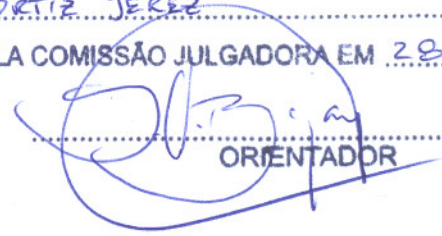


ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA  
TESE DEFENDIDA POR ANDREA JULIANA.....  
...ORTIZ JEREZ..... E APROVADA  
PELA COMISSÃO JULGADORA EM 28.1.01.2011

  
.....  
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Andrea Juliana Ortiz Jerez

**Projeção do consumo de combustíveis e de  
emissões no transporte urbano municipal -  
Estudos de casos: São Paulo e Bogotá**

Andrea Juliana Ortiz Jerez

# **Projeção do consumo de combustíveis e de emissões no transporte urbano municipal - Estudos de casos: São Paulo e Bogotá**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos.

Área de Concentração:

Orientador: Prof. Dr. Sergio Valdir Bajay  
Co-orientador: Prof. Dr. Mauro Donizeti Berni

Campinas

2011

i

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Or8p Ortiz Jerez, Andrea Juliana  
Projeção do consumo de combustíveis e de emissões  
no transporte urbano municipal - estudos de casos: São  
Paulo e Bogotá / Andrea Juliana Ortiz Jerez. --Campinas,  
SP: [s.n.], 2011.

Orientadores: Sergio Valdir Bajay, Mauro Donizeti  
Berni.

Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Transporte urbano. 2. Consumo de combustível. I.  
Bajay, Sergio Valdir. II. Berni, Mauro Donizeti. III.  
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de  
Engenharia Mecânica. IV. Título.

Título em Inglês: Projection of fuel consumption and emissions from urban transport -  
case studies: São Paulo and Bogotá

Palavras-chave em Inglês: Urban transport, Fuel consumption

Área de concentração: -

Titulação: Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos

Banca examinadora: Carla Kazue Nakao Cavaliero, Luiz Augusto Horta Nogueira

Data da defesa: 28/01/2011

Programa de Pós Graduação: Planejamento de Sistemas Energéticos

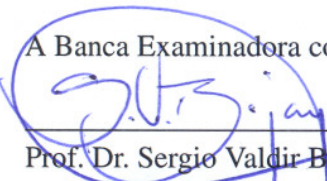
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA  
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA  
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS**


**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO ACADÊMICO**

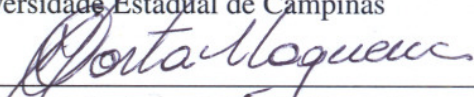
**Projeção do consumo de combustíveis e de  
emissões no transporte urbano municipal -  
Estudos de casos: São Paulo e Bogotá**

Autor: Andrea Juliana Ortiz Jerez  
Orientador: Prof. Dr. Sergio Valdir Bajay  
Co-orientador: Prof. Dr. Mauro D. Berni

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Dissertação:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Sergio Valdir Bajay, Presidente  
Universidade Estadual de Campinas

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr<sup>a</sup>. Carla Kazue Nakao Cavaliero  
Universidade Estadual de Campinas

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luiz Augusto Horta Nogueira  
Universidade Federal de Itajubá

Campinas, 28 de janeiro de 2011

Dedico este trabalho a Você, Dario.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e vontade.

Ao meu esposo, Dario, que sempre me apoiou e acreditou na minha capacidade.

Ao Prof. Bajay, meu orientador, que me mostrou os caminhos a serem seguidos.

Ao Mauro, o meu co-orientador, pelo incentivo dado através da orientação sempre clara, da paciência, atenção e amizade.

Aos membros da banca examinadora desta dissertação, por terem colaborado com a finalização deste trabalho.

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia Mecânica que colaboraram com este trabalho através do cuidado com que realizam suas atividades; especialmente à Denise.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - pelo apoio financeiro.

A todos os meus amigos pela força e convívio agradável; especialmente: Marta, Gisele, Silvinha, Maya, Cinthia, Mariana, Janaina, Mauro, Jhonatan, Luiz, Antonio, Talita e tantos outros que estiveram no meu caminho e que de alguma forma deram um *UP* ao meu espírito quando precisei.

À família Morelli, pelo carinho e cuidado.

Ao pessoal do NIPE; Marcinha, Jatobá.

A todos aqueles que colaboraram de forma indireta com informações e me ajudaram na obtenção dos dados, especialmente ao pessoal do DNP, UPME e da Secretaria Distrital de Movilidad.

*Tudo posso naquele que me fortalece.  
Filipenses 4.13*

## RESUMO

ORTIZ JEREZ, Andrea Juliana. *Projeção do consumo de combustíveis e de emissões no transporte urbano municipal - Estudos de casos: São Paulo e Bogotá*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2010. 167p. Dissertação de (Mestrado).

O aumento da demanda de combustíveis e a conseqüente elevação dos níveis de emissões dos veículos de transporte rodoviário nas últimas décadas intensificam as preocupações sobre a segurança no suprimento de petróleo, poluição do ar e aquecimento global ao redor do mundo. As frotas de cidades densamente povoadas como São Paulo e Bogotá não tem sido devidamente acomodadas pela infraestrutura disponível, agravando a qualidade de vida de suas populações. O atual quadro do setor de transporte urbano nas cidades de São Paulo e Bogotá e sua possível evolução, em termos de veículos utilizados no transporte urbano, sua infra-estrutura e consumo de combustíveis constituem os focos deste trabalho. Para analisar tendências da demanda de combustíveis, emissões de poluentes e de gases de efeito estufa no transporte urbano de passageiros, nestas cidades, foi desenvolvido um modelo de projeção do tipo misto econométrico/simulação. São considerados dois cenários para as projeções. O primeiro, denominado “de referência”, contempla a manutenção da evolução atual do transporte urbano, enquanto o segundo, denominado “alternativo”, contempla uma evolução favorável da economia e o uso de novas tecnologias nos modos de transporte, visando diminuir seus impactos em termos de aquecimento global e poluição local e um uso crescente de combustíveis não fósseis. Medidas de mitigação já implementadas e aquelas que apresentam razoável expectativa de serem adotadas em um futuro próximo são analisadas. Estudos recentes explorando as tendências futuras de demanda de combustíveis e emissões de veículos rodoviários sob várias estratégias são revisados. Recomendações para outros trabalhos também são feitas. Conclui-se que novas estratégias mais abrangentes, serão necessárias para minimizar o impacto adverso dos veículos utilizados no transporte urbano de passageiros nas duas cidades objeto de análise na dissertação.

**Palavras-Chave:** transporte urbano; demanda de combustíveis; emissões; gases de efeito estufa.



## ABSTRACT

ORTIZ JEREZ, Andrea Juliana. *Projection of fuel consumption and emissions from urban transport - Case studies: São Paulo and Bogotá*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2010. 167p. Dissertação de (Mestrado).

Rapidly growing energy demand and emissions from road transportation vehicles in the last decades have raised concerns over oil supply security, urban air pollution and global warming around the world. Fleets of cities with large populations as São Paulo and Bogotá have not been properly accounted for by the available infrastructures, worsening the quality of life of their populations. The current status of urban transport in São Paulo and Bogotá and its possible evolutions, in terms of the vehicles employed, infrastructure available, energy consumption and emissions are the focus of this thesis. To analyze trends of energy demand, pollutants and greenhouse gases emissions from urban passenger transport in these cities, a mixed econometric/simulation forecasting model was developed in the study. Two scenarios are considered for the forecasts. The first one, called a “reference scenario”, assumes that the current trends of urban transport will continue in the future, while the second one, an “alternative scenario”, assumes that there will be substantial economic growth and new technologies will be employed in the transport modes, aiming to reduce their impacts on local pollution and global warming and to increase the use of non-fossil fuels. Mitigation measurements already implemented and those that can reasonably be expected to be adopted in the near future are analyzed. Recent studies exploring the future trends of urban transport fuel consumption and emissions under various strategies are reviewed. Recommendations for further developments are also made. It is concluded that new, more comprehensive strategies will be needed to minimize the adverse impacts of the vehicles used in the urban transport of passengers in São Paulo and Bogotá.

**Keywords:** urban transport; demand for fuels; emissions; greenhouse gases.

## LISTA DE FIGURAS

2.1	Circulo vicioso da interação entre congestionamentos e uso do solo . . . . .	12
2.2	Localização da CSP e de Bogotá na América do Sul . . . . .	17
2.3	Distribuição das viagens por modo de transporte na cidade de São Paulo . . . . .	20
2.4	Motivos das viagens na cidade de São Paulo . . . . .	21
2.5	Número médio de viagens por pessoa, por nível de renda . . . . .	24
2.6	Distribuição por modo das viagens de acordo com o nível de renda . . . . .	25
2.7	Distribuição das viagens por modo de transporte na cidade de Bogotá . . . . .	26
3.1	Classificação dos modos de transporte urbano de passageiros . . . . .	29
3.2	Passageiros transportados por km/ano pelo metrô de São Paulo . . . . .	32
3.3	Distribuição dos corredores exclusivos na cidade de São Paulo . . . . .	35
3.4	Viagens motorizadas diárias por renda familiar mensal em 1997 e em 2007 na RMSP . . . . .	42
3.5	Modelo empresarial do transporte público na Colômbia . . . . .	45
3.6	Frota de ônibus, passageiros transportados e ocupação média dos ônibus em Bogotá . . . . .	47
3.7	Veículos de transporte público coletivos sucateados no período 2001/2008 devido ao sistema TransMilênio . . . . .	51
4.1	Fluxograma dos dados utilizados e da seqüência do cálculo da quilometragem média anual dos ônibus na cidade de São Paulo . . . . .	79
5.1	Preço médio da gasolina C e do álcool hidratado no Brasil . . . . .	97
5.2	Evolução das emissões de $CO$ , $HC$ , $NO_x$ , $SO_x$ , $MP$ , e $CO_2$ , em toneladas/ano, ocasionadas pela frota de veículos leves da cidade de São Paulo, nos dois cenários adotados para as projeções . . . . .	110
5.3	Evolução das emissões de $CO$ , $HC$ , $NO_x$ , $SO_x$ , $MP$ , e $CO_2$ em toneladas/ano, ocasionadas pela frota de ônibus na cidade de São Paulo, nos dois cenários adotados para as projeções . . . . .	113
5.4	Evolução das emissões de $CO$ , $HC$ , $NO_x$ , $SO_x$ , e $CO_2$ em toneladas/ano, pela frota de veículos leves da cidade de Bogotá, nos cenários de referência e de conservação de energia . . . . .	116

5.5 Evolução das emissões de  $CO$ ,  $HC$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $MP$  e  $CO_2$  em toneladas/ano, da frota de ônibus do sistema TransMilênio na cidade de Bogotá para o CRE e CMC . . . 118

## LISTA DE TABELAS

2.1	População dos maiores aglomerados urbanos do mundo, estimativas para 2010. . . . .	19
2.2	Taxa Anual de Crescimento da População Residente . . . . .	19
2.3	Alguns dados territoriais, populacionais e econômicos da cidade de São Paulo e da RMSP	20
2.4	Características sócio-econômicas da cidade de Bogotá . . . . .	24
2.5	Características econômicas, sociais e de transporte nas cidades de São Paulo e de Bogotá	27
3.1	Estrutura Física do Metrô de São Paulo em 29/01/10 . . . . .	31
3.2	Dados operacionais do sistema de trens na RMSP . . . . .	33
3.3	Histórico da frota contratada pelo SPTrans . . . . .	34
3.4	Evolução das frotas de ônibus, micro ônibus e bondes na cidade de São Paulo . . . . .	35
3.5	Extensão dos corredores exclusivos de ônibus . . . . .	36
3.6	Evolução da frota de táxis na cidade de São Paulo . . . . .	37
3.7	Distribuição das viagens diárias a pé em São Paulo, em função da razão da escolha deste meio de locomoção . . . . .	39
3.8	Evolução das viagens em bicicleta na cidade de São Paulo . . . . .	41
3.9	Evolução da frota de veículos leves na cidade de São Paulo . . . . .	42
3.10	Índice de motorização na cidade de São Paulo . . . . .	43
3.11	Evolução da frota de ônibus de Bogotá . . . . .	46
3.12	Divisão de tarifas cobradas segundo a idade do veículo . . . . .	47
3.13	Requerimento de sucateamento de veículos do transporte público coletivo convencional	51
3.14	Evolução da frota de táxis em Bogotá . . . . .	52
3.15	Evolução da frota de veículos leves de Bogotá . . . . .	55
4.1	Parâmetros estimados para a equação de regressão da frota de veículos leves na cidade de São Paulo . . . . .	74
4.2	Parâmetros estimados para a equação de regressão da frota de ônibus na cidade de São Paulo . . . . .	75
4.3	Parâmetros estimados para a equação de regressão da frota de veículos leves na cidade de Bogotá . . . . .	76

4.4	Parâmetros estimados para a equação de regressão da frota de ônibus do TransMilênio . . . . .	77
4.5	Distância média percorrida anualmente . . . . .	78
4.6	Distância média percorrida anualmente pelos ônibus urbanos na cidade de São Paulo . . . . .	80
4.7	Passageiros transportados por ano pelos ônibus na cidade de São Paulo . . . . .	81
4.8	Parâmetros estimados para a regressão dos passageiros transportados por ônibus na cidade de São Paulo . . . . .	82
4.9	Parâmetros estimados para a regressão dos passageiros transportados pelo TransMilênio em Bogotá . . . . .	82
4.10	Parâmetros estimados para o indicador de atividade pass.km (Valores t-student entre parêntese) . . . . .	83
4.11	Parâmetros estimados para a regressão do indicador de atividade pass.km em Bogotá . . . . .	83
4.12	Quilometragem específica média de veículos leves novos no Estado de São Paulo, de 2002 a 2009 . . . . .	85
4.13	Fatores de emissão para veículos leves novos no Brasil . . . . .	86
4.14	Fatores de emissão médios para veículos leves novos utilizados neste trabalho nos cálculos das emissões na cidade de São Paulo . . . . .	87
4.15	Fatores de emissão para veículos leves novos na Colômbia . . . . .	87
4.16	Fatores de emissão para ônibus no Brasil . . . . .	88
4.17	Fatores de emissão para ônibus na Colômbia . . . . .	88
4.18	Fatores de emissão de $CO_2$ para veículos leves e ônibus nas cidades de São Paulo e Bogotá . . . . .	88
5.1	Premissas de evolução do PIB nas cidades de São Paulo e Bogotá nos cenários CRE e CMC . . . . .	93
5.2	Taxas de crescimento da população das cidades de São Paulo e Bogotá nos cenários CRE e CMC . . . . .	95
5.3	Exemplos de programas de eficiência energética veicular no mundo . . . . .	103
5.4	Projeções das frotas de veículos leves na cidade de São Paulo nos cenários de referência e de conservação de energia . . . . .	108
5.5	Projeções das demandas de combustíveis na cidade de São Paulo, em $m^3$ /ano, pela frota de veículos leves . . . . .	108

