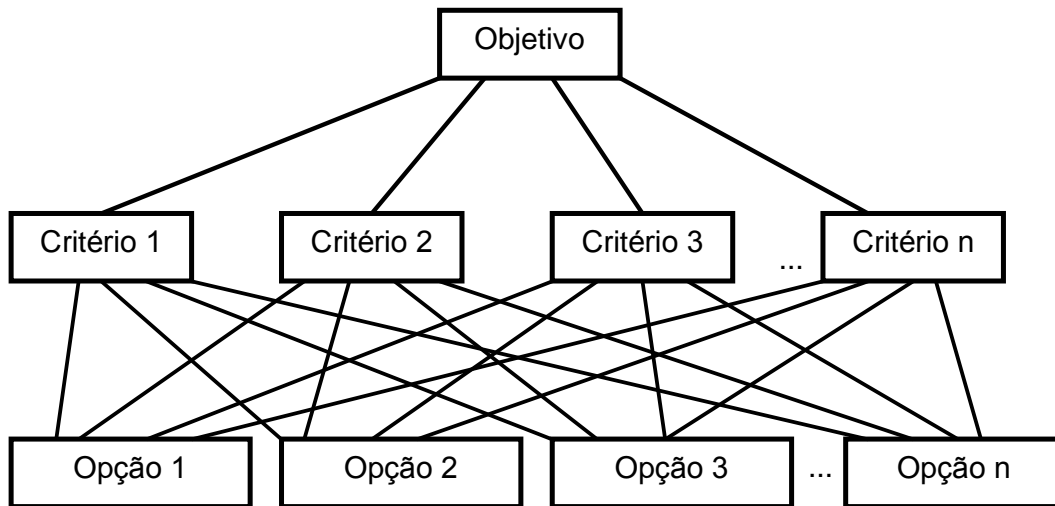
Para utilização método AHP, SOARES, 2006 propõe o seguinte procedimento:

1. Identificar as alternativas de ação;
2. Estabelecer a hierarquia de decisão;
3. Fazer comparações paritárias dos atributos e alternativas com a atribuição de pesos;
4. Checar a sua consistência;
5. Usar os pesos para obter uma pontuação para as diferentes opções;
6. Fazer uma análise de sensibilidade,
7. Com base nos resultados obtidos, tomar uma decisão.

Este método fundamenta-se na decomposição do problema em níveis hierárquicos para facilitar a compreensão e avaliação. Desta forma, no nível mais alto está o objetivo principal do estudo, nos níveis intermediários estão os critérios (propriedades através das quais as alternativas serão avaliadas) e no nível mais baixo estão as alternativas a serem decididas (cenários). Na construção dessas

hierarquias, para que a modelagem seja adequada devem ser incluídas todas as características consideradas importantes para que a representação do problema seja a mais próxima possível do real.

A figura 5.2 apresenta os critérios e subcritérios de forma hierárquica.



**FIG. 5.2 Modelo de Estrutura do método AHP**

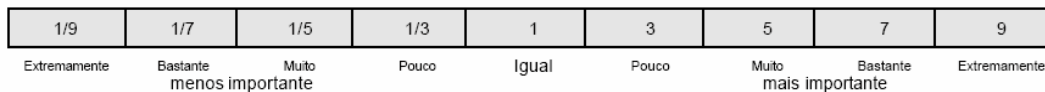
Os critérios são características referentes às opções a serem analisadas. Como por exemplos: segurança, tempo de transbordo, distância de acesso, tempo de viagem, regularidade, custo de transferência, segurança no sistema, etc.

Os elementos de cada nível hierárquico são comparados dois a dois através de uma escala numérica proposta por SAATY e apresentada na tabela 5.1 e na figura 5.3. Na própria tabela está descrito a definição e a explicação de cada valor dessa escala. Após a análise por cada avaliador utiliza-se um procedimento que tem como resultado o peso de cada critério.

**TAB. 5.1 Escala de comparação de critérios proposta por Saaty**

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Fraca importância de uma sobre a outra	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente uma atividade em relação a outra
5	Essencial ou forte importância	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é fortemente favorecida e sua dominância é demonstrada na prática
9	Absoluta Importância	A evidência favorecendo uma atividade sobre a outra é a mais alta ordem de afirmação
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos sucessivos	Quando se deseja um maior compromisso
Recíprocos dos valores acima	Se uma atividade $i$ tem um dos valores não zero acima quando comparado com a atividade $j$ , então $j$ tem um valor recíproco quando comparado com $i$ .	Uma designação razoável
Racionais	Razões surgidas da escala	Se a consistência foi forçada para obtenção de $n$ valores numéricos para cobrir a matriz

Fonte: CARVALHO e MINGOTI, 2005.



**FIG. 5.3 Escala de comparação de critérios**

Se o critério ou indicador que estiver na linha for mais importante que o critério ou indicador coluna, o valor a ser atribuído é inteiro. Caso ele tenha menor importância o valor a ser atribuído é fracionário.

A comparação dos critérios resulta em uma matriz de decisão quadrada que representa a importância e a preferência de um critério em relação ao outro para o tomador de decisão.



$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix}$$

Desta forma, define-se:

$$A_{ij} = \frac{W_i}{W_j}$$

onde:

$A_{ij}$  é a estimativa do peso relativo do critério da linha  $i$  em relação ao critério da coluna  $j$ .

Como a matriz  $A_{ij}$  é recíproca, ou seja,  $a_{ij} = 1/a_{ji}$  é necessário avaliar apenas a metade triangular superior da matriz já que a outra metade deriva desta e a diagonal principal assume valor unitário.

Esses pesos devem refletir o grau de importância que o avaliador sente de um critério em relação ao outro.

Segundo SAATY, 1991 *apud* ARIAS, 2001 um indivíduo não pode comparar simultaneamente mais do que sete quantidades (mais ou menos um) sem que se confunda psicologicamente.

Sendo  $n$  o número de critérios a serem comparados,  $\lambda_{\text{máx}}$  o autovalor de  $A_{ij}$  e  $w$  o vetor próprio correspondente ou vetor de prioridades. Quando os julgadores são perfeitamente consistentes  $\lambda_{\text{máx}} = n$  e  $A_{ij} = w_i/w_j$ .

Como a matriz  $A$  possui linhas linearmente dependentes (as linhas podem ser escritas através de uma combinação linear das outras), ela fornece apenas um valor diferente de 0, esse valor é o  $\lambda_{\text{máx}}$ .

Para qualquer matriz  $A$  deve-se encontrar o vetor que satisfaça a equação 5.1:

$$A_{ij} w = \lambda_{\text{máx}} w \quad \text{EQ. (5.1)}$$

Onde:

$A_{ij}$  é a matriz de comparação par a par,

$\lambda_{\text{máx}}$  é o autovalor de  $A_{ij}$

$w$  é o vetor peso pretendido.

Para obtenção dos pesos de cada critério, após a avaliação de todos os critérios e obtenção da matriz de comparação é necessário realizar a normalização dessa matriz, pois em geral, os valores atribuídos aos critérios são muito diferentes, o que inviabiliza a sua agregação imediata para análise. Desta forma, é necessário normalizar os valores dos critérios ou indicadores utilizados para uma escala única de valores. Isso é feita dividindo cada elemento dessa matriz pela soma dos elementos da coluna em que ele pertence, conforme equação 5.2.

$$\bar{w}_i(a_j) = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad j = 1, \dots, n \quad \text{EQ. (5.2)}$$

Onde:

n é o número de critérios a serem comparados

Posteriormente, calcula-se o vetor prioridade (w) que fornece a ordem de prioridade dos critérios, utilizando a equação 5.3:

$$w(a_i) = \sum_{j=1}^n \bar{w}_i(a_j) / n \quad i = 1, \dots, n \quad \text{EQ. (5.3)}$$

Esse autovetor w ordena por nível de importância os atributos analisados pela matriz A porque estima os pesos reais dados aos critérios que estão sendo comparados.

O autovetor,  $\lambda_{m\acute{a}x}$ , é obtido a partir da equação 5.4:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[Aw]_i}{w_i} \quad \text{EQ. (5.4)}$$

Onde:

A é a matriz de comparação par-a-par, vetor w o vetor de pesos encontrado na etapa anterior e n o número de critérios./

Freqüentemente, os valores estimados pelos julgadores  $a_{ij}$  são subjetivos. Por isso, pode haver diferença entre os valores e as razões teóricas  $W_i/W_j$ . Segundo SAATY, (1991) *apud* ARIAS, (2001), “os seres humanos não se comportam como máquinas; não tem capacidade de ajustar os seus sentimentos complexos às

relações matemáticas exatas”. Desta forma, sempre haverá algum grau de inconsistência nos julgadores humanos, e conseqüentemente, acarretará em matrizes com certo grau de inconsistência.

SAATY (1980) demonstrou que o melhor método para determinar os pesos dos elementos de um nível hierárquico em relação a um elemento do nível imediatamente superior da matriz de comparação par a par é o do autovetor direto (GOMES, 2004).

A consistência pode ser determinada ao identificar o autovalor,  $\lambda_{m\acute{a}x}$ , pois quanto mais próximo ele estiver de  $n$  menor será sua inconsistência. O indicador da consistência é calculado pela diferença ente o  $\lambda_{m\acute{a}x}$  e o  $n$ , ou seja,  $\lambda_{m\acute{a}x} - n$ .

Quando o número de critérios ( $n$ ) é maior que 2 há necessidade de verificar a proximidade entre  $\lambda_{m\acute{a}x}$  e  $n$ . Para isso, utiliza-se a equação 5.5.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad \text{EQ. (5.5)}$$

Onde:

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

IC: índice de consistência

IR: índice randômico

RC: razão de consistência

$n$ : número de critérios ou ordem da matriz

Segundo Saaty (1991), o índice de randômico é proveniente de uma amostra aleatória composta por 500 matrizes de ordem  $n$ . A tabela 5.2 de verificação da consistência limita em nove critérios o número de itens a serem comparados em uma matriz.

**TAB. 5.2 Tabela de Índice Randômico**

nº de critérios	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,75	1,59

Fonte: (adaptado de SAATY, 1991)

Quando  $n$  é igual a 2, a razão de consistência (RC) é nula. Gomes, 2004 apresenta os valores de RC para que a matriz seja considerada consistente. A tabela 5.3 mostra esses valores.

**TAB. 5.3 Valores de RC para analisar a Consistência**

n° de critérios	RC
3	< 0,05
4	< 0,09
> 4	< 0,10

Quando a matriz obtida da comparação par a par entre os critérios é inconsistente é necessário que o avaliador faça uma revisão nessa comparação até que ela torne consistente. Em seguida, determina-se o vetor prioridade novamente.

#### 5.4.2 TOMADA DE DECISÃO INTERATIVA E MULTICRITÉRIO – TODIM

O método TODIM possui elementos das escolas francesa e americana do apoio Multicritério. Esse método utiliza a Teoria dos Prospectos desenvolvida por Kahneman e Tversky em 1979 que considera a percepção de risco e a dependência entre alternativas como fatores essenciais ao processo de tomada de decisão. Além disso, ele aproveita as matrizes de comparações por pares utilizadas no Método de Análise Hierárquica.

A combinação do enfoque multicritério com a teoria de Prospecto faz com que o TODIM seja acessível a profissionais sem formação específica em Apoio Multicritério à Decisão. Essa combinação também permite que os critérios tanto qualitativos quanto quantitativos sejam ordenados hierarquicamente. (MARANHÃO, 2006)

Esse método fornece como resultado as alternativas ordenadas por ordem global de preferia. Para sua aplicação é indispensável que os critérios sejam selecionados adequadamente e que estes atendam ao princípio de separabilidade, pois isso garante que os critérios não sejam contabilizados mais de uma vez (PASSOS e GOMES, 2005).

O TODIM utiliza o conceito de Fator de Contingência que, segundo SOARES, (2006) são constantes multiplicativas de todas as medidas de uma determinada alternativa, que seja dependente de, pelo menos, uma outra alternativa. Isso permite a análise das alternativas mesmo quando elas não são totalmente independentes. A seguir está apresentado o valor dessa constante:

- $K_i > 1,0$  se a utilidade da alternativa “*i*” aumenta com a adoção de qualquer outra alternativa;
- $K_i < 1,0$  se a utilidade da alternativa “*i*” diminui com a adoção de qualquer outra alternativa;
- $K_i = 1,0$  se a utilidade da alternativa “*i*” é independente da adoção de qualquer outra alternativa.

Uma grande desvantagem em utilizar esse método está na definição desse fator de contingência que, em alguns casos são difíceis de serem determinados.

A diferença entre a aplicação do TODIM e dos demais métodos multicritério é que os outros métodos partem da premissa que o tomador de decisão decide buscando sempre a solução correspondente ao máximo de alguma medida global de valor, como por exemplo, no caso da *MAUT*, o maior valor possível de uma função de utilidade multiatributo, o TODIM utiliza uma medida global de valor calculável pela aplicação do paradigma em que consiste a Teoria dos Prospectos (Gomes, 2006 *apud* Maranhão, 2006).

O TODIM está estruturado em uma concepção construtivista. Isso ocorre porque a solução do problema pode ser construída durante o processo interativo desenvolvido tanto por analistas quanto pelos agentes de decisão.

ARIAS, (2001) apresenta o seguinte procedimento para a aplicação desse método:

**a) Elaboração da matriz de utilidades parciais:** Essa matriz deve representar a opinião de especialistas diante de *n* alternativas (linhas) e *m* critérios (coluna).

**b) Normalização:** Consiste na transformação de cada elemento da matriz em um valor entre 0 e 1. Isso evita problemas de reversão de ordens, pois a normalização considera o maior valor de cada coluna igual a unidade.

**c) Elaboração da matriz de comparação por pares entre critérios:** Essa etapa é feita da mesma maneira que o método AHP, conforme pode ser vista a seguir:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & \dots & 1 \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Nessa matriz o elemento  $a_{pq}$  pode ser interpretado como uma estimativa de contribuição relativa do critério  $p$  ao objeto global do processo de tomada de decisão, quando este critério é comparado com outro, no caso  $q$ . (GOMES, et al., 2004)

Algumas vezes, verificam-se inconsistências na montagem dessa matriz de comparação por pares de critérios. Essas inconsistências são oriundas de erros nos julgamentos de valor. Para verificar se há inconsistência, dados três critérios A, B, C, por exemplo, deve ocorrer que: se A é preferível a B e B é preferível a C, então A deve ser preferível a C. Algumas vezes também se verifica problema na intensidade com a qual um critério é preferível em relação a outro. Dependendo do grau de inconsistência pode ser necessária a reavaliação dos pesos atribuídos a cada critério. O cálculo dessa inconsistência é realizado da seguinte maneira:

Admitindo-se que para um par de critérios  $p$  e  $q$  existe um erro  $E_{pq}$  decorrente de que o valor ideal  $(p_i)_{pq}$ , que satisfaz a relação de inconsistência. Desta forma,

$$E_{pq} = |(p_i)_{pq} - a_{pq}| \quad \text{EQ. (5.6)}$$

Como é impossível determinar  $(p_i)_{pq}$  usa-se uma estimativa desse valor através da equação 5.7:

$$\gamma_{pq} = \sum_{v=1}^m (a_{pv} \times a_{vq}) \quad \text{EQ. (5.7)}$$

Onde:

$m$  é o número de critérios, sejam eles quantitativos ou qualitativos

Essa fórmula leva a estimativa  $\psi_{pq}$  do erro  $E_{pq}$ .

$$\psi_{pq} = |\gamma_{pq} - a_{pq}|$$

Desta maneira é possível determinar o coeficiente de inconsistência pela seguinte equação:

$$\phi = \frac{\sum_{p=1}^m \sum_{q=1}^m \psi_{pq}}{m(m-1)} \quad \text{EQ. (5.8)}$$

O grau de inconsistência tolerável pelo método AHP é de 10%, e isso equivale a um coeficiente de consistência de aproximadamente 1,9 no método TODIM.