5.6	Frota projetada de ônibus na cidade de São Paulo nos cenários de referência e de conservação de energia . . . . .	111
5.7	Demandas projetadas de óleo diesel pela frota de ônibus da cidade de São Paulo, em $m^3$ /ano, nos cenários de referência e de conservação de energia . . . . .	112
5.8	Projeções da frota de veículos leves na cidade de Bogotá, por tipo de combustível, nos cenários de referência e de conservação de energia . . . . .	114
5.9	Projeções das demanda de gasolina e de álcool anidro, em $m^3$ /ano, pela frota de veículos leves da cidade de Bogotá, nos cenários de referência e de conservação de energia .	115
5.10	Frota projetada de ônibus do sistema TransMilênio na cidade de Bogotá, nos cenários de referência e de conservação de energia . . . . .	115
5.11	Demandas projetadas de óleo diesel na cidade de Bogotá, em $m^3$ /an, pela frota de ônibus do sistema TransMilênio, nos cenários de referência e de conservação de energia	117
6.1	Reduções nas demandas dos combustíveis utilizados no transporte urbano da cidade de São Paulo no cenário de conservação de energia, em relação ao cenário de referência .	122
6.2	Reduções nas demandas dos combustíveis utilizados no transporte urbano da cidade de Bogotá no cenário de conservação de energia, em relação ao cenário de referência . . .	123
6.3	Demandas de energia per capita nos transportes individual e coletivo nas cidades de São Paulo e de Bogotá em 2010 e projeções para 2025 . . . . .	123
6.4	Redução das emissões oriundas do transporte urbano na cidade de São Paulo no cenário de conservação de energia, em relação ao cenário de referência . . . . .	124
6.5	Redução das emissões oriundas do transporte urbano na cidade de Bogotá no cenário de conservação de energia, em relação ao cenário de referência . . . . .	124

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

### Abreviaturas

BAU	Business As Usual
CBO	Cidade de Bogotá
CSP	Cidade de São Paulo
D.C.	Distrito Capital
ESP	Estado de São Paulo
EUA	Estados Unidos da América
GEE	Gases de Efeito Estufa
MPI	do inglês Multi - pollutant index
OD	Origem-Destino
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
S. A.	Sociedade anônima
TPC	Transporte Público Coletivo
hab	habitantes

### Siglas

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BANREP	Banco de la República de Colombia
BRT	Bus Rapid Transit
CAF	Cooperação Andina de Fomento
CAFE	Corporate Average Fuel Economy

CCB	Cámara de Comercio de Bogotá
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CMTC	Companhia Municipal de Transportes Coletivos
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CONAMA	Comision Nacional del Medio Ambiente
CONPES	Consejo Nacional de Política Económica y Social
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
CPTM	Companhia Paulista de Trens Urbanos
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EMTU	Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos
GEM	Grupo Executivo do Metrô
GNV	Gás Natural Veicular
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICCT	International Council on Clean Transportation
IEA	International Energy Agency
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LVW	Load Vehicle Weight
MCT	Ministerio de Ciência e Tecnologia
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
METRÔ	Companhia do Metropolitano Urbano de São Paulo
MINTRANSPORTE	Ministério dos Transportes
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development



ONU	Organização das Nações Unidas
ORCA	Operador Regional de Coletivo Autônomo
PDESOP	Plano de Desenvolvimento Econômico e Social e de Obras Públicas
PIB	Produto Interno Bruto
PITU	Plano Integrado dos Transportes Urbanos
PMC	Plan Maestro de Ciclorutas
PMSP	Prefeitura do Município de São Paulo
POT	Plano de Ordenamento Territorial
SCSP	Sistema Ciclovitário de São Paulo
SDM	Secretaria Distrital de Movilidad
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SeMob	Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana
SEMPLA	Secretaria Municipal de Planejamento
SHD	Secretaría de Hacienda Distrital
SITM	Sistema Integrado de Transporte Massivo
SITP	Sistema Integrado de Transporte de Público
SM	Salário Mínimo
SMTRJ	Secretaria Municipal de Transportes do Rio de Janeiro
SPTrans	São Paulo Transporte S. A.
SVMA	Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo
UNFCCC	United Nations Framework Convention o Climate Change
WCED	World Commission on Environment and Development
WEC	World Energy Council
WHO	World Health Organization

## LISTA DE SÍMBOLOS

<i>THC</i>	Hidrocarbonetos totais
<i>CO<sub>2</sub></i>	Dióxido de carbono
<i>CO</i>	Monóxido de carbono
<i>MP</i>	Material particulado
<i>N<sub>2</sub>O</i>	Óxido nitroso
<i>NO<sub>x</sub></i>	Óxidos de nitrogênio
<i>SO<sub>x</sub></i>	Óxido de enxofre
<i>CO<sub>2eq</sub></i>	Dióxido de carbono equivalente
<i>km<sup>2</sup></i>	Quilômetro quadrado
<i>km</i>	Quilômetro
<i>m</i>	Metro

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivos do trabalho	5
1.2	Estrutura da dissertação	5
<b>2</b>	<b>O TRANSPORTE E SUAS INTERAÇÕES URBANAS</b>	<b>7</b>
2.1	Introdução	7
2.1.1	Fatores que influenciam o transporte urbano	10
2.1.2	Fatores sócio-psicológicos	15
2.2	As cidades de São Paulo e de Bogotá: uma visão geral	16
2.2.1	São Paulo, a megacidade do Brasil	16
2.2.2	Bogotá	21
2.3	Análise comparativa das cidades de São Paulo e Bogotá	26
<b>3</b>	<b>CIDADES DE SÃO PAULO E BOGOTÁ: PRINCIPAIS SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO E POLÍTICAS PÚBLICAS DE TRANSPORTE</b>	<b>29</b>
3.1	O transporte urbano em São Paulo	29
3.1.1	Transporte coletivo	30
3.1.2	Transporte individual	36
3.2	Bogotá e o sistema de transporte urbano	44
3.2.1	Transporte coletivo	44
3.2.2	Transporte Individual	52
3.3	Estratégias implementadas nas duas cidades como parte de um planejamento integrado	56
3.3.1	Em São Paulo	56
3.3.2	Bogotá	59
3.3.3	Características comuns nas duas cidades	62

<b>4</b>	<b>PROPOSTA DE MODELOS DE PROJEÇÃO DA DEMANDA DE ENERGIA E DAS EMISSÕES NO TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS NAS CIDADES DE SÃO PAULO E DE BOGOTÁ</b>	<b>63</b>
4.1	Introdução	63
4.2	Uma breve descrição dos tipos de modelos de projeção da demanda de energia	64
4.3	A modelagem de projeção mista empregada neste trabalho e as análises estatísticas efetuadas	66
4.4	Metodologia empregada na projeção da demanda de combustíveis	69
4.4.1	Gasolina e álcool	69
4.4.2	Óleo diesel	70
4.5	Metodologia empregada no cálculo das emissões	70
4.5.1	Emissões de veículos leves	71
4.5.2	Emissões dos ônibus	72
4.6	Determinação dos parâmetros para o cálculo da demanda de combustíveis e das emissões	73
4.6.1	Projeção da frota de veículos leves e ônibus	73
4.6.2	Quilometragem média percorrida	78
4.6.3	Passageiros transportados	80
4.6.4	O indicador de atividade passageiros.km	82
4.6.5	Percentual de álcool anidro misturado na gasolina C	84
4.6.6	Quilometrágem específica média dos veículos	84
4.6.7	Fatores de emissão	86
<b>5</b>	<b>DEMANDA DE COMBUSTÍVEIS NO TRANSPORTE URBANO NAS CIDADES DE SÃO PAULO E BOGOTÁ E AS EMISSÕES ASSOCIADAS</b>	<b>91</b>
5.1	Construção dos cenários	91
5.1.1	Produto Interno Bruto	92
5.1.2	População	94
5.1.3	Melhorias nos transportes graças a um melhor planejamento urbano	95
5.1.4	Preços dos combustíveis	97
5.1.5	Qualidade dos combustíveis	99

5.1.6	Fontes alternativas de energia, passíveis de utilização no transporte urbano das cidades analisadas nesta dissertação . . . . .	100
5.1.7	Partição do mercado de veículos leves entre os motores a álcool, a gasolina, a óleo diesel e os do tipo <i>flex fuel</i> . . . . .	101
5.1.8	Consumo específico de combustíveis e quilometragem específica . . . . .	102
5.1.9	Evolução do número de passageiros por ônibus por viagem . . . . .	104
5.1.10	Distância média percorrida anualmente . . . . .	105
5.1.11	Fatores de emissão . . . . .	105
5.2	Projeções para a cidade de São Paulo . . . . .	106
5.2.1	Demanda de combustíveis dos veículos leves e suas emissões . . . . .	106
5.2.2	Demanda de combustíveis dos ônibus e suas emissões . . . . .	111
5.3	Projeções para a cidade de Bogotá . . . . .	114
5.3.1	Demanda de combustíveis dos veículos leves e suas emissões . . . . .	114
5.3.2	Demanda de combustíveis dos ônibus do TransMilênio e suas emissões . . . . .	115
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES . . . . .</b>	<b>119</b>
6.1	Abrangência do trabalho realizado . . . . .	119
6.2	Considerações gerais . . . . .	120
6.3	Demanda de combustíveis e as emissões associadas . . . . .	122
6.4	Necessidade de melhorias nas políticas públicas que afetam o transporte urbano . . . . .	124
6.5	Recomendações para trabalhos futuros nesta área . . . . .	125
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>127</b>

# 1 INTRODUÇÃO

As cidades têm sido o motor do desenvolvimento econômico desde o começo do século XX. Com a transformação de uma economia manifestamente agrícola para uma economia industrial e de serviços, as cidades ficaram atraentes, capturando capital, recursos e outros insumos. Além disso, maiores oportunidades de empregos, comparadas com as oportunidades nas áreas rurais, impulsionaram ganhos substanciais para a população.

Este êxodo rural — migração das áreas rurais para as cidades, ou a transformação de áreas rurais em áreas urbanas — é notável na América Latina. De 2000 a 2010 a população urbana no Brasil cresceu a uma taxa média anual de 1,6% (IBGE, 2002; IBGE, 2010a). Na Colômbia o crescimento foi de 2,4%, ultrapassando a taxa de urbanização média anual mundial no mesmo período (UNO, 2010). De acordo com projeções da Organização das Nações Unidas (ONU), a população urbana deverá continuar crescendo a uma taxa média de 0,84% no Brasil e de 1,53% na Colômbia entre 2010 e 2025, ampliando a participação da população urbana no total da população destes dois países. Segundo estas projeções, em 2025 a participação da população urbana no total da população será de 90% no Brasil e 80% na Colômbia (UNO, 2010).

Este contínuo crescimento da urbanização representa um desafio a ser superado nos países em desenvolvimento como o Brasil e a Colômbia. Dentro dos desafios que apresenta a área urbana podem-se incluir a necessidade de se criar serviços básicos como: suprimento de água, captação e tratamento de esgoto, eletricidade para todos, abastecimento de combustíveis, acesso à moradia digna e transporte público eficiente.

A falta de infra-estrutura para o transporte público, em especial de equipamentos eficientes de transporte público de massa como, por exemplo, os sistemas *Bus Rapid Transit* (BRT), conhecidos no mundo todo por prestar um serviço mais rápido e mais eficiente do que uma linha de ônibus comum, combinado com o crescimento da renda da população urbana, tem impulsionado as tendências de uso do transporte individual, fato que influencia o crescimento no consumo de combustíveis fósseis.

Da mesma forma que os países desenvolvidos, Brasil e Colômbia deverão enfrentar desafios em torno ao uso da energia no transporte urbano de passageiros. Tais desafios estão relacionados com as dificuldades de mudar o estilo de vida dos moradores que dependem do veículo individual

para resolver as necessidades de deslocamentos. Devido à expansão da área urbana, a população que mora nas regiões mais afastadas dos centros de empregos, serviços, saúde, etc., viajam longas distâncias para alcançar tais centros, o que induz à elevação constante do consumo de combustíveis. Devido ao aumento do consumo de combustíveis, em especial de derivados do petróleo, em grande parte consumidos pelas zonas urbanas, as incertezas levantadas referente à segurança de abastecimento de combustíveis é um outro problema a ser melhor equacionado.

A atividade de transporte é uma componente chave para o desenvolvimento econômico de uma região e sua importância aumenta na medida em que a economia cresce. O transporte depende quase que exclusivamente de um único recurso fóssil, o petróleo que fornece 95% da energia total usada pelo transporte no mundo. Em 2004 o setor de transporte foi responsável por 23% das emissões mundiais de gases de efeito estufa relacionadas ao consumo de energia. Espera-se que a atividade de transporte aumente de forma vigorosa nas próximas décadas. A menos que aconteça uma mudança nos atuais padrões de consumo de energia, o uso de energia no transporte aumentará a uma taxa média de crescimento de aproximadamente 2% nas economias emergentes, e o consumo total de energia e as emissões serão, em 2030, 80% superiores aos níveis atuais (IPCC, 2007).

Dada a forte inserção do transporte urbano na complexa problemática do planejamento urbano, sua otimização energética representa um grande desafio (BERNI, 1998). O consumo de energia nos transportes urbanos depende de diversos fatores sócio-econômicos, como o nível de renda da população, a distribuição espacial das diversas atividades urbanas e as tendências demográficas próprias de cada região.

A mobilidade urbana consome uma quantidade significativa de energia e contribui no aumento das emissões gasosas nocivas. Não é surpreendente que o combate a poluição atmosférica associada ao transporte é uma das prioridades nos centros urbanos. Os efeitos da poluição incluem fatores prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana, devido aos gases de escapamento dos veículos, assim como sua contribuição para o efeito estufa. A poluição do ar pelos veículos automotores é um dos mais graves problemas ambientais oriundos do rápido crescimento das frotas destes veículos nas grandes cidades do mundo em desenvolvimento.

Se ter um bom controle ambiental é uma importante e difícil questão que precisa ser melhor equacionada no contexto do transporte urbano, devido a diversos fatores que agem como barreiras para aplicação de medidas de controle da contaminação, tais como, por exemplo: os altos investimentos requeridos para se viabilizar formas eficientes e pouco poluidoras de transporte coletivo;

os elevados custos para se manter, adequar e ampliar, de uma forma satisfatória, a infra-estrutura de redes viárias; a forte resistência para se promover mudanças significativas na ocupação e uso do espaço urbano; dificuldades para se alterar hábitos desregrados com respeito ao uso do automóvel (BERNI, 1998).

Entre as economias emergentes dos países em desenvolvimento, o Brasil destaca-se pelos avanços conseguidos na última década. Embora tenha evoluído a passos mais lentos, a Colômbia também se posiciona entre as economias influentes da América do Sul. Na questão do transporte urbano, os dois países sofrem com problemas de trânsito em suas maiores cidades.

O Brasil, devido à sua grande população, ostenta três mega-cidades: a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) e a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). A RMSP, localizada no Estado de São Paulo, sobressai entre as demais por ser a maior em extensão e com maior número de habitantes.

O Estado de São Paulo é o estado mais rico do Brasil, com a maior parte de sua riqueza concentrada na RMSP. A cidade de São Paulo (CSP) é a capital do Estado e um dos 39 municípios que integram a RMSP. É a cidade mais populosa do Brasil, com mais de 11 milhões de habitantes, possui o décimo maior PIB do mundo, e representa, aproximadamente, 12% de todo o PIB brasileiro. Apesar da riqueza da cidade, o acesso ao transporte individual é desigualmente distribuído entre as classes sociais, resultando em problemas de transporte. Nas últimas décadas, o aumento no uso do transporte individual levou à diminuição no uso do transporte público (METRÔ, 2007). São Paulo sofre com um problema que atinge outras grandes metrópoles mundiais: grandes congestionamentos de veículos em suas principais vias. Quilômetros de congestionamentos constituem uma cena cotidiana na cidade. O desperdício de combustível e o aumento da poluição local e global são os resultados de uma cidade com problemas de trânsito.

A Colômbia é o segundo país mais populoso da América do Sul, perdendo apenas para o Brasil. A cidade de Bogotá (CBO), localizada 2600 metros acima do nível do mar, é a capital e maior cidade da Colômbia. Atualmente, a cidade possui aproximadamente sete (7) milhões de habitantes e é uma das cidades mais populosas da América do Sul, depois de São Paulo, Buenos Aires e Rio de Janeiro (UNO, 2010). Apresenta o maior PIB per capita do País e é considerada como centro econômico e industrial. O desgaste dos meios de transporte coletivo e os congestionamentos crescentes que a cidade tem experimentado nas últimas décadas, devido ao aumento da frota de veículos, afetam os tempos médios de deslocamento, geram perda de combustível e aumento das



externalidades ambientais negativas.

As duas cidades são importantes centros de desenvolvimento econômico e albergam uma quantidade significativa de habitantes, que precisam se deslocar para suprir suas necessidades. Mas, as duas cidades estão com sérios problemas de trânsito excessivo, que provocam conseqüências muito mais graves do que a perda de tempo e o estresse enfrentado diariamente pelos motoristas e passageiros. Os congestionamentos custam muito dinheiro, prejudicam a saúde da população e constituem uma barreira para o crescimento das cidades.

Na busca de soluções aos problemas de transporte urbano, um empecilho que é encontrado na aplicação de modelos para a prospecção do consumo de combustíveis e emissões é a falta de dados disponíveis necessários para alimentar os modelos de projeção. Brasil e Colômbia têm carência de bases de dados sólidas que alicercem estudos no setor de transporte urbano. Diante desta barreira e além das razões apresentadas anteriormente, foi escolhida a cidade de São Paulo como um dos focos deste estudo por ter um volume de dados maior, se comparado com outras cidades brasileiras. Um outro fator que determinou a escolha foi a facilidade de se obter os dados, uma vez que estes se encontram em local próximo ao de onde esta pesquisa foi desenvolvida. No caso da cidade de Bogotá, a escolha foi determinada, também, pela maior acessibilidade, organização, volume dos dados e facilidade para obtê-los. Além disto, contribuiu na escolha desta cidade, a implantação do sistema BRT, conhecido como TransMilênio<sup>1</sup>, que tem se mostrado um modelo de transporte público, bem sucedido e que pode ser aproveitada no contexto da cidade de São Paulo.

Nos estudos de casos desta dissertação, as análises e projeções estão focadas no consumo de energia no transporte individual através dos veículos leves<sup>2</sup> e transporte coletivo através dos ônibus, por serem os principais meios de transporte responsáveis pelos congestionamentos nas duas cidades.

---

<sup>1</sup>O TransMilênio é um sistema de ônibus que opera em faixas exclusivas e segregadas do restante do tráfego de veículos. Ele é o primeiro projeto de transporte que conseguiu ser credenciado, em dezembro de 2006, para receber créditos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (BALASSIANO, 2009).

<sup>2</sup>A Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) classifica os veículos em quatro categorias: automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus. Os automóveis e comerciais leves são agrupados em uma categoria chamada de veículos leves. Na Resolução nº 84, de 19 de novembro de 1998, do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) (Anexo II) são considerados veículos leves os automóveis — veículo de passageiros com capacidade até oito pessoas, exclusive o condutor —, camionetas — veículo de transporte de carga até 1.500 kg — e reboques com Peso Bruto Total (PBT) até 750 kg — veículo com um ou mais eixos, que se move tracionado por veículo automotor — (BRASIL, 1998). De acordo com estas definições e devido aos dados do Denatran (2010) e do Mintransporte (2010b) não entrarem nesse nível de detalhe, foi feita uma simplificação, distinguindo-se, então, a frota de veículos leves na cidade de São Paulo e de Bogotá, como aquela formada pelos automóveis e as camionetas.

## **1.1 Objetivos do trabalho**

Os objetivos centrais desta dissertação são a realização de uma análise retrospectiva e uma análise prospectiva do transporte urbano nas cidades de São Paulo e Bogotá, a fim de se obter projeções da demanda de combustíveis e se quantificar os impactos ambientais, local e global, em termos de emissões, decorrentes.

Objetivos específicos do trabalho são:

- Propor um tipo de modelagem mais flexível para as projeções da demanda de combustíveis veiculares, que permita simular os impactos, nas projeções do consumo de combustíveis e na evolução das emissões gasosas, de novas tecnologias de veículos, ou novos combustíveis.
- Recomendar políticas públicas, a partir dos resultados obtidos nas simulações, visando melhorias no transporte urbano das duas cidades estudadas.

## **1.2 Estrutura da dissertação**

No capítulo dois é feita uma breve revisão da importância dos transportes no contexto das cidades e os principais fatores que influenciam a sua estrutura. Apresenta-se, também, uma visão geral dos aspectos econômicos, sociais e a situação dos transportes nas duas cidades analisadas na dissertação.

No capítulo três são caracterizados os principais meios de transporte nas duas cidades. Primeiro são apresentados alguns dados gerais. Depois é feito o detalhamento e a caracterização dos principais sistemas/modos utilizados no transporte urbano de passageiros e a situação atual de cada um deles.

No capítulo quatro é apresentada a metodologia de projeção da demanda veicular de combustíveis nas duas cidades e as emissões decorrentes, por meio de um modelo misto econométrico/simulação. O horizonte de planejamento adotado se estende até o ano 2025. Neste capítulo, também estão descritas as informações requeridas e os dados levantados para calibrar o modelo

utilizado nas duas cidades no ano de 2010 (ano base da simulação).

No quinto capítulo, são apresentados os dois estudos de caso enfocando transporte urbano, energia e meio ambiente, a partir do uso de cenários de desenvolvimento. As projeções obtidas com a metodologia do capítulo quatro são apresentadas neste capítulo. É feita uma comparação dos resultados obtidos com outros trabalhos desenvolvidos na mesma área.

As considerações finais da dissertação, assim como sugestões para trabalhos futuros, a partir deste, e algumas sugestões de políticas públicas visando otimizar o consumo energético e diminuir as emissões oriundas do transporte público em São Paulo e em Bogotá são apresentadas no capítulo seis.

## 2 O TRANSPORTE E SUAS INTERAÇÕES URBANAS

### 2.1 Introdução

Desde a publicação do relatório Brundtland (WCED, 1987) o termo desenvolvimento sustentável converteu-se no tema de muitos pesquisadores, tanto de países desenvolvidos como de países em desenvolvimento. No relatório o termo — desenvolvimento sustentável— é definido como o “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades”. Em 1992, o conceito proposto de forma mais objetiva e abrangente na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNO, 1992) manifestou que não somente a incorporação dos aspectos ambientais caracterizam o desenvolvimento sustentável, a sustentabilidade deve, também, considerar aspectos de desenvolvimento econômicos, sociais e culturais.

Dentro desse contexto, o transporte como meio de desenvolvimento das atividades humanas precisa ser sustentável. Transporte sustentável é uma manifestação de desenvolvimento sustentável dentro do setor de transportes (OECD, 1996b). Quanto à definição de transporte sustentável, uma variedade de definições são encontradas na literatura. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) definiu-o como: “transporte que não comprometa a saúde pública e atenda as necessidades de mobilidade de acordo com: (a) uso de recursos renováveis numa porcentagem menor que a taxa de regeneração dos recursos e (b) utilização de recursos não-renováveis a um nível inferior às taxas de desenvolvimento dos substitutos renováveis” (OECD, 1996a).

Um planejamento mais abrangente dos transportes, com uma visão mais ampla, é aquele onde cada modo de transporte é utilizado da melhor maneira possível, de forma que possa se criar um equilíbrio no sistema de transporte, permitindo o aprimoramento de todos os modos que fazem parte dele e não somente dos modos mais recentes. De acordo com Litman e Burwell (2006), para garantir a sustentabilidade de qualquer sistema de transporte é importante “evitar uma linguagem tendenciosa em favor do uso do veículo individual”. No entanto, uma característica comum do planejamento convencional dos transportes é a tendência a assumir que o progresso dos transportes é linear, e isso corresponderia ao deslocamento dos modos de transporte mais lentos e antigos

por modos mais novos e rápidos, ou seja, dentro da perspectiva do planejamento convencional, os modos antigos não são importantes, logo não é prejudicial se o uso do veículo individual — modo novo — causa congestionamentos e atraso ao transporte público, ou cria uma barreira para o tráfego de pedestres e bicicletas (LITMAN; BURWELL, 2006). Sob essa perspectiva, o fato de se dar prioridade ao transporte público, ou aos modos não motorizados de transporte, em vez de dar preferência às viagens feitas de veículo individual, seria como retroceder no tempo.

As tendências atuais no setor dos transportes indicam que o sistema está se afastando da sustentabilidade e que grandes mudanças são necessárias para torná-lo mais compatível com a sustentabilidade energética e ambiental. No mundo industrializado de hoje, a mobilidade aparece como uma parte importante no desenvolvimento econômico e social das cidades. Em particular, os centros econômicos dos países estão enfrentando volumes de trânsito sem precedentes e, conseqüentemente, nas áreas urbanas o problema é maior, acarretando altos custos sociais. Claramente o transporte é uma parte essencial do desenvolvimento econômico, mas o seu crescimento faz com que, ao mesmo tempo, apareçam, gradativamente, uma ampla gama de externalidades negativas que afetam a qualidade ambiental das cidades e a saúde da população. Exemplos dessas externalidades são os congestionamentos, insegurança no trânsito, poluição ambiental e destruição da paisagem.

Na América Latina a operação de transporte urbano consome 3,5% do PIB, enquanto o custo do tempo gasto nas viagens é equivalente a mais de 3%. Provavelmente estas porcentagens aumentarão devido: (i) à expansão territorial das cidades e, portanto, o incremento da distância média das viagens feitas, (ii) à substituição de modais de baixos custos de operação, como os ônibus, por outros mais caros de operar, como o veículo privado, e (iii) ao aumento dos congestionamentos, fato que aumenta os atrasos e, conseqüentemente, os custos operacionais dos veículos (THOMSON, 2002).

À luz das políticas recentes para reduzir não somente o crescimento das emissões de poluentes, como, também, seus níveis absolutos, fica claro que a atividade de transporte tem gerado um desenvolvimento insustentável, especialmente nas áreas urbanas.

Por conseguinte, uma ampla gama de políticas tem sido proposta para lidar com os altos custos sociais decorrentes dos congestionamentos, tais como, por exemplo, campanhas de informação, campanhas de renovação da frota, pedágios urbanos, inspeção veicular, etiquetagem veicular com limites de emissões e/ou eficiência energética dos veículos, novas formas do uso e ocupação do solo e novas tecnologias de transporte.

Por exemplo, programas de sucateamento de veículos foram implementados em vários países ao redor do mundo para aumentar a velocidade de renovação da frota e melhorar as condições ambientais. Na Espanha, o programa de renovação da frota começou em 1994, oferecendo benefícios fiscais na faixa de US\$ 630 como bônus para pessoas que entregaram como sucata o veículo com mais de dez anos de uso e compraram um novo (WEC, 2007).

Na realidade, o maior limitante na hora de desenvolver projetos para um transporte sustentável é a questão econômica, devido aos altos custos para se colocar no mercado tecnologias inovadoras capazes de contribuir com o abatimento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), diminuir a poluição local e ter um consumo mínimo de combustível. Governos de diversos países têm criado políticas de apoio ao desenvolvimento de novas tecnologias e idéias sustentáveis, com a finalidade de garantir e incentivar a entrada de inovações no mercado de uma forma competitiva e economicamente sustentável. Geralmente este tipo de “apoio” ocorre através de meios de controle políticos e econômicos. A União Européia, Japão e Austrália, entre outros, obrigam as montadoras a colocarem etiquetas nos veículos leves, com informações sobre o consumo de combustível e emissões de  $CO_2$ , como ferramenta de conscientização a respeito dos impactos ambientais do uso do veículo individual (ICCT, 2007). Os Estados Unidos, durante a crise do petróleo em 1973, com o propósito de reduzir a dependência de petróleo estrangeiro, estabeleceu o programa *Corporate Average Fuel Economy* (CAFE). O CAFE estipulou metas de eficiência energética para as frotas de veículos leves produzidas anualmente pelas montadoras. Com o aumento da eficiência energética em 15%, espera-se que a economia de combustível em 2015 seja de aproximadamente 37,9 bilhões de litros, chegando a 94,6 bilhões caso a eficiência energética aumentar em 45%. Como as emissões de  $CO_2$  estão relacionadas ao consumo de combustíveis, pode-se esperar uma redução nos níveis de emissões (CAFE, 2002).

Mas, a principal política governamental na maioria das áreas urbanas é o estímulo ao transporte público, para reduzir o uso do veículo privado. No Brasil está sendo implementada a “Política Nacional de Mobilidade Urbana”, que tem como princípio estimular o uso racional do veículo individual. O foco é priorizar os espaços de circulação para as pessoas e os meios de transporte coletivo (MINCIDADES, 2010). A Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade adere, desde 2004, ao “Dia Mundial sem Carro”, que acontece, todos os anos, no dia 22 de setembro em diversas partes do mundo. O objetivo é fazer com que o uso do espaço público seja repensado e novas formas de deslocamento e de organização das cidades sejam propostas (MINCIDADES, 2010).

Curitiba é um exemplo brasileiro de cidade com boa solução de transporte público, que alia rapidez, facilidade de acesso e conforto aos usuários. Analogamente, o sistema de ônibus denominado TransMilênio, em Bogotá, é reconhecido no mundo todo como uma boa solução de transporte urbano. No entanto, os resultados positivos destes exemplos não seriam possíveis se medidas de estímulo à cultura cidadã, implantação de ciclovias e restrição ao uso do veículo individual não tivessem sido implementadas simultaneamente.

Políticas de integração dos diversos modos de transporte urbano podem ajudar a resolver o problema de falta de mobilidade nas cidades, mas, não vão resolver, por si só, o problema. Como os problemas de transporte são complexos, são vários os fatores que influenciam a sustentabilidade dos sistemas de transportes. O entendimento e análise desses fatores, conforme apresentado a seguir, ajuda a compreender o sistema como um todo e formar uma base para planejar soluções integradas.

### **2.1.1 Fatores que influenciam o transporte urbano**

Vários são os fatores importantes que podem ser distinguidos para a futura composição do setor de transporte urbano. Esses fatores surgem de diferentes perspectivas e disciplinas científicas e podem influenciar a estrutura dos sistemas de transporte em grande parte. Esses fatores são abordados com detalhe nesta seção.

### **Transporte urbano e uso e ocupação do solo**

A distribuição geográfica das atividades e das pessoas influencia a demanda por transporte (GREENE; SCHAFER, 2003). Segundo Wegener e Fürst (1997), o princípio fundamental para a análise e previsão da demanda de serviços de transporte é a identificação das atividades humanas que criam a necessidade de viajar e transportar mercadorias. Aplicando este princípio, é fácil entender porque a suburbanização das cidades está conectada com o incremento da divisão espacial do trabalho e, conseqüentemente, com a crescente mobilidade.