**d) Determinação do Critério de Referência:** Após a obtenção da matriz com coeficientes de consistência satisfatórios, é necessário identificar o peso de cada um dos critérios utilizados na análise. Existem várias formas de fazer isso, uma delas é dividindo cada valor da matriz pela soma de todos os elementos da linha que o elemento pertence na matriz. O critério que possuir mais peso é considerado o critério de preferência.

**e) Determinação da Matriz de Dominância Relativa:** A partir da definição do critério de referência, lêem-se as taxas de substituição (trade-offs) destes critérios em relação aos demais critérios da matriz de comparação por pares de critérios. Isso possibilita o cálculo da função utilidade linear aditiva, ou seja, da medida de dominância de uma alternativa  $i$  sobre cada alternativa  $j$ , pela equação (5.9):

$$\delta_{ij} = \sum_{c=1}^m a_{cr} (W_{ir} - W_{jc}) \quad \text{EQ. (5.9)}$$

Onde:

$i$  e  $j$  são alternativas

$W$ : valoração da alternativa  $i, j$  para o critério genérico

$r$ : critério de referência

$c$ : critério qualquer

Quando  $\delta(i, j) < 0$ , significa que a alternativa  $i$  é dominada pela alternativa  $j$ .

A matriz de medidas de dominância é formada pelos elementos  $\delta(i, j)$

**f) Determinação da Utilidade Global das Alternativas:** A matriz formada pelos elementos  $\delta(i, j)$  é normalizada. As somas das linhas normalizadas, designadas por  $\xi_i$  representam as utilidades globais das alternativas. Essa normalização é feita utilizando a seguinte expressão:

$$\xi_i = \frac{\sum_{j=1}^n \delta(i, j) - \min \sum_{j=1}^n \delta(i, j)}{\max \sum_{j=1}^n \delta(i, j) - \min \sum_{j=1}^n \delta(i, j)}$$

Onde:

$\xi_i$  é o valor total da alternativa i

n: número de alternativa

#### 5.4.3 ELECTRE (*Elimination et Choix Traduissant la Réalité*)

Esse método, pertencentes à Escola Francesa, é fundamentado no conceito de superação para definir sobre uma determinada solução, que mesmo sem ser ótima pode ser considerada aceitável (SOARES, 2006). Eles se sustentam nos conceitos de concordância, discordância e valores-limite. Por permitir que os critérios possam ser incomparáveis, esses métodos garantem maior flexibilidade ao problema. Além disso, o ELECTRE não exige a transitividade entre as alternativas, ou seja, dada três alternativas A, B e C, se A é preferível a B, e B é preferível a C, então, não necessariamente A deva ser preferível a C.

O ELECTRE procura avaliar um conjunto de alternativas em termos de suas capacidades de contribuir para a solução de um problema, segundo um conjunto de critérios que representam o ambiente analisado. A partir da mesma base conceitual, vários métodos surgiram e a seguir está descrito cada um deles.

O **ELECTRE I** foi desenvolvido em 1968 e consiste em um procedimento para esclarecer a decisão por intermédio da escolha de um subconjunto que seja restrito o máximo possível e que contenha as melhores alternativas. Neste método é feita a ordenação parcial entre as alternativas para cada critério.



O decisor, baseado em experiência própria e julgamentos, constrói a relação de sobreclassificação que pode ser de três tipos, são elas: preferência estrita, preferência fraca e indiferença. Essa sobreclassificação é usada para formar grafos onde os nós representam as alternativas não dominantes e as ligações e as setas indicam a dominância entre as alternativas segundo a avaliação do decisor.

Para exemplificar essa situação a figura 5.4 mostra a preferência de a sobre b.



**FIG. 5.4 a é preferível a b**

Quando existe indiferença entre duas alternativas o grafo é representado da seguinte forma (figura 5.5):



**FIG. 5.5 a é indiferente a b**

Apenas os nós que indicam preferência são aceitos, os demais, sem dominância, são descartados. Com a relação de preferência são calculados os índices de concordância e discordância que indicam a aceitação de uma alternativa sobre a outra.

Para cada par de alternativas são estabelecidos os valores de concordância e discordância.

Segundo GOMES *et al.*, 2004 para definir o valor de concordância utiliza-se a equação 5.10:

$$C(a,b) = \frac{K^+(a,b) + K^-(a,b)}{K^+(a,b) + K^-(a,b) + K^-(a,b)} \quad \text{EQ. (5.10)}$$

Onde:

$K^+(a,b)$  = soma dos pesos dos critérios em que  $g(a) > g(b) + q$

$K^-(a,b)$  = soma dos pesos dos critérios em que  $-q \leq g(a) - g(b) \leq q$

$K^-(a,b)$  = soma dos pesos dos critérios em que  $g(a) < g(b) - q$

$C(a,b)$  = valor da concordância com afirmação de a supera b. Esse valor varia entre zero e um.

$q$  = Limite de indiferença

$g_i(a)$  =avaliação da alternativa  $a$  segundo um critério  $i$

$g_i(b)$  =avaliação da alternativa  $b$  segundo um critério  $i$

O cálculo da discordância,  $D(a, b)$  entre as alternativas  $a$  e  $b$  pode ser feito de duas formas, são elas (GOICOECHEA *et al.*, 1982 *apud* GOMES, 2004):

$$D(a,b) = \max \left( 0, \frac{g_i(b) - g_i(a)}{Escala_i} \right) \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n \quad \text{EQ. (5.11)}$$

Onde:

$D(a,b)$  = diferença máxima entre  $g_i(b)$  e  $g_i(a)$  para um critério  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$

Escala  $i$  = corresponde ao intervalo da escala do critério  $i$ .

$g_i(b) > g_i(a)$

Outra forma de calcular é:

$$D(a,b) = \max \left( 0, \frac{g_i(b) - g_i(a)}{g_i(a)} \right) \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n \quad \text{EQ. (5.12)}$$

Em seguida, para estabelecer a relação de superação deve-se definir um limite de concordância ( $c$ ) e discordância ( $d$ ) entre as alternativas. Isso é feito da seguinte maneira:

$a$  supera  $b$  se, e somente se,

$C(a,b) \geq c$

$D(a,b) \leq d$

O valor de  $D(a,b)$  também varia entre zero e um.

Para cada critério também pode ser definido o limite de veto que consiste em fixar um valor para a diferença entre  $g_j(b)$  e  $g_j(a)$  em relação ao critério  $j$ . Caso ele seja ultrapassado não é aceito a afirmação  $a$  supera  $b$ .

Se  $g_j(a) + V_j < g_j(b) \rightarrow$  não (a supera b), para  $\forall_j$ , sendo  $V_j \geq p_j$

Onde:

$V_j$  = limite de veto do critério  $j$

$p_j$  = limite de preferência do critério  $j$

O **ELECTRE II** aperfeiçoou o método Electre I, pois seu objetivo passa a ser a classificação das alternativas para esclarecer as decisões, através de comparações paritárias. Essa ordenação é feita utilizando uma escala de valores de prioridades (GOMES e MOREIRA, 1998).

O **ELECTRE III** também aperfeiçoou o Electre II, pois nele é possível trabalhar com dados imprecisos através da utilização dos conceitos de pseudocritério e limites de indiferença e preferência, porém, o fato desse método englobar vários parâmetros faz com que o uso desse método seja mais complicado (GOMES e MOREIRA, 1998).

O **ELECTRE IV** mantém a base conceitual do ELECTRE III, porém a priorização final das alternativas é obtida sem a necessidade de ponderação dos critérios de decisão a partir do julgamento de especialistas. Assim como o ELECTRE III, a utilização desse método é mais complicada. Além disso, esses dois últimos métodos trabalham com uma estrutura de modelagem de preferência, segundo a qual são comparadas paritariamente as alternativas de forma que se obtenham as seguintes situações: Preferência, Indiferença ou incomparabilidade entre as duas ações. (GOMES e MOREIRA, 1998)

RODRIGUES, (1998) *apud* SOARES, (2006) menciona que os Métodos ELECTRE não possuem boa aceitação dos técnicos, por isso que existem poucos trabalhos na literatura que utilizaram esses métodos. Outra desvantagem da aplicação desse método está no fato dele ser muito sensível a erros de medidas que podem gerar distorção nos resultados. Esses métodos não são indicados para problemática de ordenação porque apresentam ciclos de intransitividade. Em contrapartida, os métodos da Escola Americana são eficientes em ordenação.

Na escolha do método a ser adotado para definição de melhor local para implantação de estacionamentos para automóveis e bicicletas para integração com o transporte público tomou como referência a tabela 5.4 apresentada por VILAS BOAS, 2005 *apud* SOARES, 2006. Essa tabela compara o desempenho entre os métodos AHP, TODIM e ELECTRE.

**TAB 5.4 Comparação de desempenho ente os métodos AHP, TODIM e ELECTRE**

<b>CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO</b>	<b>AHP</b>	<b>TODIM</b>	<b>ELECTRE</b>
<b>ENTRADA DE DADOS</b>			
Utilização em decisões em vários níveis	Sim	Sim	Não
Restrições quanto à quantidade de elementos em um nível	Sim	Não	Não
Quantidade de julgamentos em problemas com muitos critérios e alternativas	Alta	De média a alta	Baixa
Necessidade de processar os dados antes de sua utilização	Não	Sim	Sim
Possibilidade de tratar dados quantitativos e qualitativos	Sim	Sim	Sim
Possibilidade de lidar com problemas do tipo técnico	Sim	Sim	Sim
Possibilidade de tratar critérios e alternativas dependentes	Não	Sim	Não
Possibilidade de criar escalas de julgamento de acordo com o contexto	Não	Não	Não
<b>SAÍDA DE DADOS</b>			
Problemas com alocação em conjunto	Não	Não	Não
Problemas com alocação de desempenho	Sim	Não	Não
Problemas com avaliação de desempenho em classes	Não	Não	Não
Ranking completo de alternativas	Sim	Sim	Não
Soluções muito refinadas	Sim	Sim	Não
Somente eliminação de algumas alternativas	Não	Não	Sim
Permite a avaliação de coerência dos julgadores	Sim	Não	Não
<b>INTERFACE TOMADOR DE DECISÃO X MÉTODO</b>			
Disponibilidade de software para dowload gratuito	Sim	Não	Não
Necessidade de um especialista no método utilizado	Média	Média	Média
Utilização de decisões em grupo	Sim	Sim	Não
Permissão para participação de mais de uma pessoa na decisão	Sim	Sim	Sim
Facilidade para estruturar o problema	Alta	Alta	*
Possibilita o aprendizado sobre a estrutura do problema	Sim	Sim	*
Nível de compreensão conceitual e detalhado do modelo e algoritmo	Alto	Médio	Baixo
Nível de compreensão referente a forma de trabalho	Alto	Alto	Baixo
Transparência no processo e nos resultados	Alta	Média	Média
Quantidade de aplicações práticas	Alta	Baixa	Baixa
Número de publicações científicas	Alta	Baixa	Média

\* Não há estudos que tratem especificamente desse assunto

Fonte: Adaptado de VILAS BOAS (2005) *apud* SOARES (2006)

Analisando essa tabela pode-se observar que o AHP supera qualitativamente os demais métodos.

Apesar do TODIM apresentar uma base conceitual bastante consistente que facilita o seu entendimento, o decisor pode encontrar dificuldade para compreender e definir os fatores de contingência e a taxa de substituição (RODRIGUES, 1998 *apud* SOARES, 2006).

O Método ELECTRE possui boa flexibilidade na elaboração da estrutura de decisão e apenas ordena as alternativas com base em princípios de dominância enquanto que o AHP e o ELECTRE além de ordenar também consideram o desempenho global das alternativas em função dos critérios. Esse método ainda possui outras desvantagens, são elas: complexidade na determinação dos índices de concordância e discordância e alta sensibilidade a erros de medidas. (SOARES, 2006)

Segundo SCHIMIDT, 1995 o Método de Análise Hierárquica (AHP) é simples, de fácil compreensão e possui uma base matemática sólida. Esse método é muito utilizado por analistas e tomadores de decisão na solução de problemas complexos que envolvem interesses econômicos, sociais, culturais, políticos além dos relativos a problemas de transporte. (SOARES, 2006)

Além disso, o AHP está sendo muito discutido pela comunidade técnica. Isso contribui para o aumento do nível de compreensão dos conceitos utilizados nesse método.

Por ser um método que possui boa consistência, lógica, transparência, de fácil utilização e consolidado, nesse trabalho será utilizado o método AHP para definição do melhor local para implantação de estacionamentos para automóveis e bicicletas para integração com o transporte público.

## 5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo procurou-se apresentar uma visão dos métodos de análise multicritério, principalmente quanto aos métodos utilizados na área de transporte que auxiliam o decisor na resolução de problemas que possuem objetivos conflitantes.

Através de pesquisa bibliográfica, realizada por Soares, verificou-se que os seguintes métodos são utilizados em problemas de transporte: AHP, TODIM e ELECTRE.

Para a seleção do método foi apresentada uma tabela que compara os atributos de cada um deles. Apesar de todos estes métodos possuem vantagens e desvantagens, optou-se pelo AHP devido a sua flexibilidade, facilidade de aplicação e transparência.

No capítulo a seguir será proposta uma metodologia para seleção da melhor alternativa para implantar estacionamentos para bicicletas e automóveis para integração com o transporte público.

## **6. PROCEDIMENTO DE APOIO À IMPLANTAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS PARA INTEGRAÇÃO MODAL**

### **6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

A partir dos estudos realizados anteriormente, propõe-se neste capítulo um procedimento para tomada de decisão quanto a escolha do melhor local para implantação de estacionamentos para automóveis e/ou bicicletas para integração com o transporte público.

Como método básico deste procedimento propõe-se o Método de Análise Hierárquica proposto por Saaty. Para tanto, fez-se necessário, inicialmente, definir os critérios de análise segundo o ponto de vista dos usuários, ou seja, aqueles que de alguma forma têm uma relação com a escolha do local para implantação do estacionamento, com o objetivo de torná-lo atrativo para os usuários de automóveis e/ou bicicletas. Posteriormente, apresenta-se a estrutura do procedimento e descreve-se cada uma das etapas.

### **6.2 CRITÉRIOS DE ANÁLISE SOB O PONTO DE VISTA DOS USUÁRIOS**

Nos capítulos 2, 3 e 4 foram apresentadas as características relacionadas com a integração e com estacionamentos tanto para automóveis quanto para bicicletas. Da análise destas características foram identificados diferentes parâmetros que influenciam na atratividade de usuários de automóveis e/ou bicicletas em realizarem uma integração com o sistema de transporte público tais como: distância de caminhada, distância de acesso, comodidade, segurança, confiabilidade, tempo de viagem, padrão de uso do solo, taxa de acidentes, fluxo de veículos, sistema de informação, tempo de transbordo, custo da transferência, regularidade e frequência.

A partir deste conjunto de parâmetros foram propostos 11 critérios para serem utilizados na escolha do local para implantação de estacionamentos para bicicleta, ou automóveis, integrados ao transporte público.

Primeiramente, serão discutidos os parâmetros relacionados aos automóveis e, posteriormente aqueles relacionados com os usuários de bicicletas.

### 6.2.1 USUÁRIOS DE AUTOMÓVEIS

Os onze critérios propostos foram divididos em dois grupos: transferência e transporte público, conforme pode ser visto na tabela 6.1. Esta divisão é importante para utilização do método de análise hierárquica (AHP) na avaliação dos mesmos.