O fenômeno da suburbanização está acontecendo na maioria das cidades ao redor do mundo. Este processo de expansão das cidades levou a uma descentralização de pessoas, indústria e serviços, das áreas centrais para a periferia. O surgimento e crescimento de favelas foi o resultado desse processo, muitas vezes desequilibrado e não planejado. A descentralização das cidades usualmente é negativa, porque contribui para o incremento das distâncias de viagem, especialmente das residências aos locais de trabalho e, muitas vezes, impede soluções que incluam o transporte público como alternativa para se deslocar.

O espaço urbano é o conjunto de diferentes usos da terra justapostos entre si. Tais usos definem áreas como: o centro da cidade, local de concentração de atividades comerciais, de serviços e de gestão; áreas industriais e áreas residenciais, distintas em termos de forma e conteúdo social; áreas de lazer; e, entre outras, aquelas de reserva para futura expansão. Este conjunto de usos da terra é a organização espacial da cidade, ou simplesmente o espaço urbano fragmentado (CORRÊA, 1995).

Altas densidades populacionais e usos diferentes do solo poderiam diminuir as distâncias entre as origens e destinos das viagens urbanas (PETERSEN, 2004). Estudos comparativos internacionais têm indicado que existem laços estreitos entre a densidade populacional, uso de veículos e consumo de energia per capita no setor de transportes (KENWORTHY et al., 1999). O reconhecido estudo de Kenworthy et al. (1999) revelou que existe uma relação negativa entre o consumo de gasolina e a densidade populacional nas áreas urbanas, ou seja, quanto maior a densidade populacional ( $\text{hab}/\text{km}^2$ ) o consumo de gasolina per capita é menor.

Por outro lado, se as políticas de transporte e uso da terra nos países em desenvolvimento seguirem a mesma trajetória de transformação espacial que tem sido observado nos países altamente motorizados, as emissões de gases que provocam o efeito estufa (GEEs) e o consumo de combustíveis inevitavelmente aumentarão.

A Figura 2.1, ilustra o círculo vicioso do tráfego de automóveis que conduz à deterioração das condições de vida, liderando a suburbanização, transformando áreas rurais em assentamentos e tornando os habitantes totalmente dependentes de veículos de transporte individual.

A crescente utilização de veículos de transporte individual segue este círculo vicioso, com estradas sendo construídas para atender, sobretudo, as necessidades de deslocamento dos usuários destes veículos (PETERSEN, 2004).

Em vários países tem aumentado a consciência de que os paradigmas de planejamento tra-



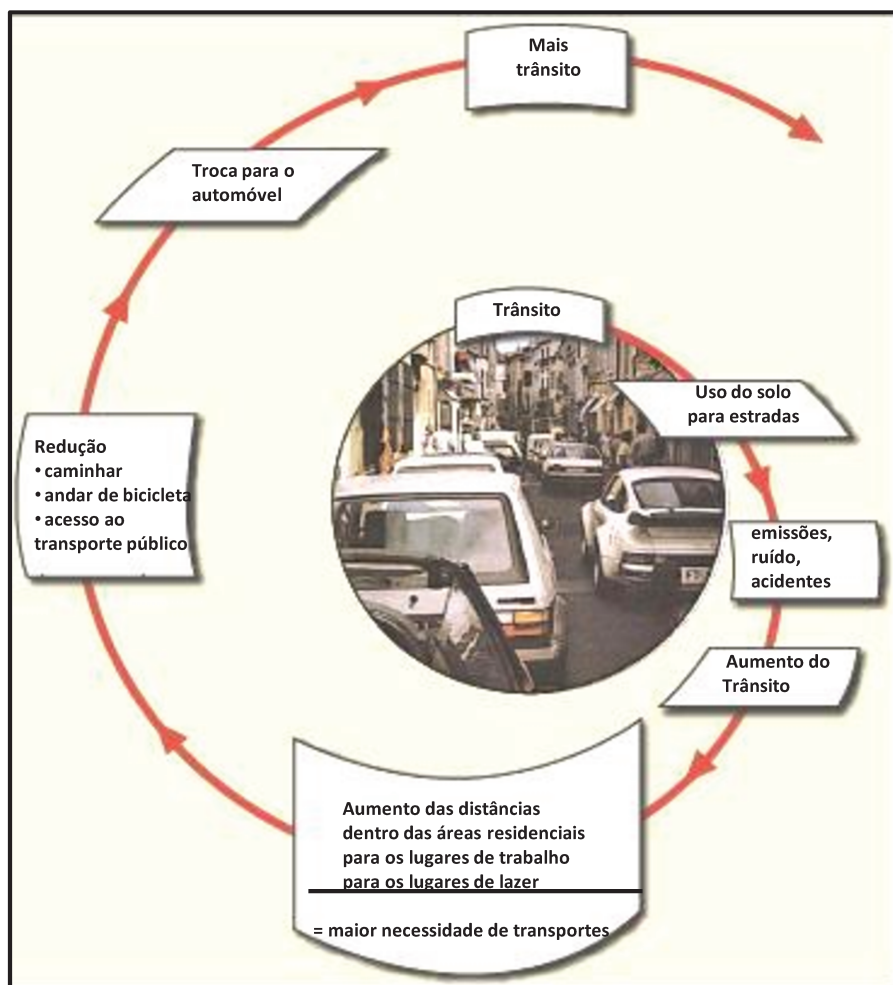


Figura 2.1 - Círculo vicioso da interação entre congestionamentos e uso do solo  
 Fonte: Adaptada de (PETERSEN, 2004).

dicionais precisam ser quebrados. Essa conscientização foi baseada na experiência local de que os congestionamentos e os tempos das viagens são cada vez maiores, assim como os seus custos monetários sobre os orçamentos públicos e privados. Além disso, existem as preocupações com o meio ambiente local, especialmente no que diz respeito à poluição do ar, ruídos, perda da biodiversidade e contaminação das águas subterrâneas. Há, também, a preocupação global com relação às fontes de energia usadas e as emissões de gases que causam o efeito estufa (GEEs).

Portanto, uma organização equilibrada das áreas residenciais e dos pólos geradores de emprego para reduzir a demanda de transporte e de consumo de combustíveis é amplamente reconhecida<sup>3</sup>. Novos conceitos e idéias têm sido desenvolvidas na busca por uma forma urbana sustentável,

<sup>3</sup>Para uma revisão bibliográfica mais extensa a este respeito, o leitor interessado pode consultar: Newman e

dando lugar a reflexões sobre qual de todas as propostas é a melhor solução para os problemas de insustentabilidade que as cidades vêm enfrentando.

A maior parte das inovações que se tem observado está direcionada ao planejamento do uso do solo que, de acordo com Breheny (1995), é a primeira opção de planejamento escolhido por muitos governos para buscar um desenvolvimento sustentável no meio urbano. No entanto, este autor aponta que as mudanças do uso do solo acontecem de forma lenta e, por isso, a adoção de diversas medidas efetivas para se atingir a sustentabilidade das cidades tem sido esquecida. Geralmente, as inovações são introduzidas através de políticas que influenciam tanto os padrões de mobilidade, quanto os processos econômicos.

Dentre estas inovações surgiu o conceito de cidades compactas, onde fluxos de tráfego muito altos e concentrados tornam os meios de transporte coletivos mais competitivos e lucrativos. Além disso, há menos espaço disponível, o que pode ter um impacto negativo sobre a utilização do veículo individual (BREHENY, 1995), o que, por seu turno, produz um abatimento das emissões locais e dos GEEs.

O modelo de cidade compacta implica em padrões de uso intensivo do solo, com altas densidades urbanas. As cidades que adotaram esta política, como Cingapura, Amsterdam e Hamburgo priorizaram melhorias no serviço de transporte público sobre investimentos em infra-estrutura para uso do veículo individual.

## **Fatores institucionais e econômicos**

Os fatores institucionais são importantes no desenvolvimento sustentável do transporte urbano. Por exemplo, políticas governamentais dão suporte para que os modos de transporte público se tornem mais competitivos. No Brasil, o Ministério das Cidades, através da Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana (SeMob), formulou e implementou uma política de mobilidade urbana sustentável, com a finalidade de proporcionar acesso amplo e democrático ao espaço urbano, priorizando os modos de transporte coletivo e os não-motorizados, de forma segura, socialmente inclusiva e sustentável, atuando em três eixos estratégicos: (i) Promovendo a cidadania

---

Kenworthy (1989), Anderson et al. (1996), Wegener e Fürst (1997)

e a inclusão social através do acesso a todos os serviços públicos de transporte coletivo e do aumento da mobilidade urbana; (ii) Promovendo o aperfeiçoamento institucional, regulatório e da gestão no setor; e (iii) Coordenando ações para a integração das políticas da mobilidade e destas com as demais políticas de desenvolvimento urbano e de proteção ao meio ambiente. Essas ações estratégicas, integradas com as demais políticas urbanas, visam mudar radicalmente a atuação do Governo Federal, aliando-o aos Estados e Municípios para desenvolver e implementar uma Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável, centrada no desenvolvimento sustentável das cidades e na priorização dos investimentos federais nos modos coletivos e nos meios não motorizados de transporte (MINCIDADES, 2010).

Os governos podem influenciar os custos dos meios de transporte, subsidiando ou taxando-os, ou a seus combustíveis, ou financiando mais infra-estrutura de transporte, ou, ainda, fomentando pesquisas nesta área. Por exemplo, o Decreto no 76.593, de 1975 (BRASIL, 1975), instituiu o Programa Nacional do Álcool, que tinha por objetivo o atendimento das necessidades da política então vigente de combustíveis automotivos. Embora o uso do álcool fosse voltado para utilização nos automóveis, estimulando ainda mais o uso do transporte individual motorizado, nos tempos atuais este combustível está consolidado como uma fonte energética menos poluente, que diminui a preocupação com a questão ambiental (KNEIB; TEDESCO, 2010).

Também a gestão dos sistemas de transporte, especialmente os meios coletivos, pode ser outro fator importante. Na Colômbia, o TransMilênio foi o primeiro programa de Sistema Integrado de Transporte de Massa (SITM) apoiado com recursos da Nação. Outras quatro cidades do território nacional também contaram com recursos de investimentos públicos para a construção da infra-estrutura dos SITM (DNP, 2003).

Outras medidas podem ser mencionadas, como, por exemplo: (i) o pedágio urbano de Londres, que é uma taxa que os motoristas que viajam por uma área de  $45 m^2$ , no centro da cidade, têm que pagar, com o objetivo de reduzir os congestionamentos e aumentar os fundos de investimento para o sistema de transporte público da cidade (TRANSPORT FOR LONDON, 2010); e (ii) o rodízio, que é uma restrição ao uso do veículo privado em determinados dias da semana tanto em Bogotá como em São Paulo. Estas medidas visam, principalmente, desestimular o uso do veículo individual.

Os avanços tecnológicos dos automóveis melhoram a sustentabilidade do sistema de transporte urbano, uma vez que são eles que causam a maior parte dos custos externos neste sistema. O

aumento da eficiência energética dos veículos contribui com a diminuição do consumo de combustíveis e das emissões de poluentes locais e de GEEs. Mudanças tecnológicas nos atuais meios de transporte, como a introdução de novos combustíveis, podem transformar sistemas antigos e menos eficientes em sistemas energeticamente mais eficientes.

### **2.1.2 Fatores sócio-psicológicos**

O veículo de transporte individual é avaliado, pela maioria das pessoas, de uma forma mais positiva quando comparado com o transporte público. O automóvel é especialmente mais atraente do que o transporte público devido ao conforto, independência, flexibilidade, velocidade, confiabilidade e porque dirigir é percebido como atividade agradável, além de oferecer maior status do que o transporte público (STEG, 2003; BEIRÃO; CABRAL, 2007).

Como desvantagem, Litman (2002) aponta para os custos mais elevados relacionados ao transporte individual, por família. Em uma cidade fortemente dependente do automóvel, os custos são 1,7 vezes maiores do que os custos em uma cidade com um sistema de transporte mais equilibrado e isso sem contabilizar os custos externos ocasionados pelo intenso uso dos carros.

No transporte público, por outro lado, as vantagens são menos perceptíveis, mas, desvantagens se impõem na hora da escolha. Na pesquisa de Beirão e Cabral (2007), entre as desvantagens percebidas pelos usuários do transporte público encontram-se: perda de tempo (tempo de espera), lotação freqüente, falta de conforto, necessidade de transferência para outros meios de transporte, e, eventualmente, longas distâncias para se alcançar os pontos ou estações desejadas. Essas desvantagens tornam-se barreiras para o uso do transporte público.

Compreender os comportamentos dos passageiros e a razão da escolha de um meio de transporte em vez de outro é uma questão essencial, mas, esse comportamento é complexo. Para cada viagem, as pessoas têm que escolher entre os diferentes meios de transporte disponíveis, cada um deles com as suas características específicas, vantagens, desvantagens e custos. Adicionalmente, a escolha de um meio de transporte pode mudar ao longo do tempo e de acordo com o motivo de cada viagem (BEIRÃO; CABRAL, 2007). Muitas vezes, as vantagens de um meio conhecido de transporte são superestimadas (principalmente as relacionadas ao uso do veículo individual), enquanto que as

vantagens de um meio desconhecido, como, por exemplo, o transporte público, são subestimadas.

Barreiras psicológicas influenciam negativamente o futuro de um transporte urbano sustentável; portanto, uma mudança nas atitudes da população deveria ocorrer primeiro, para que novas políticas e melhoras no transporte possam ser introduzidas com sucesso (NIJKAMP et al., 1997).

A sustentabilidade do transporte urbano depende de muitos fatores. Para garantir a sustentabilidade, é necessário conhecer o contexto da evolução dos diferentes meios de transporte presentes no espaço urbano. Uma análise retrospectiva permite identificar tendências de desenvolvimento e uso dos meios de transporte. Portanto, é importante conhecer as características culturais, econômicas, políticas e sociais da região e da população, já que estas influenciam na mobilidade diária das cidades. A seguir é apresentada uma visão geral das cidades objeto de estudo nesta dissertação, que permite contextualizar, de um modo mais adequado, a situação do transporte urbano nelas.

## **2.2 As cidades de São Paulo e de Bogotá: uma visão geral**

As cidades analisadas nesta dissertação são São Paulo e Bogotá, cujas localizações estão indicadas no mapa da Figura 2.2. Um breve perfil das características sócio-econômicas mais relevantes de cada cidade é descrito a seguir.

### **2.2.1 São Paulo, a megacidade do Brasil**

São Paulo é uma megacidade altamente congestionada e poluída, devido ao rápido crescimento da frota em circulação, decorrente do crescimento da renda sem a expansão adequada da capacidade rodoviária. A cidade emitiu mais de 15 milhões de toneladas de  $CO_{2eq}$  em 2003, das quais 76% foram devidas ao uso de energia, onde o setor de transportes contribuiu com 78,5% dessas emissões (SVMA, 2005). A prefeitura identificou a mitigação das mudanças climáticas como uma prioridade e apresentou uma proposta ambiciosa para reduzir as emissões de  $CO_2$  em 30% até 2012, usando incentivos econômicos e fiscais e com propostas específicas para o setor dos



Figura 2.2 - Localização da CSP e de Bogotá na América do Sul  
Fonte: Googlemaps (2010).

transportes (SÃO PAULO, 2009).