**TAB. 6.1 Critérios de análise de implementação de estacionamento para automóveis**

Usuários	
Critérios	Subcritérios
- Transferência	Segurança
	Tempo de transbordo
	Distância de acesso
	Distância de caminhada
	Custo de transferência
- Transporte público	Frequência
	Tempo de Viagem
	Regularidade
	Segurança no sistema
	Sistema de informações
	Conforto

Estes critérios serão posteriormente utilizados na tomada de decisão para escolha do local de integração sob o ponto de vista dos usuários. Desta forma, foram definidas as medidas dos mesmos:

#### **Segurança:**

Refere-se à quantidade de acidentes e crimes registrados no entorno das estações ou dos terminais no intervalo de um mês.



### Tempo de Transbordo:

Refere-se ao tempo gasto, em minutos, para estacionar, caminhar até o ponto de embarque e esperar. Esse valor é influenciado pela declividade do terreno, pela condição física das calçadas e pela facilidade de atravessar as vias durante o trajeto. Caso os usuários tenham que aguardar muito tempo para realizar as transferências eles podem optar por outro modo de transporte.

A tabela 6.2 mostra os indicadores de tempo de deslocamento para acesso, espera e transferência proposto pela TRB (1988). Essa tabela não leva em consideração o tempo gasto para estacionar o veículo.

**TAB. 6.2 Parâmetros para avaliação do Tempo de Transbordo**

Qualidade do serviço	Tempo de Transbordo (min)
Excelente	< 5
Ótimo	5 a 10
Bom	10 a 15
Regular	15 a 20
Ruim	20 a 30
Péssimo	> 30

Fonte: adaptado de ALTER, Colin H. - TRB, 1988 *apud* ARIAS, 2001

### Distância de Acesso:

Corresponde à distância, em quilômetros, entre o corredor viário e o estacionamento de integração com o transporte público. Esse percurso deve ser pequeno para evitar que os usuários desistam de realizar a integração. A tabela 6.3 contém o indicador sobre a qualidade dos serviços proposto pela TRB - Transportation Research Board em função da distância de acesso.

**TAB. 6.3 Parâmetros para avaliação da distância de acesso**

Qualidade do serviço	Distância de acesso - Automóvel (km)
Excelente	< 0,8
Ótimo	0,8 a 1,6
Bom	1,6 a 3,2
Regular	3,2 a 4,8
Ruim	4,8 a 8,0
Péssimo	> 8,0

Fonte: adaptado de Alter, Colin H. – TRB, 1988 *apud* ARIAS, 2001

### **Distância de Caminhada:**

Refere-se à distância média, em metros, que os passageiros necessitam se deslocar do estacionamento até a plataforma de embarque. Quanto maior esse valor, menor a vontade do passageiro de realizar a integração modal. A tabela 6.4 apresenta um indicador proposto pela TRB, (1988) que qualifica a caminhada de acesso ao transporte público.

**TAB. 6.4 Parâmetros para avaliação da distância de caminhada**

<b>Qualidade do serviço</b>	<b>Distância de acesso - Automóvel (m)</b>
Excelente	< 100
Ótimo	100 a 200
Bom	200 a 400
Regular	400 a 600
Ruim	600 a 1000
Péssimo	> 1000

Fonte: adaptado de ALTER, Colin H. - TRB, 1988 *apud* ARIAS, 2001

### **Custo das Transferências:**

Corresponde ao valor pago, em reais, pelo usuário para realizar a troca de modo de transporte. O custo pode ser considerado de duas maneiras. Em uma delas inclui apenas o custo das tarifas referentes ao estacionamento e ao transporte público. A outra opção, além desses custos, inclui o valor referente à diferença entre o custo do tempo gasto pelo usuário utilizando apenas o automóvel e realizando a integração com o transporte público. O valor resultante pode vir a ser um benefício quando o custo de transferência torna-se negativo, ou seja, quando o tempo gasto pelo usuário que realiza a integração é inferior ao necessário quando se utiliza apenas o automóvel.

### **Frequência (H):**

Este parâmetro é determinado pelo número de veículos que passam nas estações ou terminais em um determinado período de tempo. Neste trabalho, a frequência será medida em veículos/hora.

A frequência é medida pelo inverso do headway. A tabela 6.5 apresenta uma medida de qualidade do serviço em relação ao headway dos ônibus.

**TAB. 6.5 Parâmetro para avaliação da headway dos ônibus**

Densidade Populacional (hab/km <sup>2</sup> )		> 4000		3000 a 4000		2000 a 3000		750 a 2000		< 750
Intervalo entre ônibus (min)		Pico	entre-pico	Pico	entre-pico	Pico	entre-pico	Pico	entre-pico	Programação Especial
Qualidade do serviço	Excelente	< 2	< 5	< 4	< 9	< 9	< 14	< 9	< 14	
	Ótimo	2 a 9	5 a 9	5 a 9	10 a 14	10 a 14	15 a 19	10 a 14	15 a 29	
	Bom	5 a 9	10 a 14	10 a 14	15 a 19	15 a 24	20 a 30	15 a 24	30 a 44	
	Regular	10 a 14	15 a 20	15 a 19	15 a 20	25 a 39	31 a 45	25 a 39	45 a 59	
	Ruim	15 a 20	21 a 30	20 a 30	30 a 60	40 a 60	46 a 60	40 a 60	60 a 90	
	Péssimo	> 20	> 30	> 30	> 60	> 60	> 60	> 60	> 90	

Fonte: ALTER, Colin H. - TRB, 1988 *apud* ARIAS, 2001

### Tempo de Viagem:

Corresponde ao tempo gasto, em minutos, no interior dos veículos. Esse valor depende de uma série de fatores, entre eles destaca-se: a velocidade média do transporte público que varia em função do estado de conservação das vias e as condições das vias (presença de lombadas, buracos etc). A tabela 6.6 apresenta os parâmetros que classificam os serviços conforme o tempo de viagem.

**TAB. 6.6 Parâmetro para Tempo de Viagem**

Qualidade do serviço	Tempo de viagem (min)
Excelente	< 10
Ótimo	10 a 20
Bom	20 a 30
Regular	30 a 40
Ruim	40 a 60
Péssimo	> 60

Fonte: adaptado de ALTER, Colin H. - TRB, 1988 *apud* ARIAS, 2001

### Regularidade:

Está relacionada com a exatidão no cumprimento do quadro de horários estabelecido pelo serviço. A tabela 6.7 apresenta uma escala de avaliação da confiabilidade em relação ao headway de uma linha de transporte. Os valores desta tabela indicam o percentual de variação do headway para cada nível de serviço. A regularidade, em %, é calculada pela equação 6.1.

$$R = \frac{H_{previsto}}{H_{real}} \times 100\% \quad \text{EQ. (6.1)}$$

Onde:

$H_{previsto}$  é a frequência prevista

$H_{real}$  é a frequência real

**TAB. 6.7 Parâmetro para avaliação da regularidade do Transporte Público (em %)**

Qualidade do serviço	Regularidade (%)			
	IL < 9 min	IL de 10 a 12 min	IL de 13 a 20 min	IL > 21 min
Excelente	85 a 100	90 a 100	95 a 100	98 a 100
Ótimo	75 a 84	80 a 89	90 a 94	95 a 98
Bom	66 a 74	70 a 79	80 a 89	90 a 94
Regular	55 a 65	60 a 69	65 a 79	75 a 89
Ruim	50 a 54	50 a 59	50 a 64	50 a 74
Péssimo	< 50	< 50	< 50	< 50

Fonte: adaptado de ALTER, Colin H. - Transportation Research Board, 1988 *apud* ARIAS, 2001

Na tabela apresentada anteriormente, "IL" quer dizer Intervalo da Linha.

### Segurança no Sistema:

Está relacionada com o índice de criminalidade (agressões, furtos e roubos) e acidentes dentro dos veículos e nas operações de embarque e desembarque de passageiros. Esse parâmetro pode ser avaliado como o índice de acidentes significativos que envolvem a frota de veículos a cada 100 mil quilômetros percorridos.

## Sistema de informação:

Cinco itens são considerados como informações disponíveis para os usuários, são eles: nome e número dos veículos, mapa da linha, horário ou intervalos entre atendimentos, o preço das passagens e os locais de parada.

Em metrô e trem ao invés da disponibilização dos locais de parada devem ser afixados painéis com o nome das estações. Estas informações também podem ser disponibilizadas na internet, em linhas telefônicas gratuitas e em outros meios de comunicação como televisão, rádio e jornais.

Caso no transporte público exista todas as informações, esta opção recebe o valor cinco. Caso ela tenha apenas três tipos de informações, a opção receberá valor de três.

## Conforto

Está relacionado com a quantidade de passageiros transportados por metro quadrado. Segundo FERRAZ e TORRES, 2001 é aceitável que os passageiros viagem em pé desde que essa quantidade não seja exagerada. O excesso de passageiros em pé gera desconforto, pois limita a movimentação das pessoas e dificulta as operações de embarque e desembarque. Ferraz e Torres, 2001 apresentam os parâmetros para avaliação da lotação dos ônibus (Tabela 6.8). Considera-se que estes podem ser utilizados como referência para os outros modos de transporte.

**TAB. 6.8 Parâmetro para avaliação da lotação dos ônibus**

Qualidade do serviço	Lotação (pass/m <sup>2</sup> )
Bom	< 2,5
Regular	2,5 - 5,0
Ruim	> 5,0

Fonte: adaptado de FERRAZ e TORRES, 2001

## 6.2.2 USUÁRIOS DE BICICLETAS

A tabela 6.9 apresenta os critérios e subcritérios que influenciam na atratividade de usuários a fim de realizar a integração da bicicleta com o transporte público e têm como base, conforme mencionado anteriormente, a revisão bibliográfica realizadas nos capítulos 2,3 e 4. Observe que esses critérios e subcritérios são os mesmos definidos para os usuários de automóveis. Porém, alguns se diferenciam na sua quantificação.

**TAB. 6.9 Critérios para implantação de estacionamento para bicicletas sob o ponto de vista do usuário**

Usuários	
Critérios	Subcritérios
- Transferência	Segurança
	Tempo de Transbordo
	Distância de Acesso
	Distância de Caminhada
	Custo de Transferência
- Transporte público	Frequência
	Tempo de Viagem
	Regularidade
	Segurança no sistema
	Sistema de Informação
	Conforto

Apenas os subcritérios distância de acesso e custo da transferência possuem características diferentes das mencionadas para integração de automóveis com o transporte público, por isso, elas estão definidas a seguir.

### **Distância de Acesso:**

Corresponde à distância a ser percorrida de bicicleta entre a origem da viagem (casa, escola, trabalho, etc) e a estação de integração. Quando esse percurso é muito grande os usuários acabam optando por utilizar outro modo de transporte. Observa-se que segundo GEIPOT, 2001 o limite máximo teórico de uma viagem por bicicleta é de 7,5 km.

### **Custo da Transferência:**

Equivale ao valor gasto com o transporte público (ônibus, metrô, trem, etc) e com o estacionamento das bicicletas. Em alguns locais esse estacionamento é gratuito, outros cobram para estacionar as bicicletas e outros possuem tarifa integrada (transporte público + ônibus).

## **6.3 ESTRUTURA DO PROCEDIMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS**

Este procedimento tem por objetivo auxiliar na tomada de decisão quanto a escolha de um local para integração de usuários de automóveis e bicicletas com o transporte público. Esta integração será feita através de estacionamentos implantados junto a estações de transporte de massa como: metrô, trem, barca e até mesmo ônibus. Assim, para atingir esse objetivo, estrutura-se o procedimento em três etapas:

Etapa 1 – Seleção dos locais para implantação de Estacionamentos

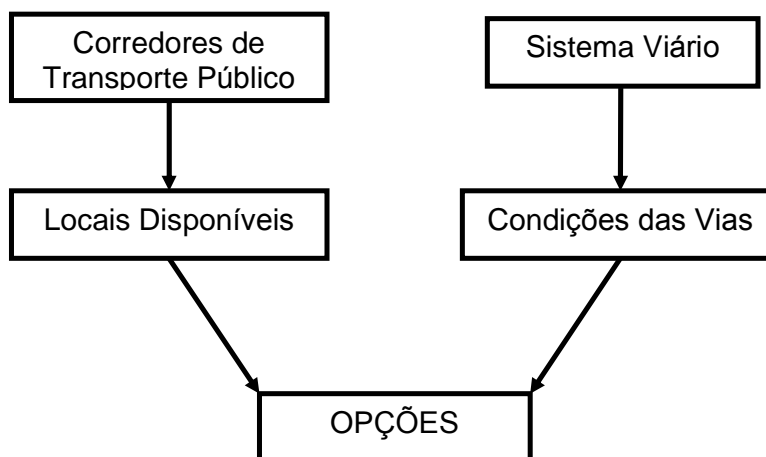
Etapa 2 – Avaliação dos parâmetros relacionados com os usuários

Etapa 3 – Escolha do local para implantação dos estacionamentos

### **6.3.1 ETAPA 1: SELEÇÃO DOS LOCAIS PARA IMPLANTAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS**

Para definir os possíveis locais para implantação de estacionamento para integração entre os modos de transporte é necessário identificar as características

dos corredores de transporte público e do sistema viário, conforme pode ser visto na figura 6.1.



**FIG. 6.1 Fluxograma para seleção das Opções**

Inicialmente, para escolher as possíveis opções para implantação de estacionamento para integração modal, precisa-se identificar os corredores de transporte público e suas paradas, estações ou terminais. O ideal seria que os estacionamentos fossem implantados próximos desses corredores de tráfego.

Em seguida, avalia-se a disponibilidade de área para implantação desses estacionamentos. Esse local deve ser capaz de atender toda demanda eficientemente e com qualidade, pois caso os ocupantes dos veículos não encontrem vagas disponíveis dificilmente eles optaram pela integração. É necessário verificar também se a lei de uso e ocupação do solo permite a implantação de estabelecimentos do porte desses estacionamentos na região. Em locais onde a área disponível para construção do estacionamento é pequena podem ser implantados edifícios-garagem.

Para a integração do transporte público com a bicicleta é necessário avaliar não apenas a disponibilidade de local (is) para a implantação dos bicicletários, mas também a topografia da região. Regiões muito acidentadas desestimulam os usuários a utilizarem o modo bicicleta.

As características do sistema viário também devem ser analisadas. Com relação ao automóvel é necessário verificar se as vias de acesso ao local do estacionamento



são capazes de absorver o aumento do tráfego de veículos e se há possibilidade de expansão das mesmas.

Quanto às bicicletas, áreas muito acidentada acabam desestimulando o uso da bicicleta. A tabela 4.3 apresentada do capítulo 4 mostra as rampas normais e máximas admissíveis em função do desnível a vencer. Para os automóveis é necessário verificar se as vias de acesso as estações estão congestionadas, pois a redução da velocidade dos veículos em função dos congestionamentos pode fazer com que a integração modal não seja atraente para os usuários. Esses estacionamentos de integração modal devem estar localizados em áreas afastadas dos congestionamentos. Países como Estados Unidos, Canadá, Alemanha e Austrália desenvolveram vários métodos para análise da capacidade e do nível de serviço das vias. O manual americano HCM (Highway Capacity Manual) é o mais conhecido. O Anexo 1 mostra as características de cada nível de serviço conforme orientações do HCM encontradas em MELO, 2004.

Para auxiliar na identificação do nível de serviço das vias, a tabela 6.10 apresenta a velocidade média de viagem para diferentes níveis de serviço.

Para o HCM as velocidades de fluxo livre das vias seriam:

- via classe I – 90 até 70 km/h;
- via classe II – 70 até 55 km/h;
- via classe III– 55 até 50 km/h;
- via classe IV – 50 até 40 km/h.

**TAB. 6.10 Nível de Serviço**

Classe da via	I	II	III	IV
Variação Velocidade de fluxo livre	90 a 70 km/h	70 a 55 km/h	55 a 50 km/h	55 a 40 km/h
Velocidade típica	80km/h	65 km/h	55 km/h	45 km/h
Nível de Serviço	Média da velocidade de viagem (km/h)			
A	>72	>59	>50	>41
B	>56-72	>46-59	>39-50	>32-41
C	>40-56	>33-46	>28-39	>23-32
D	>32-40	>26-33	>22-28	>18-23
E	>26-32	>21-26	>17-22	>14-18
F	<=26	<=21	<=17	<=14

Fonte: MELO, 2004.

Para ser atraente para os usuários fazer a integração modal o ideal é que as vias de acesso estejam no máximo no nível D.

A partir da análise da situação dos corredores de transporte público, das paradas, estações ou terminais existentes ou possíveis, do sistema viário e das condições das vias é possível identificar locais para implantação dos estacionamentos de integração das bicicletas e/ou dos automóveis com o transporte público.

### 6.3.2 ETAPA 2 – AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS RELACIONADOS COM OS USUÁRIOS

A avaliação dos critérios e subcritérios apresentados nas tabelas 6.1 e 6.9 têm como objetivo definir um peso para cada um deles para se obter um índice chamado Índice do Usuário (IU). Este índice possibilita definir qual dos locais tem mais possibilidade de ser atrativo para o usuário de bicicleta e automóvel.

Para obter esses pesos propõe-se a utilização do Método de Análise Hierárquica de Saaty apresentado do capítulo 5. Esse método possibilita determinar os pesos de cada critério e subcritério e analisar de forma hierárquica a importância deles.

Assim, de acordo com AHP para analisar os critérios utiliza-se um grupo de usuários de automóveis e outro de bicicletas. Para esta análise são utilizadas três planilhas. Numa primeira planilha propõe-se avaliar par-a-par os subcritérios correspondentes à transferência, na outra planilha os subcritérios referentes ao transporte público e finalmente, na terceira planilha são comparados os critérios transferência e transporte público, de acordo com as tabelas 6.1 e 6.9.

A seguir, apresenta-se um exemplo de como obter os pesos desses critérios e subcritérios e como identificar o índice do usuário para cada opção.

Na tabela 6.11 tem-se um exemplo de valores atribuídos por um avaliador aos subcritérios correspondentes ao grupo do critério transferência. Esses valores foram obtidos a partir de comparação par-a-par conforme sugerido por Saaty (ver capítulo 5).

Como a matriz é recíproca é necessário que o usuário preencher apenas a metade triangular superior, ou seja, os quadros verdes apresentados na tabela 6.11.

**TAB. 6.11 Comparação dos subcritérios referentes à transferência sob o ponto de vista dos usuários do automóvel**

	Segurança	Tempo de Transbordo	Distância de Acesso	Distância de Caminhada	Custo de Transferência
Segurança	1	5	9	7	3
Tempo de Transbordo	1/5	1	5	3	1/3
Distância de Acesso	1/9	1/5	1	3	1/5
Distância de Caminhada	1/7	1/3	1/3	1	1/5
Custo de Transferência	1/3	3	5	5	1
$\Sigma$	1,79	9,53	20,33	19,00	4,73

Os valores atribuídos pelo julgador são diferentes, e muitas vezes incomparáveis, por isso, há necessidade de normalizar esses valores. Isso é feito dividindo cada elemento da matriz pela soma dos elementos da coluna que esse elemento pertence. A matriz da tabela 6.11 normalizada encontra-se na tabela 6.12.

**TAB. 6.12 Normalização da matriz de comparação dos subcritérios referentes à transferência sob o ponto de vista dos usuários do automóvel**

Normalização	Segurança	Tempo de Transbordo	Distância de acesso	Distância de caminhada	Custo de transferência
Segurança	0,560	0,524	0,443	0,368	0,634
Tempo de Transbordo	0,112	0,105	0,246	0,158	0,070
Distância de acesso	0,062	0,021	0,049	0,158	0,042
Distância de caminhada	0,080	0,035	0,016	0,053	0,042
Custo de transferência	0,187	0,315	0,246	0,263	0,211

Para hierarquizar os subcritérios é necessário identificar o vetor prioridade. A média aritmética das linhas fornece o vetor prioridade, ou seja, os pesos dos subcritérios referentes à transferência sob o ponto de vista dos usuários do automóvel (Tabela 6.13).

**TAB. 6.13 Pesos dos subcritérios referentes à transferência**

Segurança	0,506
Tempo de Transbordo	0,138
Distância de acesso	0,066
Distância de caminhada	0,045
Custo de transferência	0,244

Pode-se observar que, nesse exemplo, o subcritério considerado mais importante sobre o ponto de vista do usuário foi a segurança e o parâmetro menos importante foi a distância de caminhada.

Como os julgadores não funcionam como uma máquina, os valores atribuídos podem ser inconsistentes. Por isso, é necessário identificar a razão de consistência da matriz (RC). Para tal, multiplica-se a matriz pelo vetor prioridade encontrado anteriormente. Desta forma, obtém-se o autovetor Aw, conforme pode ser visto na tabela 6.14.

**TAB. 6.14 Avaliação da Consistência da Matriz**

						Vetor Prioridade		Aw
1	5	9	7	3		0,506		2,84
1/5	1	5	3	1/3		0,138		0,79
1/9	1/5	1	3	1/5	x	0,066	=	0,33
1/7	1/3	1/3	1	1/5		0,045		0,23
1/3	3	5	5	1		0,244		1,39

O  $\lambda_{m\acute{a}x}$  é obtido utilizando a equação 6.2.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[Aw]_i}{w_i} \quad \text{EQ.(6.2)}$$

ou seja,

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{1}{5} \left( \frac{2,84}{0,506} + \frac{0,79}{0,138} + \frac{0,33}{0,066} + \frac{0,23}{0,045} + \frac{1,39}{0,244} \right) = 5,4459$$

O índice randômico (IR) varia em função do número de critérios, conforme apresentado na tabela 5.2. No exemplo, como são cinco parâmetros o IR é igual a 1,12.

O índice de consistência (IC) é obtido pela equação 6.3.

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} \quad \text{EQ.(6.3)}$$

A razão de consistência é a relação entre o índice de consistência (IC) e o índice randômico (IR). A tabela 6.15 apresenta o resultado da verificação da consistência.

**TAB. 6.15 Resultados da verificação da consistência para os parâmetros referentes à transferência**

IC	0,1115
IR	1,12
RC	0,0995

Neste exemplo o RC foi consistente, pois o valor encontrado foi inferior a 0,10.

Esse mesmo procedimento foi aplicado para hierarquização dos subcritérios referentes ao transporte público e ao transporte público e transferência. Por isso, serão apresentados apenas os resultados.

A tabela 6.16 apresenta os valores atribuídos por um julgador na comparação dos subcritérios referentes ao transporte público sob o ponto de vista do usuário de automóvel.

**TAB. 6.16 Julgamento dos subcritérios referentes ao transporte público**

	Frequência	Tempo de Viagem	Regularidade	Segurança no sistema	Sistema de Informação	Conforto
Frequência	1	3	5	1/3	5	3
Tempo de Viagem	1/3	1	5	1/5	5	1
Regularidade	1/5	1/5	1	1/7	1	1/5
Segurança no sistema	3	5	7	1	9	7
Sistema de Informação	1/5	1/5	1	1/9	1	1/5
Conforto	1/3	1	5	1/7	5	1
Σ	5,07	10,40	24,00	1,93	26,00	12,40

Neste caso, o vetor prioridade, ou seja, os pesos dos subcritérios referentes ao transporte público sob o ponto de vista dos usuários do automóvel estão mostrados na tabela 6.17.

**TAB. 6.17 Pesos dos subcritérios referentes ao Transporte Público**

Frequência	0,217
Tempo de Viagem	0,124
Regularidade	0,038
Segurança no sistema	0,466
Sistema de Informação	0,035
Conforto	0,120

Os valores atribuídos pelo usuário foram considerados consistentes, conforme mostra a tabela 6.18.

**TAB. 6.18 Resultados da verificação da consistência para os parâmetros referentes ao transporte público**

IC	0,077645996
IR	1,24
RC	0,062617739

Os usuários analisam também quais critérios são mais importantes: os referentes à transferência ou ao transporte público. A tabela 6.19 apresenta o resultado dessa comparação sob o ponto de vista de um usuário do automóvel.

**TAB. 6.19 Comparação dos critérios referentes à transferência e ao transporte público**

	Transferência	Transporte Público
Transferência	1	1/5
Transporte Público	5	1

O resultado da hierarquização desses parâmetros sob o ponto de vista dos usuários do automóvel está apresentado na tabela 6.20.

**TAB. 6.20 Pesos dos critérios referentes à Transferência e ao Transporte****Público**

Transferência	0,167
Transporte Público	0,833

Como nesse caso, são comparados apenas dois parâmetros não há necessidade de identificar a consistência dos valores atribuídos pelos julgadores.

Com as opções para implantação dos estacionamentos obtidos na Etapa 1 e com os valores dos pesos dados pelos usuários do automóvel e/ou da bicicleta é possível identificar a melhor opção para implantação dos estacionamentos para automóveis e bicicletas para integração com o transporte público sob o ponto de vista dos usuários. Esses pesos são obtidos da média dos valores de cada avaliador / usuário. Com os pesos de cada critério e subcritério pode-se obter o Índice do Usuário (IU), da seguinte forma:

$$IU = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n P_c^j \times P_{sc}^i \times V_{sc}^i$$

Onde:

c = critério;

sc = subcritério;

m = número de critérios;

n = número de subcritérios;

V = valor dos subcritérios;

P = peso dos critérios e subcritérios.

A tabela 6.20 mostra um exemplo de como isso é feito. Esse exemplo foi feito com base nos valores hipotéticos apresentados no apêndice 1. Como esses valores são muito diferentes é necessário normalizá-los. O resultado dessa normalização está apresentado na tabela 6.21.

**TAB. 6.21 Normalização dos valores de cada subcritério**

Crítérios	Subcritérios	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5
Transferência	Segurança (acidentes/mês)	0,278	0,167	0,389	0,111	0,056
	Tempo de Transbordo (min)	0,133	0,173	0,227	0,267	0,200
	Distância de Acesso (km)	0,119	0,294	0,174	0,183	0,229
	Distância de Caminhada (m)	0,146	0,219	0,109	0,307	0,219
	Custo de Transferência (R\$)	0,191	0,201	0,187	0,215	0,206
Transporte Público	Freqüência (min)	0,140	0,175	0,123	0,351	0,211
	Tempo de Viagem (min)	0,105	0,263	0,421	0,132	0,079
	Regularidade (%)	0,229	0,193	0,181	0,205	0,193
	Segurança no sistema (acidentes/100mil km)	0,172	0,241	0,310	0,172	0,103
	Sistema de Informação	0,071	0,357	0,214	0,143	0,214
	Conforto (passageiros/m <sup>2</sup> )	0,182	0,227	0,227	0,182	0,182

Os atributos segurança, tempo de transbordo, distância de acesso, distância de caminhada, custo de transferência, freqüência, tempo de viagem e segurança no sistema entram na tabela 6.22 com valor inverso, pois os mesmos são inversamente proporcionais à melhoria do sistema.

O peso geral é obtido multiplicando o peso do critério pelo peso do subcritério.

**TAB. 6.22 Exemplo: Hierarquização das opções sob o ponto de vista dos usuários**

Crítérios	Peso do critério	Subcritérios	Peso do subcritério	Peso geral	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5
Transferência	0,167	Segurança (acidentes/mês)	<b>0,506</b>	<b>0,084</b>	0,011	0,019	0,008	0,028	0,056
		Tempo de Transbordo (min)	<b>0,138</b>	<b>0,023</b>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
		Distância de Acesso (km)	<b>0,066</b>	<b>0,011</b>	0,071	0,029	0,048	0,046	0,037
		Distância de Caminhada (m)	<b>0,045</b>	<b>0,008</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		Custo de Transferência (R\$)	<b>0,244</b>	<b>0,041</b>	0,012	0,011	0,012	0,011	0,011
Transporte Público	0,833	Freqüência (min)	<b>0,217</b>	<b>0,181</b>	0,002	0,002	0,003	0,001	0,001
		Tempo de Viagem (min)	<b>0,124</b>	<b>0,104</b>	0,000	0,000	0,421	0,000	0,000
		Regularidade (%)	<b>0,038</b>	<b>0,032</b>	0,229	0,193	0,181	0,205	0,193
		Segurança no sistema (acidentes/100mil km)	<b>0,466</b>	<b>0,388</b>	0,007	0,005	0,004	0,007	0,011
		Sistema de Informação	<b>0,035</b>	<b>0,030</b>	0,071	0,357	0,214	0,143	0,214
		Conforto (passageiros/m <sup>2</sup> )	<b>0,120</b>	<b>0,100</b>	0,182	0,227	0,227	0,182	0,182
Índice do usuário (IU)					<b>0,033</b>	<b>0,044</b>	<b>0,082</b>	<b>0,035</b>	<b>0,041</b>

O índice do usuário (IU) é o somatório do produto do peso geral ( $P_c \times P_{sc}$ ) do subcritério pelo seu respectivo valor na opção desejada, ou seja, para a opção 1:

$$IU_1 = 0,011*0,084 + 0,001*0,023 + 0,071*0,011 + 0,000*0,008 + 0,012*0,041 + 0,002*0,181 + 0,000*0,104 + 0,229*0,032 + 0,007*0,388 + 0,071*0,03 + 0,182*0,100 = 0,033$$



Para as outras opções o cálculo foi realizado da mesma maneira e o resultado obtido também está apresentado na tabela 6.21.

Como se pode observar, neste exemplo, as três melhores opções para implantar o estacionamento de automóveis para integração com o transporte público sob o ponto de vista de um usuário, em ordem decrescente de valores, são a OPÇÃO 3, a OPÇÃO 2 e a OPÇÃO 5.

### 6.3.3 ETAPA 3 – ESCOLHA DO LOCAL PARA IMPLANTAÇÃO DOS ESTACIONAMENTOS

A partir da identificação das três melhores opções sob o ponto de vista do usuário para implantação dos estacionamentos para automóveis e bicicletas para integração com o transporte público parte-se para a etapa 3. Esta etapa consiste na definição do melhor local para implantação dos estacionamentos para integração com o transporte público.

Para isso, levam-se em consideração os parâmetros relevantes segundo o ponto de vista dos operadores. Esses parâmetros são: demanda pelo transporte público, oferta de vagas nos estacionamentos, custo de instalação, operação e manutenção dos estacionamentos, além do próprio índice do usuário obtido na etapa anterior.

Entre os parâmetros considerados importantes para os **operadores** estão os custos de instalação, operação e manutenção. Esse custo corresponde ao valor investido pelos empresários e/ou órgãos públicos para construção de estacionamentos e durante a sua operação.

O custo para implantação de estacionamentos para integração modal varia em função da área disponível para implantação, do número de vagas nos estacionamento de bicicletas e de automóveis, do modo de transporte que será integrado, etc.

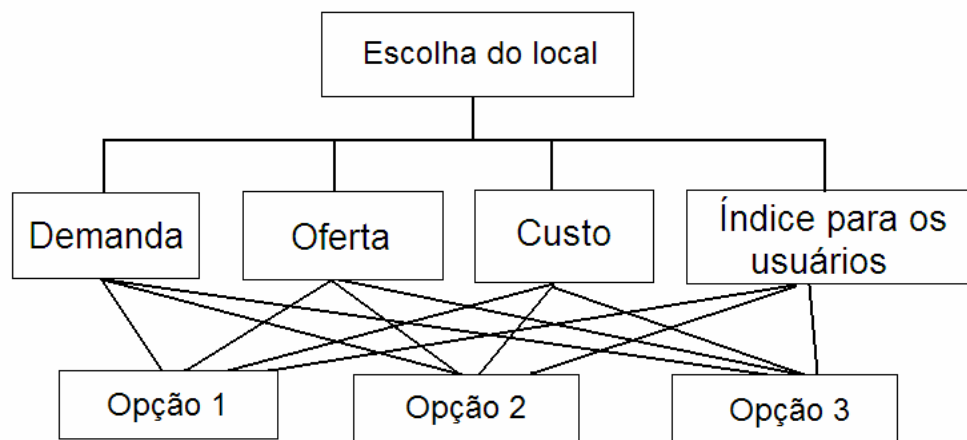
A demanda é utilizada no dimensionamento do número de vagas e da tarifa. Como ela varia ao longo do dia, os operadores precisam conhecê-la para planejar eficientemente a oferta. Além disso, com a variação anual da demanda é possível prever a demanda futura do transporte público e dos estacionamentos.