Os veículos leves são a principal fonte de congestionamentos e de externalidades ambientais negativas na cidade. O crescimento da renda per capita tem estimulado a aquisição de automóveis e, com mais veículos circulando pelas ruas e avenidas da cidade, os congestionamentos e a poluição, incluindo as emissões de  $CO_2$ , aumentam (ANAS; TIMILSINA, 2009).

O crescimento das emissões nos países em desenvolvimento pode ser surpreendente, devido ao aumento acelerado da urbanização e da renda.

Na cidade de São Paulo, as emissões de material particulado (MP) e dos precursores do ozônio — óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis — provenientes das emissões veiculares, constituem uma grave ameaça para a qualidade do ar. Embora, a tendência de queda nos níveis de  $SO_2$  seja evidente nas grandes cidades da América Latina, como é o caso de São Paulo, o problema dos altos níveis de ozônio e MP persiste e ainda representa uma situação difícil de lidar (WHO, 2006).

Alguns autores têm classificado as megacidades de acordo com as concentrações de poluentes

no meio ambiente. Gurjar et al. (2008) propuseram um índice multi-polvente (MPI) que abrange três dos principais poluentes — dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) e partículas totais em suspensão — utilizados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) na determinação da qualidade do ar, para analisar os níveis de contaminação de 18 megacidades do mundo. Das 18 megacidades estudadas, São Paulo ocupou a 17ª posição<sup>4</sup>. Embora a classificação tenha mostrado a cidade como uma das “mais limpas” entre as megacidades analisada, é necessário promover mecanismos para a redução da poluição atmosférica e das emissões de GEEs. Embora Bogotá não tenha sido uma das cidades alvo da pesquisa de Gurjar et al. (2008), é fato que o aumento das emissões devidas principalmente aos veículos leves têm aumentado nos últimos anos.

Os congestionamentos são, provavelmente, o problema mais visível decorrente dos meios de transporte, pois afetam todos os modos de transporte e diferentes grupos sócio-econômicos da cidade. A maioria das estimativas sugere que a situação pode se agravar. Por exemplo, em São Paulo a velocidade média no trânsito no pico da manhã no sentido bairro/centro caiu de 20,4 km/h em 2000 para 17,3 km/h em 2008. No pico da tarde no sentido centro/bairro de 24,9 km/h em 2000 passou para 14,8 km/h em 2008. No mesmo período, a velocidade média no trânsito aumentou de 71 km para 90 km no período da manhã, enquanto no período da tarde passou de 117 km para 138 km (SEMPLA, 2010).

A causa mais óbvia dos congestionamentos é o rápido aumento da demanda por viagens, especialmente das viagens motorizadas, em comparação com o crescimento lento da infra-estrutura de transportes do município. Este aumento ficou em evidência em uma pesquisa Origem - Destino (OD), que revelou um crescimento das viagens a uma taxa média anual de 1,8% no período de 1997 a 2007 (METRÔ, 2007).

## **Aspectos gerais**

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) contava em 2009 com uma população estimada de 19,9 milhões de pessoas. Trata-se, segundo a Fundação SEADE (2010), do terceiro maior

---

<sup>4</sup>São Paulo apresentou níveis de contaminação menores do que os encontrados em Buenos Aires (13ª posição), Cidade do México (10ª posição) e Rio de Janeiro (12ª posição).

aglomerado urbano do mundo, ultrapassado apenas pelas regiões metropolitanas de Tóquio e Delhi. São Paulo é a capital do estado e principal município da RMSP. No período de 2000 a 2010 a população teve uma taxa de crescimento média anual de 0,75% (IBGE, 2010a).

A Tabela 2.1 apresenta a população das maiores cidades dos países emergentes, entre as quais a cidade de São Paulo ocupa a 3ª posição. O tamanho da população da cidade de Bogotá está cada vez mais próximo do porte das grandes cidades dos países que compõem o chamado grupo BRIC<sup>5</sup>.

Tabela 2.1 - População dos maiores aglomerados urbanos do mundo, estimativas para 2010.

<b>Cidades</b>	<b>Países</b>	<b>População em milhões de habitantes</b>
Delhi	Índia	20,04
Shangai	China	16,58
São Paulo*	Brasil	11,24
Moscou	Rússia	10,52
Bogotá	Colômbia	7,36

Fonte: Para São Paulo IBGE (2010a), para Bogotá DANE (2010), para os demais países UNO (2010).

\*O dado de São Paulo pertence ao resultado do censo 2010, os outros dados são estimativas para 2010

A população da cidade de São Paulo, em 2010, foi de 11.244.369 habitantes. Segundo JANNUZZI (2004), as tendências de crescimento populacional dos últimos 20 anos sugerem que a cidade caminha, nas próximas décadas, para a estabilização do seu contingente de residentes, tal como tem sido observado em grandes centros urbanos nos EUA, Europa e América Latina.

De acordo com a Tabela 2.2, a cidade experimentou, nas últimas duas décadas, uma taxa anual de crescimento populacional abaixo de 1%, o que pode sinalizar um processo de evasão populacional da cidade.

Tabela 2.2 - Taxa Anual de Crescimento da População Residente

<b>Regiões</b>	<b>1991/2000</b>	<b>2000/2010</b>
Estado de São Paulo	1,82	1,08
RMSP	1,68	0,98
Cidade de São Paulo	0,91	0,75

Fonte: SEADE (2010),IBGE (2010a).

Em termos econômicos, em 2008 a RMSP e a cidade de São Paulo foram responsáveis por 33,9% e 19,1%, respectivamente, do PIB brasileiro.

<sup>5</sup>Cada uma das letras corresponde à inicial dos países assim: B do Brasil, R da Rússia, I da Índia e C da China.



A Tabela 2.3 mostra alguns dados da cidade de São Paulo e da RMSP. A população da cidade representa 57% da população da RMSP e o seu PIB é mais da metade do PIB da RMSP, além do seu PIB per capita, de R\$ 29.394, ser um dos maiores do País.

Tabela 2.3 - Alguns dados territoriais, populacionais e econômicos da cidade de São Paulo e da RMSP

	Ano	RMSP	Cidade de São Paulo
Área ( $km^2$ )	2.010	7.944	1.523
População	2.010	19.672.582	11.244.369
PIB (R\$ milhões correntes)	2.007	509.499	319.995
PIB per capita (R\$ correntes)	2.007	26.503	29.394
% participação no PIB do Estado	2.007	56	35

Fonte: SEADE (2010).

Dados obtidos em uma pesquisa origem-destino de 2007 revelaram que não somente os meios de transporte individual motorizados, como, também, os meios não motorizados — bicicleta, caminhar — e o transporte coletivo são importantes na mobilidade diária da população da RMSP. A Figura 2.3 apresenta as porcentagens de distribuição das viagens segundo o meio de transporte utilizado nos deslocamentos.

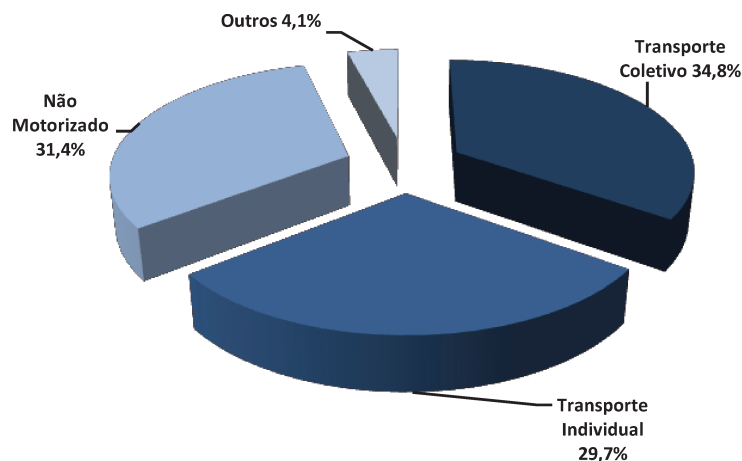


Figura 2.3 - Distribuição das viagens por modo de transporte na cidade de São Paulo

Fonte: Metrô (2007).

Esta pesquisa mostrou que os principais motivos pelos quais as pessoas se deslocam nesta região são trabalho e estudo, representando, respectivamente, 44,3% e 34,6% do total das viagens, ou seja, quase 80% do total das intenções das viagens, conforme pode ser observado na Figura 2.4.

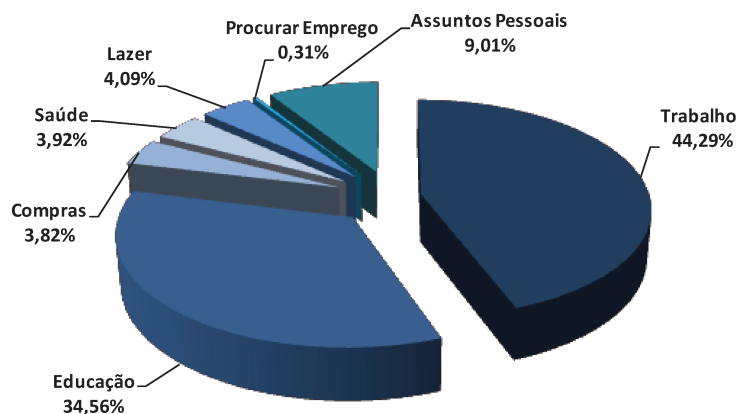


Figura 2.4 - Motivos das viagens na cidade de São Paulo  
 Fonte: Elaboração própria a partir de: Metrô (2007).

No referente ao destino das viagens, a pesquisa constatou que 61% das viagens têm como destino a cidade de São Paulo, seguida por Guarulhos com apenas 5% e São Bernardo do Campo com 4,5%.

Ainda segundo a pesquisa, há uma distribuição homogênea das viagens na cidade de São Paulo, que pode ser explicada como sendo o resultado do uso não planejado, nem ordenado do solo. O espalhamento das viagens pela cidade toda — com pessoas nos diferentes meios de transporte tentando alcançar o seu destino —, coloca volumes altos de veículos nas ruas, causando congestionamentos diários.

### 2.2.2 Bogotá

A Colômbia é o segundo país mais populoso da América do Sul, com 45,6 milhões de habitantes em 2009 (UNO, 2010) e pode ser considerado um país de renda média. Bogotá alberga um pouco mais 15% da população da Colômbia e é a maior cidade do País, com uma população estimada em 7,4 milhões em 2010 (DANE, 2010). É uma cidade compacta, com uma densidade urbana média de 190 habitantes por hectare. Bogotá representa, aproximadamente, 26% do PIB da Colômbia e está se tornando cada vez mais uma cidade orientada para o setor de serviços — no segundo

semestre de 2010, 77% dos empregos gerados na cidade pertenciam a este setor (CCB, 2010).

Assim como ocorre na maioria das cidades da América Latina, Bogotá sofre com a segregação sócio-espacial. A população da cidade pode ser dividida em seis estratos de renda, com a população de baixa renda pertencendo aos estratos 1 e 2, a de média renda aos estratos 3 e 4 e a de alta renda aos estratos 5 e 6. A população que está na faixa de baixa renda representa 47% do total, a de média renda, 47%, e a de alta renda apenas 6% (SHD, 2010). São considerados habitantes de baixa renda os que possuem rendimentos de até três salários mínimos, os rendimentos da classe média estão na faixa de 4 a 8 salários mínimos, enquanto que os rendimentos da classe alta são superiores a 16 salários mínimos.<sup>6</sup>

O crescimento da cidade tem alavancado a segregação social e econômica, dividindo a cidade em duas zonas bem diferenciadas: a zona norte com residências planejadas, onde a maioria da população é de renda média e alta, e a zonal sul, composta por grupos de população de baixa renda, com formas de habitação precárias e vista como zona de delinqüência (UN-HABITAT, 2003). De acordo com a Secretaría de Hacienda (SHD), 80% da população da capital colombiana pertence aos estratos 2 e 3 e, na sua maioria, está localizada nas zonas oeste e sul da cidade, onde a infra-estrutura de transporte público é precária (SHD, 2010). Este padrão se repete na maioria das cidades colombianas, com a formação de favelas nas periferias das cidades e a precariedade de infra-estrutura de serviços públicos básicos. Assim, os mais pobres ficam ainda mais marginalizados por não terem acesso aos pólos geradores de emprego, devido à falta de serviços de transportes adequados que possam permitir melhoras na sua qualidade de vida.

Esta situação foi identificada pela prefeitura da cidade no final da década de 1990, quando Enrique Peñalosa foi eleito prefeito da cidade. O espaço público e o transporte foram as prioridades no governo de Peñalosa. Na época, um transporte público caótico dominava a cidade. Na ausência de um bom sistema de transporte de massa, a população de rendas baixa e média tinha que se valer de um serviço de transporte público obsoleto, poluente, de baixa qualidade e sem segurança. Para remediar esta situação, foi lançada um plano de mobilidade de longo prazo, baseada no transporte não motorizado, em melhoras no trânsito e em restrições ao uso do veículo individual. Um dos componentes principais do plano foi a criação do TransMilênio, um sistema de transporte de massa baseado no conceito de ônibus rápido, inspirado na experiência bem sucedida de Curitiba, com

---

<sup>6</sup>O salário mínimo na Colômbia em 2010 era de COL\$ 515.000, equivalentes a US\$ 266. A taxa de câmbio em 1 de dezembro de 2010 era de 1 USD\$ = 1932,63 COL\$ (BANCO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, 2010).

veículos de alta capacidade que circulam por corredores exclusivos (MUNOZ-RASKIN, 2010).

Os problemas de congestionamentos, no entanto, não foram resolvidos ainda, e a cidade sofre com engarrafamentos diários, em qualquer horário do dia. O uso do veículo individual continua crescendo de modo desregrado e subutilizado, a frota aumenta sem aumento da infra-estrutura e o problema do transporte público não foi equacionado de uma forma satisfatória, ainda. Esta situação tem levado ao aumento do consumo de combustíveis, devido à lentidão no trânsito, e gerado aumento das emissões de poluentes e de GEEs.

Os diferentes planos e projetos relacionados ao tema da evolução do transporte apresentam total desarticulação entre os modelos de organização do transporte e o uso e ocupação do solo. Essa falta de planejamento origina disfuncionalidade na questão de mobilidade, contaminação do meio ambiente e acidentes no transporte urbano.

Por estas razões, é muito importante se buscar soluções para aliviar os problemas de mobilidade e poluição que a cidade vem apresentando nas últimas décadas. Portanto, uma análise retrospectiva do sistema de transporte urbano da cidade é fundamental para se compreender os fatores relacionados com o consumo de combustíveis fósseis e os seus efeitos ambientais no longo prazo.

## **Aspectos gerais**

A Cidade de Bogotá, D.C., capital da Colômbia, encontra-se localizada no centro do País, sobre uma das planícies da Cordilheira dos Andes, a 2600 metros acima do nível do mar. Além de ser a capital da Colômbia, é a capital do estado de Cundinamarca e é o principal centro político e administrativo do País. Com mais de 7 milhões de habitantes atualmente, é a cidade mais populosa do País. Com uma superfície de 1.605  $km^2$ , a cidade desenvolveu-se sobre solo fértil e plano.

Bogotá está dividida em vinte unidades administrativas, as quais possuem governo próprio, ou subprefeituras. Nos últimos anos a população da cidade tem crescido mais rapidamente do que a população do resto do país, registrando taxas de crescimento de mais de 2% durante a última década DANE (2009). Este fenômeno pode ser explicado pela constante migração de pessoas das diferentes regiões do País, muitas na procura de melhores condições de vida e, outras, deslocadas

pela violência nas zonas rurais, por grupos à margem da lei. Bogotá contribue com, aproximadamente, 26% do PIB da Colômbia — que durante as últimas décadas cresceu a uma taxa média anual de 3%. A Tabela 2.4 apresenta um resumo de algumas características sócio-econômicas da cidade.