A demanda deve ser capaz de compensar todas as despesas necessárias para manutenção das estações. Além disso, ela é importante para determinar o número necessário de vagas nos estacionamento e a área necessária para circulação de pessoas nos terminais.

No capítulo 3 há alguns parâmetros que podem ser utilizados para definir a demanda pelos estacionamentos.

A oferta corresponde ao número possível estimado de vagas para estacionamento de automóveis e/ou bicicletas nas estações ou terminais de integração. Os operadores precisam identificar a oferta de vagas adequadamente, pois se os usuários, ao chegarem à estação e não encontrarem um local para estacionar seu veículo (bicicleta ou automóvel) dificilmente eles optarão por realizar a integração dos modos de transporte novamente. Os usuários acabam perdendo a credibilidade no sistema integrado.

Para escolher o melhor local para instalar as estações ou os terminais de integração com o transporte público levando em consideração o ponto de vista dos operadores também será utilizado o Método de Análise multicritério AHP. A estrutura hierárquica para o problema de decisão está apresentada na figura 6.2.



**FIG. 6.2 Estrutura Hierárquica**

Para facilitar o entendimento desta etapa, prossegue-se a resolução de um exemplo.

Utilizando o método AHP são hierarquizados os parâmetros demanda, oferta custo e o índice do usuário da mesma forma apresentada na etapa 2 para

identificação do índice do usuário. Por isso, serão apresentados apenas os resultados encontrados.

Na tabela 6.23 encontra-se a matriz de decisão para os critérios anteriormente mencionados.

**TAB. 6.23 Matriz de Decisão**

	Oferta	Demanda	Índice do Usuário	Custo
Oferta	1	1/3	1/5	1/7
Demanda	3	1	1/3	1/5
Índice do Usuário	5	3	1	1/5
Custo	7	5	5	1
	16,00	9,33	6,53	1,54

A tabela 6.24 mostra o resultado da normalização dos valores atribuídos pelo julgador e a tabela 6.25 apresenta o vetor prioridade

**TAB. 6.24 Matriz Normalizada**

Normalização	Oferta	Demanda	Índice do Usuário	Custo
Oferta	0,063	0,036	0,031	0,093
Demanda	0,188	0,107	0,051	0,130
Índice do Usuário	0,313	0,321	0,153	0,130
Custo	0,438	0,536	0,765	0,648

**TAB. 6.25 Vetor Prioridade**

Oferta	0,055
Demanda	0,119
Índice do Usuário	0,229
Custo	0,597

Como se pode observar, neste exemplo, o custo é o parâmetro considerado mais importante para os operadores do sistema de transporte.

Verificou-se também que os valores atribuídos pelo julgador são consistentes conforme orientações apresentadas no capítulo 5.

Após a comparação dos critérios par a par é necessário comparar também as opções em relação a cada critério. Para auxiliar na comparação das opções, a tabela 6.26 apresenta os dados da demanda, da oferta e do custo para as três melhores opções.

**TAB. 6.26 Características das opções**

	Oferta (n° de vagas)	Demanda (n° de passageiros)	Custo (R\$)	Índice do usuário
Opção 3	3.000	2.900	30.000.000,00	0,082
Opção 2	3.500	4.000	35.000.000,00	0,044
Opção 5	4.000	5.000	47.000.000,00	0,041

A partir desses dados, aplica-se novamente o Método de Análise Multicritério AHP para comparar as opções em relação a cada critério. A tabela 6.27 mostra a matriz de comparação das opções em relação à oferta de vagas para estacionamento de automóveis e/ou bicicletas.

**TAB. 6.27 Matriz de Comparação das opções segundo a Oferta**

	Opção 3	Opção 2	Opção 5
Opção 3	1	1/3	1/5
Opção 2	3	1	1/3
Opção 5	5	3	1
$\Sigma$	9,00	4,33	1,53

Neste exemplo, obteve-se a seguinte ordem de prioridade das opções segundo o critério Oferta: 0,106 para a opção 3, 0,260 para a opção 2 e 0,633 para a opção 5.

A tabela 6.28 mostra a matriz de comparação segundo a demanda.

**TAB. 6.28 Matriz de Comparação das opções segundo a Demanda**

	Opção 3	Opção 2	Opção 5
Opção 3	1	3	1/3
Opção 2	1/3	1	1/5
Opção 5	3	5	1
$\Sigma$	4,33	9,00	1,53

A ordem de prioridade das opções em relação ao critério Demanda foi 0,260 para a opção 3, 0,106 para a opção 2 e 0,633 para a opção 5.

A tabela 6.29 mostra a matriz de comparação segundo o Índice do Usuário

**TAB. 6.29 Matriz de Comparação das opções segundo o Índice do Usuário**

	Opção 3	Opção 2	Opção 5
Opção 3	1	5	5
Opção 2	1/5	1	3
Opção 5	1/5	1/3	1
$\Sigma$	1,40	6,33	9,00

A ordem de prioridade das opções em relação ao critério índice do usuário foi 0,556 para a opção 3, 0,333 para a opção 2 e 0,111 para a opção 5.

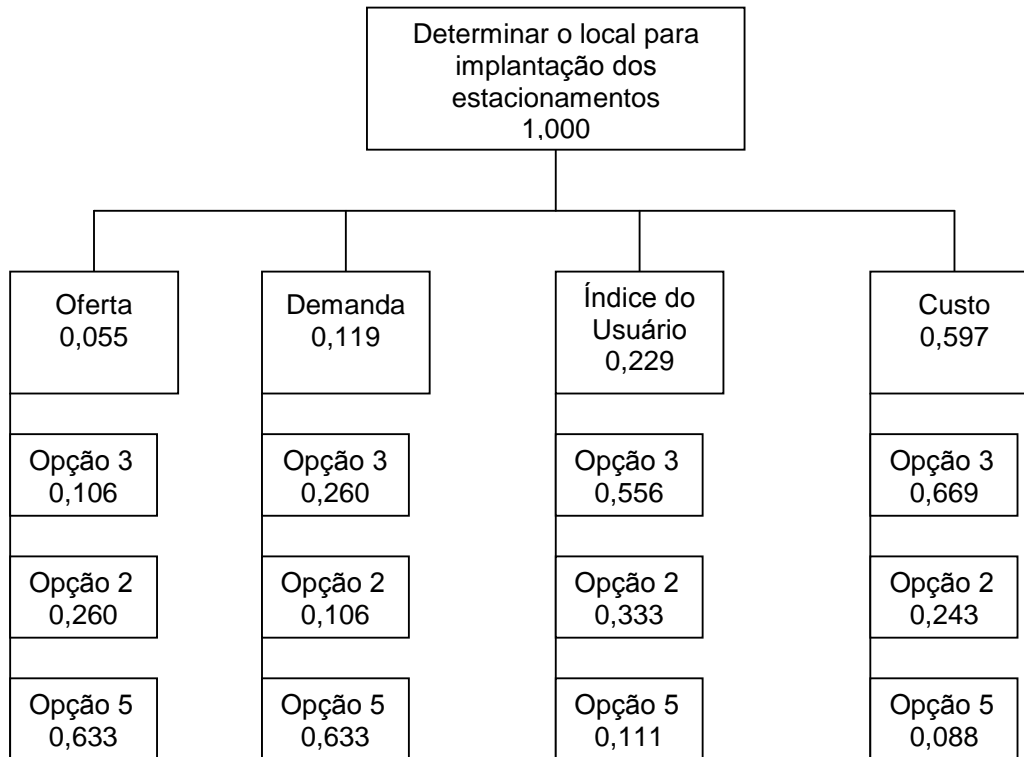
Finalmente, a tabela 6.30 mostra a matriz de comparação segundo o Custo.

**TAB. 6.30 Matriz de Comparação das opções segundo o Custo**

	Opção 3	Opção 2	Opção 5
Opção 3	1	3	7
Opção 2	1/3	1	3
Opção 5	1/7	1/3	1
$\Sigma$	1,48	4,33	11,00

A ordem de prioridade das opções em relação ao critério custo foi 0,669 para a opção 3, 0,243 para a opção 2 e 0,088 para a opção 5.

Desta forma, os pesos obtidos para o problema localização de estacionamentos utilizando o método AHP estão apresentados na figura 6.3.



**FIG 6.3 Pesos obtidos para o Problema de Localização dos Estacionamentos**

Para obter os valores finais de cada opção, usa-se a equação 5.5 apresentada no capítulo anterior. Com isso, podem-se determinar os valores finais da seguinte forma:

$$\text{Pontuação da opção 3} = 0,055 * 0,106 + 0,119 * 0,260 + 0,229 * 0,556 + 0,597 * 0,669 = 0,563$$

$$\text{Pontuação da opção 2} = 0,055 * 0,260 + 0,119 * 0,106 + 0,229 * 0,333 + 0,597 * 0,243 = 0,248$$

$$\text{Pontuação da opção 5} = 0,055 * 0,633 + 0,119 * 0,633 + 0,229 * 0,111 + 0,597 * 0,088 = 0,188$$

Então, neste exemplo a melhor opção para implantar os estacionamentos de automóveis para integração com o transporte público sob o ponto de vista não apenas do usuário, mas também dos operadores é a opção 3.

## 6.4 DIRETRIZES DE PROJETO

Apenas a localização adequada das estações de integração não é suficiente para atrair usuários. As estações de integração também devem ser elaboradas adequadamente. A tabela 6.31 apresenta algumas características de projeto que tornam as estações ou os terminais mais atrativos.

**TAB. 6.31 Características de Projeto das Estações de Integração**

Projeto
Segurança
Locais de Parada
Características das vagas
Instalações e equipamentos
Iluminação

Durante a elaboração do projeto de uma estação de integração, os projetistas devem levar em consideração a segurança do local. A implantação de circuito interno de TV e a iluminação adequada são alguns fatores que estão relacionados com a segurança.

Os acessos e locais de parada devem possuir sinalização adequada para dar maior segurança para os usuários.

As vagas devem ser projetadas de forma que os motoristas tenham espaço suficiente para fazer a manobra e para que os ocupantes possam entrar e sair facilmente dos veículos.

As instalações e os equipamentos também são importantes nas transferências. A existência de cobertura, bancos, bebedouros, sanitários, telefones públicos, lanchonetes e até mesmo, lojas (mini shopping center) garantem melhor conforto para os passageiros e ainda pode atrair usuários. Outros fatores como a presença de escadas, largura das portas, nível de ruído, temperatura, ventilação também devem ser levados em consideração nos projetos de estações e terminais de integração modal. É importante também que as estações ou os terminais tenham oficinas mecânicas para apoiar os ciclistas a utilizarem as bicicletas, assim como vestiário com chuveiro.

A iluminação das estações de integração também é de responsabilidade dos projetistas. Ela deve ser feita de forma que garanta a segurança dos usuários e evite a ação de vândalos. Além disso, a iluminação garante maior conforto para os ciclistas.

Esse trabalho parte do pressuposto que os projetos das estações de integração serão bem elaborados, ou seja, com iluminação, segurança (tecnologia), sistema de informação e instalações e equipamentos sanitários (telefone público e abrigo) capazes de atender os anseios dos usuários.

## 6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, além de definido os critérios adotados no procedimento para escolher o melhor local para implantação dos estacionamentos integrados, foi apresentado um exemplo de como deve ser aplicado o procedimento.

No próximo capítulo apresenta-se uma pesquisa realizada junto a um grupo de usuários de automóveis e outro de usuários de bicicletas visando definir os pesos dos critérios e subcritérios propostos no procedimento desenvolvido. Conforme foi visto neste capítulo, esses pesos auxiliam os decisores na escolha do local para implantação dos estacionamentos sob o ponto de vista dos usuários.



## 7. AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS PROPOSTOS

### 7.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo apresenta uma aplicação da 2ª etapa do procedimento visando obter os pesos dos critérios e subcritérios a partir de uma pesquisa realizada com usuários de automóveis e bicicletas. Esses pesos permitem identificar o grau de importância de cada critério e subcritério sob o ponto de vista do usuário e subsidiar a escolha de um local para implantação da integração modal.

### 7.2 PESOS DOS CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS SOB O PONTO DE VISTA DOS USUÁRIOS DE AUTOMÓVEIS

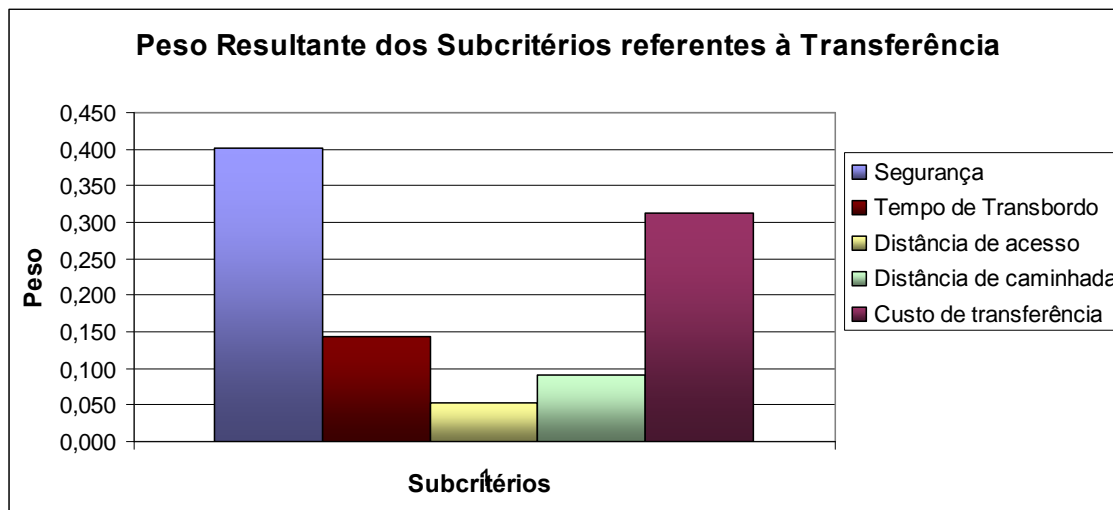
Como apresentado no capítulo anterior, os critérios foram divididos em dois grupos: transferência e transporte público. Com o uso de uma planilha em EXEL foi feita uma pesquisa com um grupo de oito usuários de automóveis. Para tanto, inicialmente solicitou-se uma análise dos subcritérios relacionados com a transferência dos passageiros do automóvel para o transporte público que resultou, após o processo de análise par a par de Saaty (capítulo anterior) nos pesos apresentados na tabela 7.1.

Os entrevistados são estudantes de graduação e pós-graduação do Instituto Militar de Engenharia e algumas pessoas que também utilizam automóveis e residem na cidade do Rio de Janeiro.

**TAB. 7.1 Peso dos Subcritérios referentes à Transferência (Usuários de automóveis)**

	Usuários	1	2	3	4	5	6	7	8	Pesos
Subcritérios	Segurança	0,416	0,506	0,482	0,395	0,443	0,353	0,347	0,272	<b>0,402</b>
	Tempo de Transbordo	0,188	0,138	0,133	0,147	0,160	0,157	0,078	0,142	<b>0,143</b>
	Distância de acesso	0,073	0,066	0,043	0,063	0,060	0,040	0,039	0,039	<b>0,053</b>
	Distância de caminhada	0,073	0,045	0,106	0,101	0,098	0,073	0,147	0,077	<b>0,090</b>
	Custo de transferência	0,250	0,244	0,235	0,294	0,239	0,377	0,389	0,470	<b>0,312</b>

A figura 7.1 mostra um gráfico com o peso resultante dos subcritérios referentes à transferência.