Tabela 2.4 - Características sócio-econômicas da cidade de Bogotá

	Ano	
Área (km <sup>2</sup> )	2.010	1.605
População	2.010	7.363.782
PIB (bilhões CO\$)*	2.008	118.267
PIB per capita (milhões CO\$)*	2.008	16,5

Fonte: DANE (2010)

\* Valores em pesos colombianos constantes de 2008 .

A expansão sem controle da cidade gerou problemas de assentamentos precários na periferia da cidade, onde a população mais pobre está localizada, gerando desigualdade de acesso a todos os cidadãos.

Um fator preocupante é a baixa mobilidade de uma parte significativa da população. De acordo com a Secretaria Distrital de Movilidad (SDM), uma pessoa de alta renda realiza quase o dobro de viagens que uma pessoa de baixa renda (SDM, 2005). A Figura 2.5, apresenta a distribuição relativa do número de viagens por pessoa de acordo com o nível de renda.

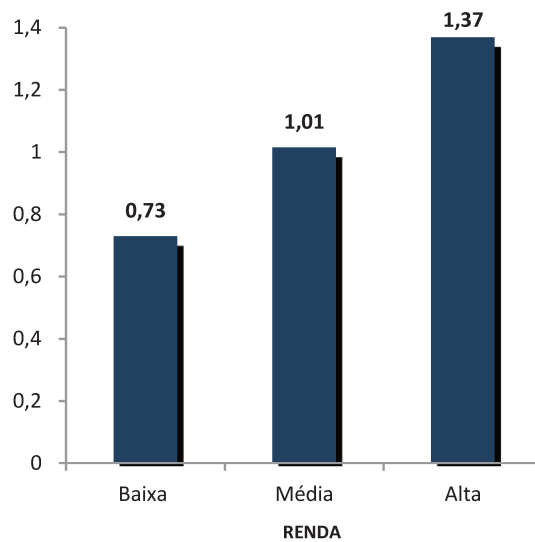


Figura 2.5 - Número médio de viagens por pessoa, por nível de renda  
Fonte: Elaboração própria a partir de SDM (2005).

A Figura 2.6 apresenta os principais meios de transporte usados, de acordo com o nível de renda da população. As viagens em transporte público são feitas, na sua maioria, por pessoas de baixa e média renda, enquanto que as viagens em veículo particular são feitas pela população de alta renda. Da mesma forma, as viagens em transporte não motorizado concentram-se nos níveis da população com baixa renda.

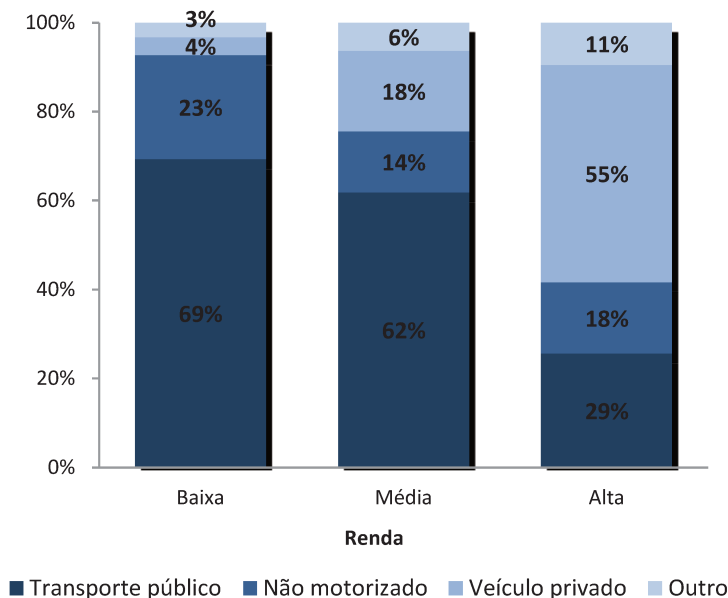


Figura 2.6 - Distribuição por modo das viagens de acordo com o nível de renda  
 Fonte: Elaboração própria a partir de SDM (2005).

Independente do nível de renda, 61,6% das viagens são feitas em transporte coletivo público, conforme ilustrado na Figura 2.7.

Esta elevada porcentagem está relacionada com o uso do TransMilênio, que converteu-se, nos últimos anos, em uma parte fundamental do serviço de transporte público da cidade. Cabe ressaltar que a distribuição das viagens em transporte não motorizado (a pé, bicicleta) representam uma porcentagem alta, se comparada com as viagens realizadas em transporte individual. Este outro fato pode ser acrescentado aos múltiplos benefícios que trouxe o TransMilênio, já que, para permitir a integração dos terminais de embarque e desembarque do sistema, foram construídas ciclovias e passeios para os pedestres.

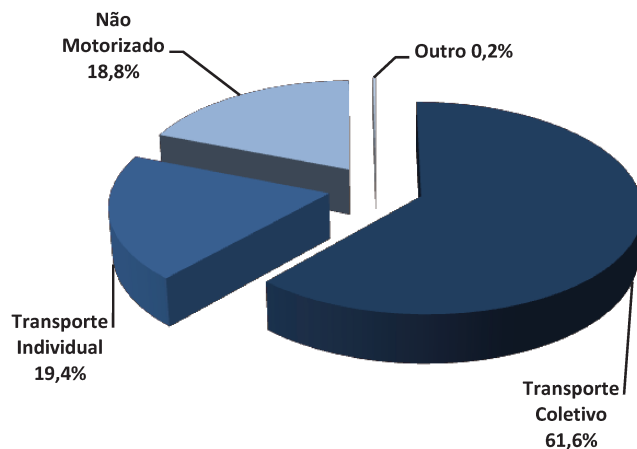


Figura 2.7 - Distribuição das viagens por modo de transporte na cidade de Bogotá  
 Fonte: Elaboração própria a partir de SDM (2005).

### 2.3 Análise comparativa das cidades de São Paulo e Bogotá

A Tabela 2.5 apresenta uma breve comparação entre as duas cidades em termos de população, PIB, mobilidade e frota.

Em 2010 a população de Bogotá era 65% do total da população de São Paulo. Em termos de densidade populacional (hab/km<sup>2</sup>), São Paulo apresentou uma densidade de 7.383 hab/km<sup>2</sup>, enquanto que Bogotá exibiu uma densidade de 4.588 hab/km<sup>2</sup>. Nas duas cidades, as atividades que lideram as intenções das viagens são trabalho e estudo, chegando, juntas, a um patamar aproximado de 70% do total das viagens diárias. Em Bogotá predomina amplamente o uso do sistema de transporte coletivo, neste caso os ônibus do sistema de transporte público, mas, em ambas as cidades a porcentagem do uso dos meios motorizados leva vantagem sobre os meios não motorizados.

Uma visão mais ampla dos principais meios de transporte urbano nas duas cidades é apresentada no capítulo três.

Tabela 2.5 - Características econômicas, sociais e de transporte nas cidades de São Paulo e de Bogotá

<b>Aspectos Gerais</b>	<b>Ano</b>	<b>São Paulo*</b>	<b>Bogotá†</b>
Área ( $km^2$ )	2010	1.523	1.605
População (milhões)	2010	11,2	7,3
PIB (bilhões de USD\$‡)	2007	190,9	57,8
Motivos das viagens (% do total das viagens§)	Trabalho	44,3	43,9
	Estudo	34,6	25,1
	Outros	21,2	31,0
Usos dos meios de transporte (% do total dos usos§)	Público	34,8	61,6
	Individual	29,7	19,4
	Não Motorizado	31,4	18,8
	Outros	4,1	0,2
Frota Ônibus	2010	73.732	30.486
Frota Veículos Leves	2010	4.972.198	585.538
Índice de Motorização (veículos leves/1000 hab)	2010	442	80

Fonte: Vários. Ver notas

\* CSP: População (IBGE, 2010a), Área e PIB (SEADE, 2010), Motivos viagens e Usos dos meios de transporte (METRÔ, 2007), Frota de ônibus e Frota de veículos leves (DENATRAN, 2010).

† CBO: Área, População e PIB (DANE, 2010), Motivos viagens e Usos dos meios de transporte (SDM, 2005), Frota de ônibus (SDM, 2010b), Frota de veículos leves (MINTRANSPORTE, 2010a).

‡ Taxa de câmbio em 12 de janeiro de 2011: 1 USD\$ = 1,6765 R\$ e 1 USD\$ = 1865 COL\$ (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2010).

§ Para CSP são dados da pesquisa origem-destino de 2007, no caso da CBO os dados são da pesquisa origem-destino de 2005.





### 3 CIDADES DE SÃO PAULO E BOGOTÁ: PRINCIPAIS SISTEMAS DE TRANSPORTE URBANO E POLÍTICAS PÚBLICAS DE TRANSPORTE

De acordo com o seu uso e veículos envolvidos, os meios urbanos de transporte de passageiros podem ser classificados como apresentado na Figura 3.1.

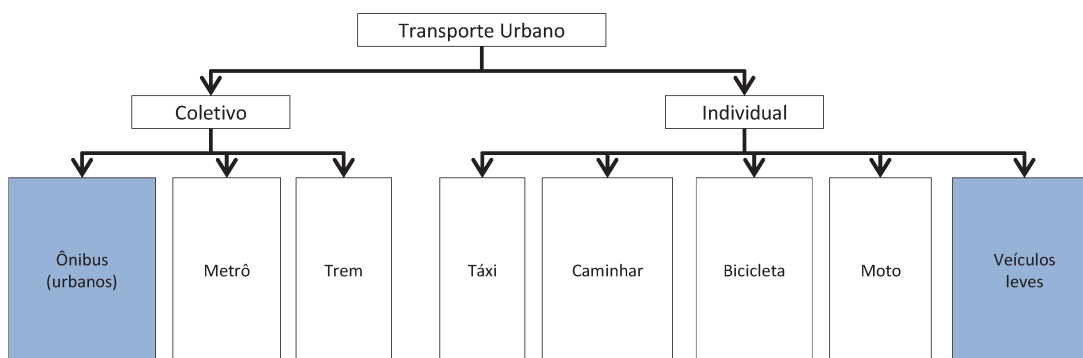


Figura 3.1 - Classificação dos modos de transporte urbano de passageiros

A seguir é feita uma descrição geral dos principais meios de transporte urbano nas cidades de São Paulo e Bogotá, para propiciar um “pano de fundo” adequado para o transporte através de ônibus, dentro da categoria de transporte coletivo, e utilizando veículos leves, dentro da categoria de transporte individual, que são os principais focos de interesse nesta dissertação.

#### 3.1 O transporte urbano em São Paulo

A mobilidade urbana na cidade de São Paulo é caracterizada por um sistema de transportes complexo, que pode ser agregado em duas grandes categorias: transporte individual e transporte coletivo.

### **3.1.1 Transporte coletivo**

O transporte coletivo na cidade de São Paulo é constituído por três modais: os ônibus, o metrô e os trens urbanos. Entre os ônibus destacam-se os de serviço público, mas existem também os ônibus que prestam serviços de lotação e fretamento, e os ônibus escolares.

O sistema de transporte público da cidade é constituído por ônibus, de responsabilidade do governo municipal por meio da SPTrans, complementados pelo Metrô (através da Companhia do Metropolitano de São Paulo), pelos trens urbanos (através da Companhia Paulista de Trens Urbanos — CPTM) e pelo sistema de ônibus intermunicipal (através da Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos — EMTU), sendo os três últimos de competência do governo do Estado.

### **Sistemas Metropolitanos**

A década de 1960 foi marcante para o desenvolvimento dos transportes urbanos em São Paulo. Ao mesmo tempo, sentenciou-se o fim dos bondes e presenciou-se o nascimento do metrô, concretizado a partir da criação, em 31 de agosto de 1966, do Grupo Executivo do Metrô (GEM), no âmbito da Prefeitura Municipal de São Paulo (SOUZA et al., 2004).

O GEM, que tinha como objetivo organizar uma concorrência internacional para um estudo de viabilidade econômico-financeira, estabeleceu as prioridades para a implementação das linhas, por meio do Plano Básico da Rede Estrutural do Metrô. Para a elaboração deste plano foi realizada, em 1967, a primeira pesquisa de origem e destino de viagens no município (METRÔ, 2010a).

O metrô esteve subordinado à Prefeitura de São Paulo até 1978, quando a lei municipal No 8.830 desobrigou o Executivo de manter o controle acionário da Companhia do Metropolitano e o autorizou a subscrever ações da EMTU, bem como o autorizou, também, a celebrar convênio com esta empresa para regular a sua participação nas subvenções ao metrô (SÃO PAULO, 1978).

O metrô de São Paulo hoje é um sistema metropolitano operado por uma empresa de capital misto do Estado de São Paulo, a Companhia do Metropolitano de São Paulo — Metrô. Tendo o governo do Estado a maior parte do controle acionário, a Companhia é subordinada à Secretaria

dos Transporte Metropolitanos do Estado de São Paulo. O Metrô é responsável pela operação e expansão do transporte metroviário. Embora a Prefeitura do Município de São Paulo tivesse realizado praticamente mais de 80% do investimento na inauguração da primeira linha (linha azul Norte-Sul), hoje o município só detém, aproximadamente, 0,25% do capital social (METRÔ, 2010a). A Tabela 3.1 apresenta a estrutura física do sistema.

Tabela 3.1 - Estrutura Física do Metrô de São Paulo em 29/01/10

	<b>Linhas</b>				<b>Total Rede</b>
	<b>Azul</b>	<b>Verde</b>	<b>Vermelha</b>	<b>Lilás</b>	
Início da Operação Comercial	1974	1991	1979	2002	-
Estações*	23	12	18	6	56
Extensão atual das linhas (Km)	20,2	11,7	22	8,4	62,3
Estações de transferência*	3	2	1	-	3
Estações de integração com a CPTM †	1	2	4	1	8
Estações com terminais de ônibus urbanos	6	1	10	5	22
Estações com terminais rodoviários	2	-	1	-	3
Número de carros da frota‡	306	132	282	48	768
Velocidade máxima (km/h)	100	100	100	80	-

Fonte: Metrô (2010a).

\* As estações de transferência foram computadas nas duas linhas que atendem - Sé (L1 e L3), Ana Rosa (L1 e L2) e Paraíso (L1 e L2) - porém uma só vez no total da rede.

† Inclui integração realizada por meio do serviço de Ponte ORCA.

‡ Cada trem possui formação fixa de 6 carros.

O metrô de São Paulo é considerado entre os sistemas com mais altos índices de utilização do mundo. A quantidade de passageiros transportados em 2009 atingiu 3,3 milhões de usuários em média nos dias úteis. Em 2010 foi reconhecido como o melhor metrô das Américas, pela sua capacidade, segurança, rapidez, limpeza e acessibilidade, e por operar uma das linhas mais movimentadas do mundo (METRÔ, 2010a).

A Figura 3.2, apresenta a evolução de passageiros transportados pelo metrô no período de 1990 a 2003 pelas quatro linhas em operação (azul, verde, vermelha e lilás). As linhas verde e lilás foram inauguradas em 1991 e 2002, respectivamente; no entanto, o índice da Figura 3.2 não refletiu o impacto destas mudanças.

Atualmente, existem duas frentes de expansão em execução no metrô de São Paulo: a expansão da Linha 2 (Linha Verde), que atualmente vai da estação Vila Madalena até a estação Imigrantes, e compreende a construção da nova estação Alto do Ipiranga; e a construção da nova Linha 4

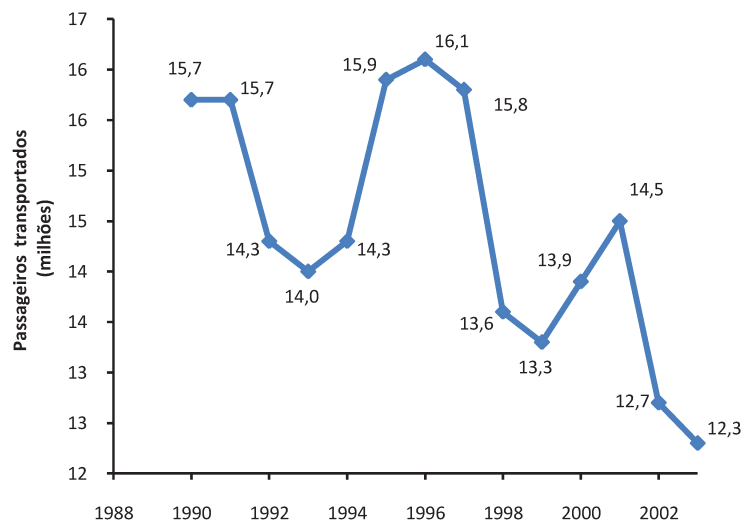


Figura 3.2 - Passageiros transportados por km/ano pelo metrô de São Paulo  
 Fonte: SEADE (2010).

(Linha Amarela), com quase 13 km e mais 11 estações. A linha 4, que foi aberta ao público no dia 25 de maio de 2010, é a primeira linha do País a operar pelo sistema de parceria público-privada. A concessionária ViaQuatro é responsável pela operação e manutenção da linha. A linha amarela é a mais moderna do País, por possuir avanços tecnológicos e de conforto que nenhum outro sistema de metrô tem; por exemplo, o sistema é “driverless” (que permite a operação sem a presença do condutor dentro do trem), conta com um serviço de internet sem fio e possui equipamentos que permitem otimizar o consumo de energia, incluindo um sistema de frenagem que produz energia elétrica que é armazenada e utilizada pela próprio sistema. Os trens circulam em um sistema do tipo carrossel, no qual todos seguem na mesma velocidade e o ajuste da frota é feito de acordo com a demanda de tráfego, diminuindo, assim, o tempo de espera. Dentro dos trens, o usuário tem ar-condicionado e som ambiente, além de quatro câmeras de vigilância em cada um dos vagões (METRÔ, 2010a).

Outras propostas de expansão estão contempladas no plano de expansão dos transportes metropolitanos proposto pelo Governo do Estado, como, por exemplo: o projeto “Metrô Leve” que será implantado na Baixada Santista, a construção de uma nova linha do metrô — a linha laranja, e a ampliação da linha lilás e da linha verde, entre outras.

O sistema metroviário não serve somente à cidade de São Paulo. O sistema interliga a capital do estado com outras cidades da RMSP, assim como o sistema de trens que liga 22 cidades da

RMSP e trabalha em estreita colaboração com o Metrô. A administração da rede ferroviária está a cargo da CPTM, que é uma empresa do Estado de São Paulo. A Tabela 3.2 apresenta alguns dados gerais do sistema.

Tabela 3.2 - Dados operacionais do sistema de trens na RMSP

<b>Característica do sistema</b>	<b>Valor</b>
Número de estações	89
Extensão total das linhas operacionais (km)	260,8
Frota programada no pico	119
Viagens programadas (média por dia útil)	2.437
Passageiros transportados (média por dia útil) (milhões)	2,12

Fonte: Metrô (2010b)

## Os Ônibus

A Companhia Municipal de Transportes Coletivos (CMTC), constituída em 14/03/1947 e autorizada a iniciar suas operações em 18/06/1947, pelo Decreto municipal nº 987, passou a ser designada, em 1995, como São Paulo Transporte S.A. — SPTrans.

A frota do sistema de transporte urbano sobre pneus é responsável, na cidade, pelo deslocamento de aproximadamente cinco milhões e meio de passageiros/dia útil (SPTRANS, 2010). A Secretaria Municipal de Transportes gerencia este serviço, que é fiscalizado pela São Paulo Transporte S.A. — SPTrans. As atividades operacionais são terceirizadas e executadas por empresas que foram contratadas por licitações públicas. O sistema é operado por 16 consórcios, formados por empresas e cooperativas, responsáveis pela operação de 15 mil veículos em mais de 1.300 linhas. O planejamento, a programação e a fiscalização, além do incentivo ao desenvolvimento tecnológico, são atividades da SPTrans, que tem como principal atribuição manter a qualidade da prestação deste serviço, garantindo a modernidade, segurança e conforto aos passageiros e contribuindo para a qualidade de vida na cidade.

De acordo com a lei municipal nº 13.241, de 12 de dezembro de 2001, o transporte coletivo de passageiros foi dividido em dois subsistemas:

- a) Subsistema estrutural: conjunto de linhas de transporte coletivo público de passageiros

que atendem demandas elevadas e integram as diversas regiões da cidade;

- b) Subsistema local: conjunto de linhas que atendem demandas internas de uma mesma região e alimentam o Subsistema Estrutural.

No subsistema estrutural as linhas são operadas por veículos de médio e grande porte (articulados, biarticulados e básicos), destinadas a atender demandas elevadas e integrar diversas regiões às áreas centrais da cidade. É a espinha dorsal do transporte coletivo. O subsistema local alimenta a malha estrutural e atende aos deslocamentos internos nos sub centros com linhas operadas por ônibus comuns e veículos de menor porte, como micro e mini ônibus.

Para facilitar a organização das linhas, a cidade foi loteada em oito áreas, cada qual operada por um consórcio e uma cooperativa.

A Tabela 3.3 apresenta os dados das frotas de ônibus de serviço público contratadas pelo SPTrans na cidade de São Paulo, nestes dois subsistemas.

Tabela 3.3 - Histórico da frota contratada pelo SPTrans

<b>Ano</b>	<b>Subsistema Estrutural</b>	<b>Subsistema Local</b>
2003	8.791	—
2004	8.473	—
2005	8.397	—
2006	8.356	6.405
2007	8.539	6.372
2008	8.835	5.880
2009	8.953	5.979

Fonte: SPTrans (2010).

O ônibus é o principal meio de transporte público na cidade, responsável por 64% das viagens municipais coletivas (METRÔ, 2007). A Tabela 3.4 apresenta os dados da evolução da frota de ônibus da cidade de São Paulo. O dados pertencem às estatísticas do Denatran e representam os veículos licenciados por ano.

Foram criadas faixas exclusivas, ou corredores, na cidade, para ônibus de grande porte, a fim de distribuir melhor os veículos nas vias, diminuindo o trânsito. A Figura 3.3 mostra a distribuição destes corredores.

Nesta figura, na cor verde, podem ser identificados os dez corredores exclusivos para ônibus. A SPTrans oferece, através de um portal na Internet, informações da situação do trânsito nos corredores. O sistema, chamado “Olho Vivo”, permite monitorar pela internet a situação da frota e a

Tabela 3.4 - Evolução das frotas de ônibus, micro ônibus e bondes na cidade de São Paulo

Ano	Ônibus	Micro ônibus	Bonde	Total
2001	27.519	25.455	16	52.990
2003	31.149	26.946	17	58.112
2005	34.171	26.319	24	60.514
2007	37.550	27.343	24	64.917
2009	39.049	30.087	13	69.149

Fonte: Denatran (2010).

fluidez dos ônibus em 247 quilômetros de corredores exclusivos e vias públicas da cidade.

O Olho Vivo faz parte do Sistema Integrado de Monitoramento (SIM), uma ferramenta de planejamento e gestão do transporte público que, por meio de GPS (Global Positioning System — sigla em inglês), possibilita a localização automática dos ônibus (PMSP, 2010a).

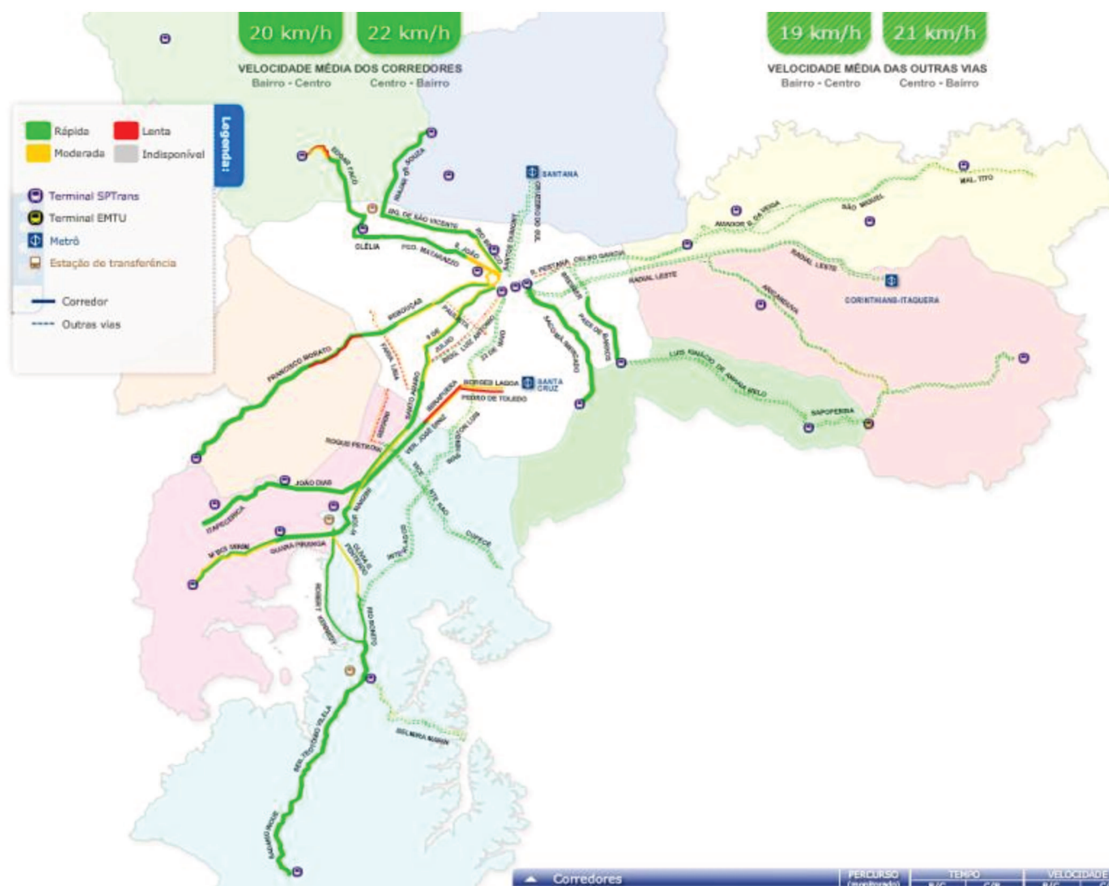


Figura 3.3 - Distribuição dos corredores exclusivos na cidade de São Paulo  
Fonte: OLHO VIVO (2010).



Os dez corredores exclusivos e suas extensões são apresentados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Extensão dos corredores exclusivos de ônibus

<b>Corredores</b>	<b>Inauguração</b>	<b>Extensão dos corredores (km)</b>
Campo Limpo / Rebouças / Centro	2004	17,2
Ver. José Diniz / Ibirapuera / Santa Cruz	2008	8,9
Expresso Tiradentes (Eixo Sudeste)	2007	8,2
Inajar / Rio Branco / Centro	1991	13,6
Itapecerica / João Dias / Santo Amaro	2000	6,2
Jd. Ângela / Guarapiranga / Santo Amaro	2004	7,5
Paes de Barros	2004	3,9
Parelheiros / Rio Bonito / Santo Amaro	2004	30,5
Pirituba / Lapa / Centro	2003	15,2
Santo Amaro / Nove de Julho / Centro	1987	14,8

Fonte: SPTrans (2010).

A cidade de São Paulo tem um grande potencial de aproveitamento do sistema sobre pneus. Por ser uma forma de transporte flexível, consegue alcançar lugares que o metrô e o trem não alcançam.

### **3.1.2 Transporte individual**

#### **Táxis, helicópteros, bicicletas e percursos a pé**

O taxi é um modo de transporte individual de passageiros com veículo de aluguel provido de taxímetro. Na cidade existem as seguintes categorias de táxis: comum, comum-rádio, especial, luxo e executivo. Este tipo de transporte individual de passageiros utiliza locais para estacionamento designados como pontos de estacionamento. Os pontos de estacionamento são estabelecidos pela Prefeitura do Município de São Paulo tendo em vista o interesse público, com especificação da categoria, localização e número de ordem, bem como dos tipos e quantidade máxima de veículos que neles podem estacionar. Esses pontos são classificados em duas categorias: (i) pontos privativos, que podem ser utilizados por veículos de qualquer categoria de táxi, observada a quan-

tidade de vagas fixadas; e (ii) pontos de apoio, concebidos como uma variação dos pontos livres, para atender exclusivamente as categorias de táxi que utilizam rádio (comum-rádio e especial), independentemente da pessoa jurídica a que pertençam (PMSP, 2008).

A Lei nº 7.329, de julho de 1969 (SÃO PAULO, 1969), estabelece normas para a execução do serviço de transporte individual de passageiros em veículos de aluguel com taxímetro. De acordo com esta lei, o serviço somente pode ser executado mediante prévia e expressa autorização da Prefeitura, a qual é consubstanciada pela outorga de Termo de Permissão e Alvará de Estacionamento.

A prefeitura não emite novas licenças desde 1996, o que está criando um comércio ilegal de alvarás (BURGARELLI, 2010a). A prefeitura entende que a cidade de São Paulo tem hoje expedida uma quantidade de licenças adequada à demanda de passageiros que fazem uso desse transporte. Por isso, a administração não tem nenhuma intenção de emitir novos alvarás.

A frota de taxis da cidade de São Paulo caracteriza-se por ser a maior do país, com aproximadamente 32 mil veículos circulando pelas vias públicas. Esta frota, em 2008, representou quase a metade da frota de ônibus da cidade. A Tabela 3.6 apresenta a evolução da frota de 2000 a 2008.

Tabela 3.6 - Evolução da frota de táxis na cidade de São Paulo

<b>Ano</b>	<b>Número de taxis</b>
2000	31.294
2002	28.205
2004	32.277
2006	—
2008	32.193

Fonte: SEMPLA (2010).

Nos últimos anos o crescimento da frota estabilizou-se, passando de 31.294 veículos em 2000 a 32.193 em 2008, o que representou um aumento de apenas 3%.

O uso de taxis na cidade de São Paulo é excludente devido às altas tarifas das viagens. Acessar a este serviço de transporte é caro. A bandeirada — valor que o passageiro paga quando entra no veículo — é de R\$ 3,50 e a tarifa por quilômetro percorrido, para a bandeira 1, é de R\$ 2,10 (PMSP, 2010a). A bandeirada no Rio de Janeiro é de R\$ 4,30, mas o a tarifa por quilômetro é de R\$ 1,40, para a bandeira 1 (SMTRJ, 2010). Logo, em um percurso de 10 km nas duas cidades, o custo da viagem em São Paulo é 34% mais caro do que no Rio de Janeiro. No caso de um engarrafamento, este valor será ainda maior, já que a tarifa horária é 13 vezes mais cara do que a do quilômetro rodado — R\$ 28.