**FIG 7.1** Peso Resultante dos Subcritérios referentes à Transferência (Usuários de automóveis)

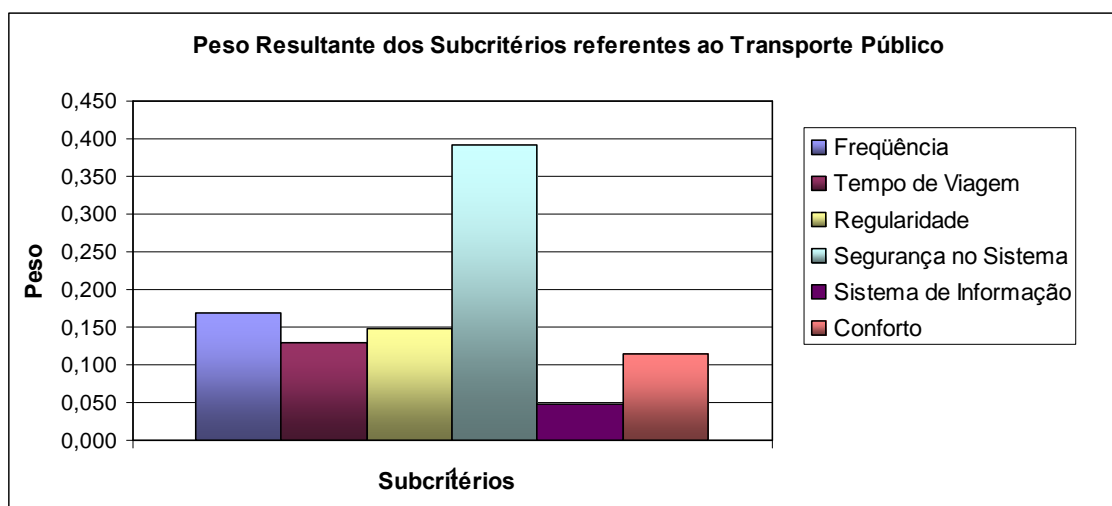
Conforme pode se observar, nesta pesquisa os usuários consideraram a segurança o subcritério mais importante. A preferência em ordem decrescente foi a seguinte: segurança, custo de transferência, tempo de transbordo, distância de caminhada e distância de acesso.

Posteriormente foi feita a análise dos subcritérios referentes ao Transporte Público que resultaram nos pesos apresentados na tabela 7.2.

**TAB. 7.2** Peso dos Subcritérios referentes ao Transporte Público (Usuários de automóveis)

	Usuários	1	2	3	4	5	6	7	8	Pesos
Subcritérios	Frequência	0,182	0,217	0,252	0,186	0,216	0,056	0,147	0,086	<b>0,168</b>
	Tempo de Viagem	0,133	0,124	0,065	0,080	0,085	0,250	0,050	0,243	<b>0,129</b>
	Regularidade	0,167	0,038	0,108	0,167	0,159	0,128	0,265	0,154	<b>0,148</b>
	Segurança no Sistema	0,344	0,466	0,365	0,318	0,346	0,429	0,424	0,438	<b>0,391</b>
	Sistema de Informação	0,042	0,035	0,041	0,038	0,140	0,031	0,033	0,030	<b>0,049</b>
	Conforto	0,131	0,120	0,169	0,209	0,055	0,106	0,081	0,050	<b>0,115</b>

A figura 7.2 apresenta um gráfico com os pesos médios dos subcritérios referentes à transferência.



**FIG. 7.2** Peso Resultante dos Subcritérios referentes ao Transporte Público (Usuários de automóveis)

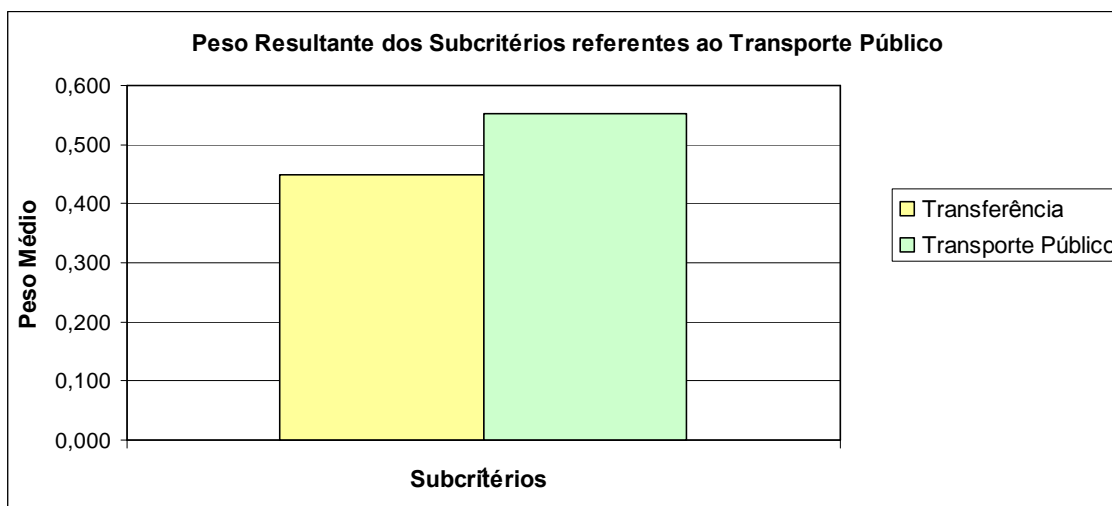
Conforme pode-se observar o subcritério considerado mais importante para os usuários é a Segurança no Sistema. Em seguida em ordem decrescente apareceram os subcritérios: frequência, regularidade, tempo de viagem, conforto e sistema de informação.

Também foram analisados os critérios transferência e transporte público. Os pesos encontrados estão apresentados na tabela 7.3.

**TAB. 7.3** Peso dos critérios Transferência e Transporte Público (Usuários de automóveis)

	Usuários	1	2	3	4	5	6	7	8	Pesos
Critérios	Transferência	0,500	0,167	0,250	0,167	0,750	0,250	0,750	0,750	0,448
	Transporte Público	0,500	0,833	0,750	0,833	0,250	0,750	0,250	0,250	0,552

Com o valor médio de cada critério foi construída a figura 7.3.



**FIG. 7.3** Peso dos Critérios: Transferência e Transporte Público (Usuários de automóveis)

Os usuários consideraram o Transporte Público mais importante que a Transferência.

Com os valores encontrados anteriormente foi determinado o pesos geral de cada subcritério. Isso foi feito da mesma maneira apresentada no exemplo da tabela 7.4.

**TAB. 7.4** Peso geral de cada subcritério (Usuários de automóveis)

Critérios	Peso do critério	Subcritérios	Peso do subcritério	Peso geral
Transferência	0,448	Segurança	0,402	0,180
		Tempo de Transbordo	0,143	0,064
		Distância de Acesso	0,053	0,024
		Distância de Caminhada	0,090	0,040
		Custo de Transferência	0,312	0,140
Transporte Público	0,552	Freqüência	0,168	0,093
		Tempo de Viagem	0,129	0,071
		Regularidade	0,148	0,082
		Segurança no sistema	0,391	0,216
		Sistema de Informação	0,049	0,027
		Conforto	0,115	0,063

A tabela 7.5 apresenta os subcritérios em ordem decrescente de importância conforme a avaliação feita pelos usuários de automóveis.

**TAB. 7.5 Hierarquização dos Subcritérios (Automóveis)**

Subcritérios	Peso Geral
Segurança no sistema	0,216
Segurança (Transferência)	0,180
Custo de Transferência	0,140
Frequência	0,093
Regularidade	0,082
Tempo de Viagem	0,071
Tempo de Transbordo	0,064
Conforto	0,063
Distância de Caminhada	0,040
Sistema de Informação	0,027
Distância de Acesso	0,024

Observa-se que o subcritério mais importante é a segurança durante o período que o passageiro está no transporte público. Em seguida, em ordem decrescente de preferência aparecem os subcritérios: segurança durante o período de transferência, custo de transferência, frequência, regularidade, Tempo de viagem, Tempo de Transbordo, conforto, distância de caminhada, sistema de informação e distância de acesso.

Com esses pesos gerais e com o valor do subcritério para cada opção é possível definir o índice do usuário (IU) e identificar o melhor local para implantação dos estacionamentos de automóveis segundo o ponto de vista dos usuários, conforme apresentado no capítulo anterior. Além disso, esta pesquisa permite identificar hierarquicamente a importância relativa dos critérios.

Foi calculado também o desvio padrão do peso resultante de cada de cada critério e subcritério, conforme pode ser visto na tabela 7.6.

**TAB 7.6 Desvio Padrão dos Critérios e Subcritérios (Usuários de Automóveis)**

Critérios	Pesos	Desvio Padrão	Subcritérios	Pesos	Desvio Padrão
Transferência	0,448	0,271	Segurança	0,402	0,077
			Tempo de Transbordo	0,143	0,032
			Distância de acesso	0,053	0,014
			Distância de caminhada	0,090	0,030
			Custo de transferência	0,312	0,089
Transporte Público	0,552	0,271	Frequência	0,168	0,068
			Tempo de Viagem	0,129	0,077
			Regularidade	0,148	0,064
			Segurança no Sistema	0,391	0,054
			Sistema de Informação	0,049	0,037
			Conforto	0,115	0,055

Conforme se pode observar o desvio padrão foi baixo, o que reforça os pesos resultantes, considerando o número reduzido da amostra.

### 7.3 PESOS DOS CRITÉRIOS E SUBCRITÉRIOS SOB O PONTO DE VISTA DOS USUÁRIOS DE BICICLETAS

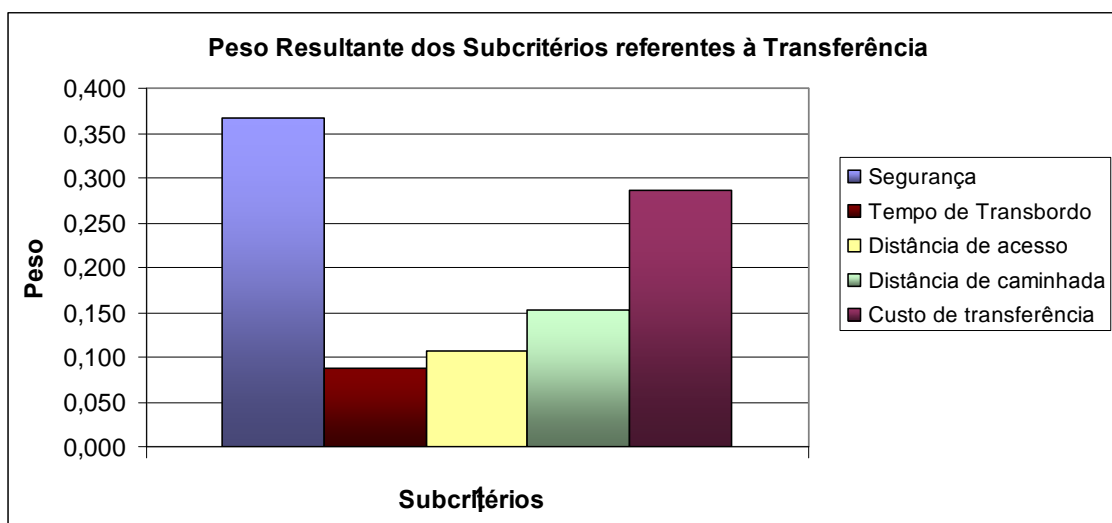
Essa mesma pesquisa também foi realizada com dez ciclistas e os resultados encontrados estão mostrados a seguir. A tabela 7.7 apresenta os pesos dos subcritérios referentes à transferência obtidos desta pesquisa.

Os entrevistados foram alguns alunos de graduação e pós-graduação que vão para o Instituto Militar de Engenharia utilizando o modo de transporte bicicleta, além de um professor que também utiliza a bicicleta.

**TAB. 7.7 Peso dos Subcritérios referentes à Transferência (Usuários de bicicletas)**

Usuários		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Pesos
Subcritérios	Segurança	0,298	0,463	0,407	0,481	0,396	0,483	0,470	0,342	0,281	0,042	0,366
	Tempo de Transbordo	0,130	0,100	0,064	0,072	0,136	0,091	0,039	0,064	0,039	0,141	0,088
	Distância de acesso	0,081	0,128	0,078	0,147	0,073	0,036	0,142	0,169	0,147	0,072	0,107
	Distância de caminhada	0,078	0,035	0,187	0,072	0,136	0,123	0,272	0,034	0,091	0,494	0,152
	Custo de transferência	0,413	0,273	0,264	0,229	0,259	0,267	0,077	0,391	0,442	0,251	0,287

A figura 7.4 mostra um gráfico com o peso resultante de cada subcritério referente à transferência



**FIG. 7.4 Peso Resultante dos Subcritérios referentes à Transferência (Usuários de bicicletas)**

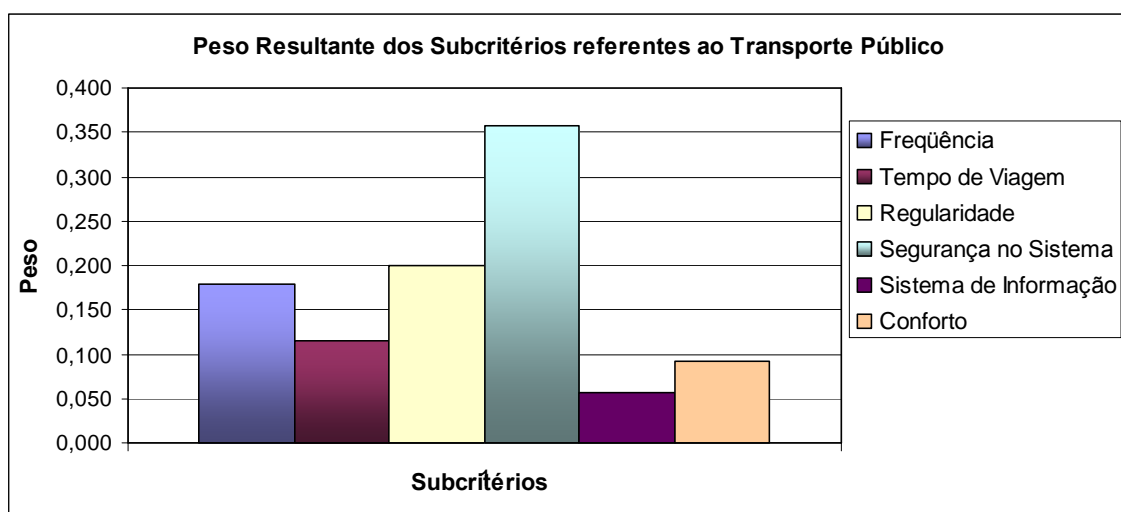
Conforme se pode observar o subcritério referentes à transferência considerado mais importante pelos usuários de bicicleta foi a segurança. Outro fator que também apresentou grande relevância foi o custo da transferência. Em seguida em ordem decrescente de importância apareceram os subcritérios: distância de caminhada, distância de acesso e tempo de transbordo.

A tabela 7.8 mostra os pesos obtidos da pesquisa realizada com os usuários de bicicleta para os subcritérios referentes ao transporte público.

**TAB. 7.8 Peso dos Subcritérios referentes ao Transporte Público (Usuários de bicicletas)**

	Usuários	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Pesos
Subcritérios	Freqüência	0,270	0,076	0,198	0,189	0,121	0,055	0,059	0,438	0,139	0,250	0,180
	Tempo de Viagem	0,168	0,209	0,074	0,083	0,121	0,135	0,073	0,143	0,052	0,091	0,115
	Regularidade	0,190	0,076	0,168	0,210	0,174	0,429	0,250	0,088	0,267	0,143	0,199
	Segurança no Sistema	0,203	0,461	0,435	0,307	0,351	0,254	0,477	0,258	0,402	0,428	0,358
	Sistema de Informação	0,047	0,033	0,040	0,042	0,174	0,096	0,030	0,036	0,031	0,030	0,056
	Conforto	0,122	0,144	0,085	0,169	0,060	0,031	0,111	0,037	0,109	0,059	0,093

Para facilitar a análise dos resultados foi construído um gráfico (figura 7.5) com o peso médio de cada subcritério.



**FIG. 7.5 Peso Resultante dos Subcritérios referentes ao Transporte Público (Usuários de bicicletas)**

Nota-se que a segurança no sistema foi considerada pelos usuários de bicicleta o subcritério mais importante. Os outros subcritérios que apareceram em ordem decrescente de valores foram: regularidade, freqüência, tempo de viagem, conforto e sistema de informação.

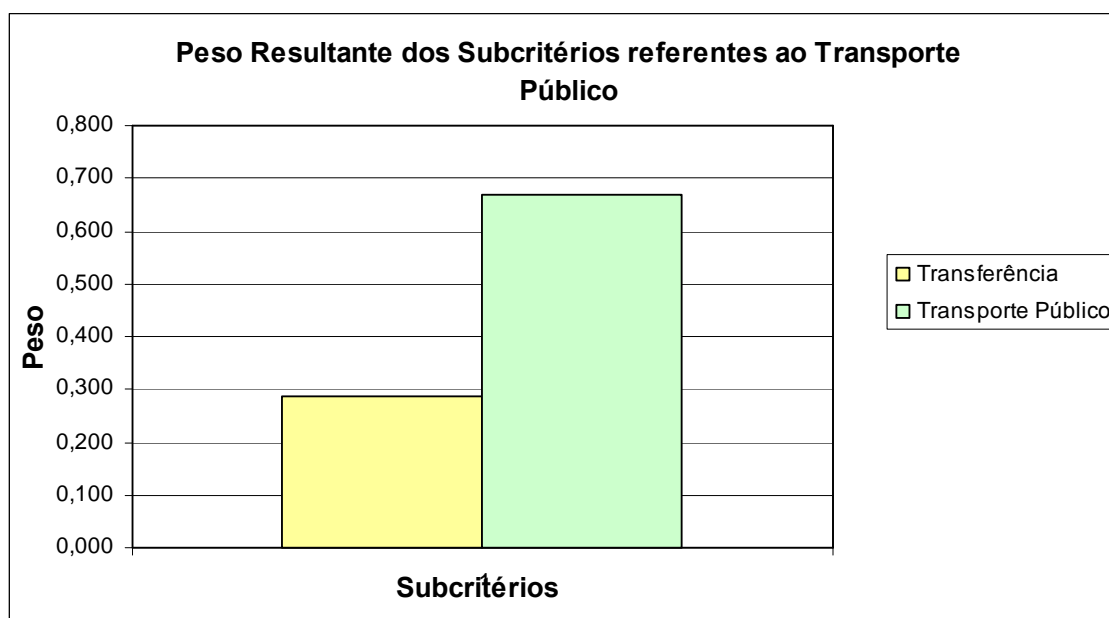
A comparação entre os critérios referentes à transferência e transporte público está apresentada na tabela 7.9.



**TAB. 7.9 Peso dos critérios Transferência e Transporte Público (Usuários de Bicicletas)**

	Usuários	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Pesos
Subcritérios	Transferência	0,167	0,250	0,250	0,275	0,500	0,250	0,250	0,167	0,250	0,500	0,286
	Transporte Público	0,833	0,750	0,750	0,750	0,500	0,750	0,275	0,833	0,750	0,500	0,669

A figura 7.6 apresenta um gráfico da média dos valores obtidos para transferência e transporte público.



**FIG. 7.6 Peso dos Critérios: Transferência e Transporte Público (Usuários de Bicicletas)**

Como se pode observar, os ciclistas consideraram o critério Transporte Público mais importante que o critério Transferência.

Com os valores médios de cada tabela apresentada para os usuários de bicicletas foi construída a tabela 7.10 que apresenta o peso geral de cada subcritério.

**TAB. 7.10 Peso geral de cada subcritério (Usuários de Bicicletas)**

Critérios	Peso do critério	Subcritérios	Peso do subcritério	Peso geral
Transferência	0,286	Segurança	0,366	0,105
		Tempo de Transbordo	0,088	0,025
		Distância de Acesso	0,107	0,031
		Distância de Caminhada	0,152	0,044
		Custo de Transferência	0,287	0,082
Transporte Público	0,669	Frequência	0,180	0,120
		Tempo de Viagem	0,115	0,077
		Regularidade	0,199	0,133
		Segurança no sistema	0,358	0,239
		Sistema de Informação	0,056	0,037
		Conforto	0,093	0,062

Esse peso geral auxilia na identificação do melhor local para implantação dos estacionamentos de bicicletas sobre o ponto de vista dos usuários de bicicletas.

A tabela 7.11 apresenta os pesos em ordem decrescente de preferência conforme avaliação dos usuários de bicicleta.

**TAB 7.11 Hierarquização dos Subcritérios (Bicicletas)**

Subcritérios	Peso Geral
Segurança no sistema	0,197
Segurança (Transferência)	0,164
Custo de Transferência	0,128
Regularidade	0,110
Frequência	0,099
Distância de Caminhada	0,068
Tempo de Viagem	0,063
Conforto	0,051
Distância de Acesso	0,048
Tempo de Transbordo	0,039
Sistema de Informação	0,031

Para os critérios e subcritérios referentes aos usuários de bicicletas também foi calculado o desvio padrão. Os resultados encontrados estão apresentados na tabela 7.12.

**TAB 7.12 Desvio Padrão dos Critérios e Subcritérios (Usuários de Bicicletas)**

Critérios	Pesos	Desvio Padrão	Subcritérios	Pesos	Desvio Padrão
Transferência	0,286	0,119	Segurança	0,366	0,136
			Tempo de Transbordo	0,088	0,039
			Distância de acesso	0,107	0,044
			Distância de caminhada	0,152	0,140
			Custo de transferência	0,287	0,106
Transporte Público	0,669	0,182	Frequência	0,180	0,118
			Tempo de Viagem	0,115	0,049
			Regularidade	0,199	0,101
			Segurança no Sistema	0,358	0,097
			Sistema de Informação	0,056	0,046
			Conforto	0,093	0,046

O desvio padrão encontrado para os critérios e subcritérios referentes aos usuários de bicicletas também foi baixo, e conforme mencionado anteriormente, isto reforça os pesos resultantes, principalmente, ao se considerar o número reduzido de entrevistados.

#### 7.4 COMPARAÇÃO DOS PESOS OBTIDOS PARA AUTOMÓVEIS E BICICLETAS

A partir da tabela 7.13 é possível comparar os pesos obtidos para cada subcritério tanto para usuários de bicicletas quanto para usuários de automóveis.

**TAB. 7.13 Comparação dos Pesos: Usuários de Automóveis e Bicicletas**

Automóveis			Bicicletas		
N <sup>o</sup>	Subcritérios	Peso Geral	N <sup>o</sup>	Subcritérios	Peso Geral
1	Segurança no sistema	0,216	1	Segurança no sistema	0,197
2	Segurança (Transferência)	0,180	2	Segurança (Transferência)	0,164
3	Custo de Transferência	0,140	3	Custo de Transferência	0,128
4	Frequência	0,093	4	Regularidade	0,110
5	Regularidade	0,082	5	Frequência	0,099
6	Tempo de Viagem	0,071	6	Distância de Caminhada	0,068
7	Tempo de Transbordo	0,064	7	Tempo de Viagem	0,063
8	Conforto	0,063	8	Conforto	0,051
9	Distância de Caminhada	0,040	9	Distância de Acesso	0,048
10	Sistema de Informação	0,027	10	Tempo de Transbordo	0,039
11	Distância de Acesso	0,024	11	Sistema de Informação	0,031

Observa-se que os subcritérios segurança no sistema, segurança (transferência), custo de Transferência, frequência e regularidade apareceram entre os cinco primeiros lugares na hierarquização dos pesos sob o ponto de vista dos usuários de automóveis e bicicletas.

Entre os três subcritérios menos importantes observa-se que a distância de acesso e o sistema de informação apareceram nas duas avaliações.

## 7.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse capítulo apresentou os pesos dos critérios e subcritérios obtidos da pesquisa realizada com usuários de automóveis e ciclistas. Esses pesos permitem avaliar o grau de importância de cada critério sob o ponto de vista dos usuários de automóveis e bicicletas. Além disso, o peso geral serve de subsidio para os tomadores de decisão na escolha do melhor local para implantação dos estacionamentos integrados.

Atualmente, os índices de acidentes, furtos e roubos estão altos e as autoridades não estão conseguindo combater a ação dos infratores. Por isso, existe uma grande preocupação da sociedade com a segurança. Isso pode justificar o fato de ter sido este o critério considerado mais importante tanto para os usuários de automóveis como para os ciclistas.

## 8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 8.1 CONCLUSÕES

Atualmente há uma grande quantidade de veículos em circulação nas cidades, gerando congestionamentos, falta de espaço para estacionamentos, aumento da poluição ambiental e queda da qualidade de vida da população. Como a integração entre os modos de transporte é uma forma de minimizar tais problemas, há não apenas uma tendência mundial, mas também uma questão de necessidade integrar os sistemas de transporte.

Pôde-se verificar neste trabalho que a melhor forma de integração é aquela que considerada completa, ou seja, aquela em que ocorrer ao mesmo tempo a integração física, tarifária, multi-modal, operacional e institucional. Porém, mesmo que não existam todos os tipos de integração em um sistema, a integração quando projetada adequadamente proporciona alguns benefícios para a sociedade como: aumento da acessibilidade e da mobilidade.

Uma forma de integração visando a sustentabilidade considera a implantação de estacionamentos de automóveis e bicicletas integrados ao transporte público.

No caso dos automóveis, um exemplo apresentado foi o *“Park and Ride”*. Nele os motoristas estacionam seus veículos e prosseguem a viagem utilizando um modo de transporte coletivo. Foi possível constatar que além de reduzir os congestionamentos e os problemas de estacionamento nas áreas de grande atração de viagens, o *“Park and Ride”* pode beneficiar as pessoas que residem em regiões distantes e de baixa densidade demográfica que são incapazes de manter um transporte direto. Outra vantagem desse sistema de integração é que ele aumenta o número de passageiros do transporte público. Porém, para que esse serviço funcione adequadamente recomenda-se que ele seja gratuito ou que a tarifa seja inferior a cobrada no centro da cidade para o estacionamento do veículo. No tocante à bicicleta pôde-se constatar que ela permite a inclusão social, pois seu valor é baixo e praticamente todas as pessoas podem adquiri-la. Além disso, observou-se que mesmo para longas distâncias, com o uso desse modo é possível chegar a vários

locais quando há integração com o transporte público. Uma forma de se obter essa integração é através dos paraciclos e bicicletários

Para se obter sucesso na integração entre o automóvel e a bicicleta com o transporte público é necessário um planejamento adequado. Por isso, essa dissertação propôs um procedimento para implantação desses estacionamentos.

Para identificação dos possíveis locais para implantação desses estacionamentos, esse trabalho propôs uma avaliação dos corredores de transporte público, da disponibilidade de locais e do sistema viário. Dessa avaliação surgem as opções.

Além disso, foram identificados alguns critérios considerados importantes na definição do melhor local para implantação dos estacionamentos para integração modal. Esses critérios foram divididos em dois grupos, um referente à transferência (segurança, tempo de transbordo, distância de acesso, distância de caminhada e custo de transferência) e outro ao transporte público (frequência, tempo de viagem, regularidade, segurança no sistema, sistema de informação e conforto).

Para hierarquizar esses critérios verificou-se que devido a sua flexibilidade e facilidade de aplicação, o mais apropriado para ser utilizado era o método de análise Multicritério AHP. Nessa etapa foi realizada uma pesquisa com usuários de automóveis e bicicletas e desse trabalho foi possível definir o peso de cada critério e hierarquizar os critérios.

A partir das opções para implantação dos estacionamentos e dos pesos de cada critério pôde-se definir o índice do usuário para cada opção e conseqüentemente, encontrar o melhor local para a implantação dos estacionamentos de automóveis e bicicletas para integração com o transporte público sob o ponto de vista dos usuários.

Porém, para a implantação desses estacionamentos é necessário levar em consideração não apenas os critérios importantes para os usuários de automóvel e bicicleta. É importante avaliar também os fatores considerados relevantes para os operadores. Por isso, esse trabalho também propôs que se identifique a demanda, a oferta de vagas e o custo para implantação dos estacionamentos para as três melhores opções para a implantação dos estacionamentos sob o ponto de vista dos usuários. Desta forma, aplica-se o método de análise multicritério AHP entre esses critérios e o Índice do Usuário para identificar a melhor opção para implantação dos

estacionamentos de automóveis e bicicletas para integração com o transporte público.

## 8.2 RECOMENDAÇÕES

Para outros estudos relacionados ao assunto tratado nesta dissertação, propõe-se:

- Verificar a possibilidade de utilização de outras técnicas como, por exemplo, as redes neurais para a determinação dos pesos dos critérios e subcritérios.
- Identificar a demanda por estacionamentos de bicicletas em Terminais ou Estações de Integração com o Transporte Público.
- Identificar o custo de implantação dos estacionamentos de automóveis e bicicletas;
- Identificar a rotatividade dos veículos nos Estacionamentos do tipo “*Park and Ride*”.

Também, na pesquisa desenvolvida no capítulo 7, as entrevistas foram realizadas com usuários de automóveis e bicicletas que residem apenas na cidade do Rio de Janeiro. Por isso, propõe-se que ela seja aplicada para outras regiões do Brasil e com usuários de diferentes classes sociais.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDANTE NOTÍCIAS. **Andante Park & Ride, 2007**. Disponível on-line em <http://www.linhandante.com/noticias-det.asp?noticiaid=31> [capturado em: 18/04/2007].
- ANPET. **Sistema de Informações - Relatório comparativo 2003/ 2005**. 2005 Disponível on-line em [http://www.antp.org.br/simob/Lists/rltcp3\\_5/rlt.aspx](http://www.antp.org.br/simob/Lists/rltcp3_5/rlt.aspx) [capturado em: 18/01/2008].
- ANTP/BNDES. **Integração nos Transportes Públicos**. Série de cadernos Técnicos - volume 5, 2007(a).
- ANTP/BNDES. **Transporte Cicloviário**. Série de cadernos Técnicos - volume 7, 2007(b).
- ARIAS, Zunilda Parra. **Transporte Coletivo Público Urbano: Seleção de Alternativas Tecnológicas**. Dissertação de Mestrado Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2001.
- BICYCLE PARKING, **Guidelines**. Association of Pedestrian and Bicycle Professionals, 2002. Disponível on-line em <http://www.bfbc.org/issues/parking/apbp-bikeparking.pdf> acessado em: 05/07/2007.
- BICYCLINGINFO.ORG: **Pedestrian and Bicycle Information Center**, (2002) Disponível on-line em [http://www.bicyclinginfo.org/de/park\\_basics.cfm](http://www.bicyclinginfo.org/de/park_basics.cfm) acessado em: 11/06/2007.
- BRAGA, M. G. C.; MIRANDA A. C. M. **Análise Crítica dos Sistemas Cicloviários Brasileiros e Propostas para o seu desenvolvimento**. PLURIS, 2006.
- BRASILEIRO, Anísio; CONTRERAS-MONTOYA, Carlos; ORRICO FILHO, Rômulo Dante; SANTOS, Enilson Medeiros; **Inserção do automóvel em sistemas de transporte público: uma solução possível?** – CLAPTU, 1999.
- CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa. **O desenvolvimento Sustentável visto pela relação Transporte, Uso do Solo e Mobilidade**. Relatório Final CNPq - 2005.
- CAVALCANTE, Rinaldo Azevedo; **Estimativa das Penalidades Associadas com os Transbordos em Sistemas Integrados de Transporte Público**, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE – 2002.
- CARVALHO, Angela Costa Werneck. **Desenho Universal, Acessibilidade e Integração Modal: Estudo Exploratório do Transporte Coletivo no Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE – 2005.



- CARVALHO, Giselle Silva; MINGOTE, Sueli Aparecida. **Manual do Usuário: Programas para realização da Análise Hierárquica** - Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de Ciências Exatas, 2005.
- CENEVIVA, Carlos. **Curitiba e sua rede Integrada de Transportes**. Disponível on-line em <http://www.worldbank.org/transport/utsr/santiago/2ceneviv.pdf> [capturado em: 27/03/2007].
- CET, COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO – **Um Estudo Sobre os Problemas de Estacionamento de Veículos**. Boletim Técnico da CET nº 21, 1979.
- CETSP, COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DE SÃO PAULO – **Zona Azul**, 2007. Disponível on-line em <http://www.cetsp.com.br/internew/za/2002/info.htm> [capturado em: 06/08/2007].
- CERVERO, Robert; ZUPAN, Jeffrey. **PUBLIC POLICY AND TRANSIT ORIENTED DEVELOPMENT: SIX INTERNATIONAL CASE STUDIES**, Transit Cooperative Research Program, 1996.
- CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO - LEI Nº 9.503, DE 23 DE SETEMBRO DE 1997
- COE. **Código de Obras e Edificações** – Lei nº 11.228, de 25 de Junho de 1992. Disponível on-line em: [http://plantasonline.prefeitura.sp.gov.br/legislação/lei\\_int.php?id=1040](http://plantasonline.prefeitura.sp.gov.br/legislação/lei_int.php?id=1040) [capturado em: 12/02/2008].
- ELIAS, Carlos Augusto. **Bicicleta como meio de transporte** (2007) Disponível on-line em <http://www.ceatnet.com.br/modules/wfsection/article.php?articleid=67> [capturado em: 18/06/2007].
- FARHAN, Bilal. **Evaluation, Modeling and Policy Assessment for Park-and-ride Services as a Component of Public Transportation**. The Ohio State University, 2003.
- FERRAZ, Antônio Clóvis Pinto; TORRES, Issac Guillermo Espinoza. **Transporte Público Urbano**, 1ª. Edição, Rima, São Carlos – SP. 2001.
- FERREIRA, Evaldo. **Planejamento do Transporte Cicloviário**. Dissertação de Mestrado, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
- FETRANSPOR. **Dados Técnicos – Redes integradas de transporte público**. 2004. Disponível on-line em [http://www.fetranspor.com.br/novo\\_on\\_dados\\_tecnicos.asp](http://www.fetranspor.com.br/novo_on_dados_tecnicos.asp) [capturado em: 07/03/2007].
- GEIPOT. **Manual de Planejamento Cicloviário**. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Ministério dos Transportes, Brasília, DF. 2001.

- GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; ARAYA, Marcela Cecília Gonzáles; Carignano, Claudia. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. Editora Pioneira Thomson Learning - São Paulo, 2004.
- GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; GOMES, Carlos Francisco Simões; ALMEIDA, Adiel Teixeira de Almeida. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**: - Editora Atlas - São Paulo, 2002.
- GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; MOREIRA, António Manuel Machado Da *Informação à Tomada de Decisão: Agregando Valor Através dos Métodos Multicritério RECITEC* - Revista de Ciência e Tecnologia, 1998. Disponível on-line em <http://www.fundaj.gov.br/rtec/res/res-001.html> [capturado em 15/10/2007].
- GONDIM, Mônica Fiúza. **Transporte Não Motorizado na Legislação Urbana no Brasil**. Dissertação de Mestrado – COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.
- INTERNETIONAL BICYCLE FUND. **Bicycle Parking Critéria, Bike Rack, Bicycle Locker, Cycle Stands & Bike Storage Systems**. (2006). Disponível on-line em [http://www.ibike.org/engineering/parking .htm](http://www.ibike.org/engineering/parking.htm)> acessado em 12/06/07
- LEVINSON, Herbert S. e WEANT, Robert A.; **Parking and Planning** – Editora Staff. Estados Unidos.– 1990.
- LUZ, PAULO ROBERTO PINTO. **Um estudo de caso utilizando técnicas de preferência declarada, para análise do fluxo e permanência de veículos em áreas delimitadas** - Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina – 1997.
- MAIA, André Dulce Gonçalves; BRAGA, Marilita Gnecco de Camargo; BALASSIANO, Ronaldo; FARIA Eloir de Oliveira. **Potencial de Uso da Bicicleta como Modo de Transporte Integrado no Município do Rio de Janeiro** - Programa de Engenharia de Transportes – PET/COPPE/UFRJ. ANPET, 2004.
- MARANHÃO, FRANCISCO JOSÉ COELHO. **A Exploração de Gás Natural em Mexilhão: Análise Multicritério pelo Método TODIM**. Mestrado Profissionalizante Ibmec – Rio de Janeiro, 2006.
- MARTENS, Karel. **The bicycle as a feeding mode: experiences from three European countries** - Transportation Research – Universidade de Tel Aviv - Israel 2004.
- MATAS, ANNA. **Demand and revenue implications of an integrated public transport policy. The case of Madrid** - Departamento de Economia Aplicada, Universidade Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Barcelona, Spain. Disponível on-line em <http://www.recercat.cat/bitstream/2072/2142/1/wpdea0304.pdf> [capturado em: 13/04/2007].

- MELLO, João Carlos Correia Baptista Soares; GOMES, Eliane Gonçalves; GOMES, Luiz Flávio Autran Monteiro; BIONDI NETO, Luiz; MEZA, Lidia Ângulo. **Avaliação do tamanho de Aeroportos Portugueses com relações Multicritério de Superação. Pesquisa Operacional**, v.25, n.3, p.313-330, Setembro a Dezembro de 2005
- MELO, Bruna Pinheiro de. **Indicadores de ocupação urbana sob o ponto de vista da infra-estrutura Viária** – Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2004.
- METROPOLITAN COUNCIL. **Transportation Interfaces – Guide for Transit Oriented Development**, 2006. Disponível on-line em [http://www.Metrocouncil.org/planning/TOD/Transportation\\_interface.pdf](http://www.Metrocouncil.org/planning/TOD/Transportation_interface.pdf) [capturado em: 24/05/07].
- MESQUITA, José Mauro Bernardo. **O estacionamento Integrado: Sua aplicação para o Atendimento de Shopping Centers. Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado, Engenharia de Transportes – COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Programa Bicicleta Brasil**. 2006. Disponível on-line em <http://simbaproject.org/download/brazil/Urban%20Mobility%20Conference/Brazil1312Semana.pdf> [capturado em: 13/08/2006].
- MIRANDA, Antônio C. M. **Cultura e Infra-estrutura Determinam o Hábito do Uso da Bicicleta, Movimento Mobilidade e Cidadania**. Outubro de 2006 – número 6. Associação Nacional de Transportes Públicos.
- MOSCARELLI, Fabiane da Cruz; CYBIS, Helena Beatriz Bettella; FERREIRA, Ângela de Moura. **Estudo da Implantação de um Estacionamento Dissuasório em Porto Alegre: Perfil do Potencial Usuário** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- NABAIS, Rui José da Silva. **Crítérios e procedimentos para avaliação da potencialidade da Integração de Estações Ferroviárias de Passageiros**, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE – 2005.
- NTU – **Integração nos Transportes Públicos: uma análise dos sistemas integrados** – 1999. Disponível on-line em [http://www.ntu.org.br/frame\\_banco.htm](http://www.ntu.org.br/frame_banco.htm) [capturado em: 13/03/2007].
- O GLOBO. BERLINCK, Deborah. **Parisienses sobre duas rodas** - 01 de julho 2007.
- PASSOS, Aderson Campos; GOMES, Luiz Flávio Autran Monteiro. **Enfoque Multicritério à Teoria das Prospectivas: Fundamentos e Aplicação**. REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO MACKENZIE Ano 6, n.1, p. 59-77 – 2005.

- PORTUGAL, Licinio da Silva. **Estacionamentos em áreas urbanas** – Dissertação de Mestrado – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1980.
- PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO.– **Utopia ou realidades. Transporte Sustentável** – Secretária de Relações Internacionais Ciclovias - 2006. Disponível on-line em <http://www.aulasp.prefeitura.sp.gov.br/transportesustentavel3.htm> [capturado em 28/10/2006].
- PUCHER, John; KOMANO, Charles, SCHIMEK Paul; **Bicycling renaissance in North America? Recent trends and alternative policies to promote bicycling** - Estados Unidos, 1999.
- RIBEIRO, Denise Maria da Silva; FREITAS, Ilce Marília Dantas. **A bicicleta como Modo de Transporte Público e Integrado - O caso de Salvador**. Universidade Federal da Bahia – ANPET, 2005.
- RIBEIRO, Denise Maria da Silva; FREITAS, Ilce Marília Dantas. **Inclusão da bicicleta, como modo de transporte alternativo e integrado, no planejamento de transporte urbano de passageiros - o caso de Salvador**. Universidade Federal da Bahia - PLURIS, 2005.
- RIBEIRO, Paulo Cezar Martins. **Dimensionamento de Sistema Integrado de Transportes: o espaçamento entre estações de transferência**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE – 1980.
- RUAVIVA. **Instituto da Mobilidade Sustentável**. 2005. Disponível on-line em <http://www.ruaviva.org.br/ruaviva/index.html> [capturado em 12/11/2006].
- SAATY, Thomas L. **Método de Análise Hierárquica**. Tradução e revista Técnica Waiter da Silveira e Silva – São Paulo. McGraw – Hill Mahron, 1991.
- SARAIVA, Márcio. **A cidade e o Tráfego- Uma abordagem estratégica** – Editora da Universidade de Pernambuco- EDUPE. 1ª edição, 2000.
- SOARES, Ubiratan Pereira. **Procedimento para a Localização de Terminais Rodoviários Interurbanos, Interestaduais e Internacionais de Passageiros**. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ 2006.
- SUSTRANS, **Cycle parking**, 2004 The UK's National Organization Disponível on-line em <http://www.sustrans.org.uk/webfiles/Info%20sheets/cycle%20parking%20info%20sheet.pdf>> acessado em: 04/06/2007.
- TRANSPORT FOR LONDON. Cycles on public transport, 2007. Disponível on-line em <http://www.tfl.gov.uk/roadusers/cycling/974.aspx> [capturado em: 17/04/2007].
- TRANSPORTE ATIVO. **Levantamento da atual situação do cumprimento da Lei Complementar nº 77 de 22 de Abril de 2005**. - 2007 Disponível on-line em <http://www.ta.org.br/site/banco.htm#sp> [capturado em: 06/07/2007].

- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. **Transportation in an aging society: improving mobility and safety for older persons. Transportation Research Board Special Report**, Washington, DC, n. 218, 1998
- TRIANGLE TRANSIT AUTHORITY; **Policy Goals and Recommendations for Park-and-Ride System**, 2003. Disponível on-line em [http://www.ridetta.org/Bus\\_Shuttle/service\\_Planning/documents/Park\\_and\\_Ride\\_Chapter\\_One.pdf](http://www.ridetta.org/Bus_Shuttle/service_Planning/documents/Park_and_Ride_Chapter_One.pdf) [capturado em: 22/05/2007]
- TORONTO TRANSIT COMMISSION; **Bike Racks On Buses; Fares and Passes 2007**. Disponível on-line em <http://www.toronto.ca/ttc/> [capturado em 18/04/2007].
- VIANNA, Marcelo M. B. **A Telemática e o Gerenciamento Integrado de Estacionamentos: Uma Estrutura de Procedimentos**, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado Acadêmico, Engenharia de Transportes – COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.
- VICTORIA TRANSPORT POLICY INSTITUTE. **Park & Ride: Convenient Parking For Transit Users** - março, 2007. Disponível on-line em <http://www.vtpi.org/tdm/tdm27.htm> [capturado em: em 21/05/2007].
- VILLELA, Marcos de Moraes. **Contribuição Metodológica para Estudos de Localização de Estação Intermodal em Transporte Público Coletivo**. Dissertação de Mestrado Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, 2004.
- VILAS BOAS, Cíntia de Lima. **Análise Da Aplicação De Métodos Multicritérios De Apoio À Decisão (Mmad) Na Gestão De Recursos Hídricos**, 2005. Disponível on-line em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/simposio/go/Analise%20da%20Aplicacao%20de%20Metodos%20Multicriterios%20de%20Apoio%20a%20Decisao%20na%20Gestao%20de%20Recursos%20Hidricos.pdf>. [capturado em: 8/10/2007].
- VUCHIC, Vukan R. – **Urban Public Transportation: Systems and Technology** – Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice – Hall.

10. APÊNDICE

## 10.1 APÊNDICE 1

Valores hipotéticos atribuídos para cada subcritério

Critérios	Subcritérios	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5
Transferência	Segurança (acidentes/mês)	5,000	3,000	7,000	2,000	1,000
	Tempo de Transbordo (min)	10,000	13,000	17,000	20,000	15,000
	Distância de Acesso (km)	1,300	3,200	1,900	2,000	2,500
	Distância de Caminhada (m)	200,000	300,000	150,000	420,000	300,000
	Custo de Transferência (R\$)	4,00	4,20	3,90	4,50	4,30
Transporte Público	Frequência (min)	8,000	10,000	7,000	20,000	12,000
	Tempo de Viagem (min)	20,000	50,000	80,000	25,000	15,000
	Regularidade (%)	95	80	75	85	80
	Segurança no sistema (acidentes/100mil km)	5,000	7,000	9,000	5,000	3,000
	Sistema de Informação	1	5	3	2	3
	Conforto (passageiros/m <sup>2</sup> )	4	5	5	4	4

**11** **ANEXO**



## 11.1 ANEXO 1

Os níveis de serviço podem ser determinados pela velocidade de viagem. A seguir estão apresentadas as principais características de cada nível de serviço encontradas em MELO, 2004.

O Nível A corresponde a vias que possuem condição de fluxo livre, altas velocidades e baixos volumes de tráfego. Baixa densidade de trânsito. Além disso, há pouca ou nenhuma restrição à manobra dos veículos no tráfego e os motoristas podem manter a velocidade desejada, com pequeno ou nenhum retardamento.

No Nível B as vias têm fluxo estável, com pequena redução da velocidade de operação em função de algumas restrições devido ao tráfego presente. Os motoristas ainda possuem razoável liberdade na escolha de sua velocidade e faixa de trânsito e a probabilidade deles sofrerem restrições é baixa.

No Nível C as vias também possuem fluxo estável, a velocidade de operação é menor que no nível B, porém ainda satisfatória. Muitos motoristas sofrem restrições na liberdade de escolha da velocidade e nas manobras de ultrapassagem ou mudança de faixa.

No Nível D as vias possuem fluxo próximo a instável. A velocidade de operação é tolerável, porém ela é afetada por variações de volume ou restrições temporárias. Os motoristas têm pequena liberdade de manobra e pouca comodidade. Estas condições podem ser toleradas por período curto de tempo.

No nível E o fluxo é instável e a velocidade operacional é menor que no nível D. O volume de tráfego é próximo ou igual à capacidade da rodovia. Ao atingir a capacidade da rodovia, a velocidade é geralmente próxima de 40 km/h. Nesse nível os veículos podem ficar parados por pouco tempo.

No nível F o fluxo é forçado, a velocidade é muito reduzida. As paradas podem ser de curta ou longa duração. Nesse nível observa-se também a formação de filas de veículos, devido ao congestionamento. No caso extremo, a velocidade pode atingir o a zero.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)