Um outro meio de transporte individual excludente e pouco comum na maioria das cidades é o helicóptero. Este meio de transporte tornou-se popular em meados de 1980, quando utilizado pela policia no seu trabalho, mas agora é utilizado por uma população exclusiva na cidade de São Paulo para chegar ao seu destino sem estresse devido aos engarrafamentos diários. De acordo com a ANAC (2009), a frota total de São Paulo é de 528 helicópteros, o que representa quase 50% do total destas aeronaves no País.

O meio mais antigo de transporte individual é caminhar, pouco valorizado, mas que tem sido, sempre, para o ser humano, um meio de transporte importante. Os sistemas de circulação de pedestres são utilizados por diferentes tipos de pessoas, incluindo as pessoas com dificuldades de locomoção (pessoas com deficiências temporais ou permanentes, idosos, grávidas, pessoas obesas, etc). Nos últimos anos, a inserção do pedestre dentro do ambiente urbano tem buscado melhorar a locomoção e o ambiente da cidade. A prefeitura de São Paulo estabeleceu o Programa Passeio Livre, da Secretaria Municipal de Coordenação das Subprefeituras, com o objetivo de implementar um novo conceito de passeio público, padronizando as calçadas, organizando a localização do mobiliário urbano, melhorando a drenagem e garantindo a livre circulação de pedestres e pessoas com deficiência, ou mobilidade reduzida. O Programa Passeio Livre foi iniciado com a formação da Comissão de Análise do Passeio Público, envolvendo 29 entidades e 7 Secretarias, em janeiro de 2005. Esta comissão elaborou o decreto no 45.904, de 2005, que estabelece as normas de acessibilidade, as dimensões e materiais adequados para a implantação e reconstrução de calçadas.

Em 2006 e 2007 foram reconstruídos 202.000  $m^2$  e 461.000  $m^2$  de calçadas, respectivamente (PMSP, 2010a). Em janeiro de 2008 entrou em vigor a Lei no 14.675, que criou o plano emergencial de calçadas e permitiu à Prefeitura executar os passeios nas vias com maior fluxo de pedestres (SÃO PAULO, 2008).

Para que a padronização e a acessibilidade dos passeios atinjam toda a cidade, as calçadas dos imóveis particulares também devem ser reformadas. O proprietário do imóvel, comercial ou residencial, é responsável pela conservação, manutenção e reforma da sua calçada. Calçadas em situação irregular, ou em mau estado de conservação, são passíveis de multa (PMSP, 2010a).

À guisa de exemplo, os comerciantes e moradores da Avenida Benedito de Andrade, no bairro de Pirituba, se organizaram e, com o apoio da Subprefeitura, começaram um trabalho de remodelação da rua, inclusive com a reforma das calçadas. As obras foram iniciadas em 2005 e finalizadas em 2006, contemplando 4000 metros da avenida (PMSP, 2010a).

Desde o lançamento do Programa Passeio Livre, em maio de 2005, já foram reformadas mais de 300.000  $m^2$  de calçadas de ruas, escolas, bibliotecas, praças e cemitérios. O padrão utilizado é predominantemente o piso intertravado, nas cores vermelha e cinza (delimitando as faixas exigidas pelas novas regras); também são utilizados o ladrilho hidráulico e o cimento moldado no local (PMSP, 2010a).

Na Tabela 3.7 são apresentados os principais motivos pelos quais as pessoas decidem andar a pé, para locomoção.

Tabela 3.7 - Distribuição das viagens diárias a pé em São Paulo, em função da razão da escolha deste meio de locomoção

<b>Razão de Escolha</b>	<b>Distribuição Porcentual (%)</b>
Pequena Distância	88,9
Condução Cara	4,7
Ponto/Estação Distante	0,8
Condução Demora para Passar	0,7
Viagem Demorada	0,1
Condução Lotada	0,3
Atividade Física	2,3
Outras Razões	2,1

Fonte: Adaptado de Metrô (2007)

A razão da escolha entre caminhar, ou não, tem a ver, principalmente, com as distâncias a serem percorridas. Em 2007 as viagens diárias a pé representaram 31% dos deslocamentos, ou seja, 7,2 milhões de viagens foram feitas a pé (METRÔ, 2007).

Um outro meio de transporte individual não motorizado é a bicicleta. A criação de ciclovias na cidade de São Paulo é determinada pela Lei nº 10.907, de 18 de dezembro de 1990, e regulamentada pelo Decreto nº 34.854, de 3 de fevereiro de 1995. Esta lei estabelece que toda vez que for aberta uma nova avenida na cidade, será preciso incluir nela uma ciclovia (SÃO PAULO, 1990), (SÃO PAULO, 1995).

Em 2006 São Paulo tinha 250 mil bicicletas circulando e menos de 30 km de ciclovias (PMSP, 2010a). Devido à falta de infra-estrutura, foi criado, por meio da Portaria 1918, de 2006, o Grupo Executivo Pró-Ciclista. O grupo reuniu representantes de cinco Secretarias e técnicos da SPTrans e da CET. Dentro das atribuições do grupo estavam: (i) identificar oportunidades para o fomento ao uso da bicicleta no Município de São Paulo, observadas as normas de trânsito vigentes; (ii) articular os diversos órgãos públicos da administração direta e indireta da Prefeitura do Município de São

Paulo, entre si ou com outras instituições, para estudar e implantar melhorias cicloviárias e para fomentar o uso da bicicleta; (iii) manifestar-se sobre questões que envolvam a implantação de melhorias cicloviárias no Município de São Paulo; (iv) colaborar para a construção do conhecimento relativo ao uso da bicicleta em meio urbano, de modo a poder treinar e capacitar a administração pública para este meio de transporte, bem como colaborar para a promoção da educação para a convivência entre os meios (SÃO PAULO, 2006).

Em 2007, a Lei nº 14.266 determinou a criação do Sistema Cicloviário de São Paulo (SCSP), com o objetivo de incentivar o uso de bicicletas no transporte, contribuindo, desta forma, para o desenvolvimento de uma mobilidade sustentável. A Lei afirma que “O transporte por bicicletas deve ser incentivado em áreas apropriadas e abordado como modo de transporte para as atividades do cotidiano, devendo ser considerado modal efetivo na mobilidade da população” (SÃO PAULO, 2007).

Esta lei estabeleceu também que o SCSP estaria formado por: (i) rede viária para o transporte por bicicletas, formada por ciclovias, ciclofaixas, faixas compartilhadas e rotas operacionais de ciclismo; e (ii) locais específicos para estacionamento: bicicletários e paraciclos. Além disso, determinou que o SCSP deveria: (i) articular o transporte por bicicleta com o Sistema Integrado de Transporte de Passageiros (SITP), viabilizando os deslocamentos com segurança, eficiência e conforto para o ciclista; (ii) implementar infra-estrutura para o trânsito de bicicletas e introduzir critérios de planejamento para implantação de ciclovias ou ciclofaixas nos trechos de rodovias em zonas urbanizadas, nas vias públicas, nos terrenos marginais às linhas férreas, nas margens de cursos da água, nos parques e em outros espaços naturais; (iii) implantar trajetos cicloviários onde os desejos de viagem sejam expressivos para a demanda que se pretende atender; (iv) agregar aos terminais de transporte coletivo urbano infraestrutura apropriada para a guarda de bicicletas; (v) estabelecer negociações com o Estado de São Paulo com o objetivo de permitir o acesso e transporte, em vagão especial no metrô e em trens metropolitanos, de ciclistas com suas bicicletas; (vi) promover atividades educativas visando à formação de comportamento seguro e responsável no uso da bicicleta e sobretudo no uso do espaço compartilhado; (vii) promover o lazer ciclístico e a conscientização ecológica (SÃO PAULO, 2007).

A mobilidade na cidade de São Paulo utilizando a bicicleta como principal meio de transporte tem aumentado na última década, embora sua participação no total da viagens ainda não seja elevada, quando comparada como os outros meios de transporte urbano. De 1997 a 2007 o número de

viagens em bicicleta na cidade quase triplicou, atingindo quase 150 mil viagens por dia (SEMPLA, 2010), conforme indicado na Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Evolução das viagens em bicicleta na cidade de São Paulo

<b>Ano</b>	<b>Viagens/dia</b>
1997	54.370
2002	130.431
2007	147.107

Fonte: SEMPLA (2010)

Em 2010 São Paulo tinha 37,5 km de ciclovias, e a maior parte das propostas feitas pela Prefeitura estava atrasada, ou ainda não haviam projetos definidos (BURGARELLI, 2010b).

Na Agenda 2012 da Prefeitura de São Paulo, tem-se como meta a implantação de 100 km de ciclovias e ciclofaixas. Das 8 obras propostas no programa, quatro encontram-se na etapa de elaboração do projeto: Ermelino Matarazzo (22 km), Butantã (13 km), Jabaquara (2 km), Santo Amaro (34 km); duas estão em obras: Casa Verde (7 km) e Estrada Parque (22 km); uma está na etapa de elaboração do edital (Parelheiros, com 6 km) e somente uma já foi terminada e aberta à circulação (PMSP, 2010b).

## **Veículos leves**

Dentro da categoria de veículo individual para o transporte de passageiros estão sendo considerados os automóveis, comerciais leves e as motos.

Com o rápido crescimento da economia do Brasil, dos níveis sócio-econômicos e do desenvolvimento industrial, a demanda sobre o sistema de transporte aumentou rapidamente. Nas estatísticas da ANFAVEA, o número de veículos novos licenciados no Brasil passou de 1,25 milhões de veículos, em 1999, para 3,14 milhões de veículos, em 2009, correspondendo a uma taxa média anual de crescimento de 9,6% (ANFAVEA, 2010a). Entre os 3,14 milhões de veículos os veículos leves representaram mais do 95% do total de veículos licenciados. De acordo com o DENATRAN, a frota de veículos leves no Brasil era, em 2009, de 36,2 milhões de veículos, dos quais 13% correspondiam à frota da cidade de São Paulo (DENATRAN, 2010). A A Tabela 3.9 apresenta a evolução

da frota de veículos leves nesta cidade.

Tabela 3.9 - Evolução da frota de veículos leves na cidade de São Paulo

Ano	Número de Veículos Leves*
2001	3.481.417
2003	3.688.761
2005	3.909.625
2007	4.295.667
2009	4.739.770

Fonte: Denatran (2010).

\*Veículos leves: automóveis e camionetas.

Da frota de veículos que foram licenciados no ano de 2009 na cidade de São Paulo, 77% são veículos leves, enquanto apenas 1,1% da frota é formada por ônibus (DENATRAN, 2010).

A pesquisa origem – destino de 2007 revelou que o uso do veículo individual passou de 32%, em 1967, a 45%, em 2007 e o uso do transporte coletivo passou de 68% a 55% no mesmo período (METRÔ, 2007). Este aumento no uso dos veículos individuais ensejou um aumento no número de viagens realizadas com estes veículos. Quando as viagens são analisadas com relação à renda, o uso do transporte coletivo decresce à medida em que a renda aumenta. A Figura 3.4 apresenta a dependência do transporte coletivo pela população de baixa renda, assim como do transporte individual pela população com rendas maiores (METRÔ, 2007).

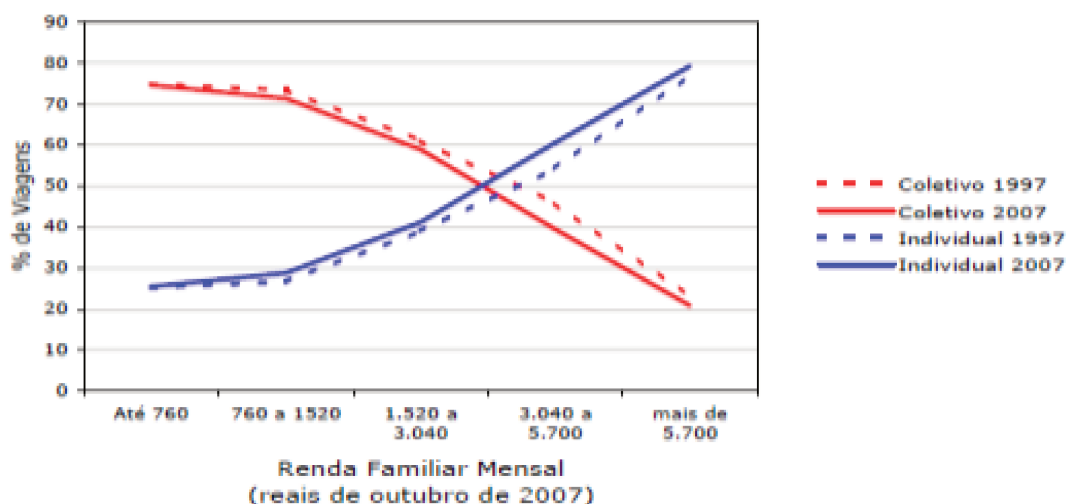


Figura 3.4 - Viagens motorizadas diárias por renda familiar mensal em 1997 e em 2007 na RMSP

Fonte: Metrô (2007).

Na medida em que o Brasil atinge rendas per capita maiores, estreitando a lacuna existente com os países desenvolvidos, também está se aproximando rapidamente das altas taxas de uso do veículo individual e as características de congestionamento próprias do tráfego urbano das cidades dos países desenvolvidos. O índice de motorização da cidade de São Paulo, considerando a frota total de veículos e a população em 2009, é de 555 veículos para cada mil habitantes.

O índice de motorização (IM) alcançado na cidade de São Paulo em 2009 é um índice típico de um país em desenvolvimento, onde, à medida que a renda per capita aumenta, o poder aquisitivo aumenta, assim como as facilidades de pagamento e créditos para a compra dos veículos. A evolução do índice de motorização para veículos leves nesta cidade pode ser visualizado na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Índice de motorização na cidade de São Paulo

<b>Ano</b>	<b>Índice de motorização (IM*)</b>
2001	336
2003	358
2005	378
2007	415
2009	461

Fonte: Elaboração própria baseado em Denatran (2010) e IBGE (2008)

\*IM: índice de motorização = número de veículos/1000 habitantes.

O domínio das vias públicas pelos veículos de passeio resulta em um pequeno número de usuários de transporte individual provocando congestionamentos que atrasam um grande número de usuários de transporte coletivo sobre pneus. O congestionamento de veículos na cidade é recorrente. Desde 1996, a prefeitura adota medidas paliativas para amenizar os problemas causados pelo trânsito, como a adoção do Rodízio Municipal, a restrição de estacionamentos (Zona Azul), e restrições em relação à circulação de caminhões e ônibus fretados.

São Paulo tem problemas de mobilidade proporcionais ao porte de sua população e, principalmente, de sua frota de veículos, tanto é que a velocidade média de deslocamento registrada nos últimos é de apenas 18 km/h (SEMPLA, 2010).



## **3.2 Bogotá e o sistema de transporte urbano**

### **3.2.1 Transporte coletivo**

#### **Ônibus comum**

No começo da década de 1950 a operação dos bondes em Bogotá terminou, devido a pressões políticas, e eles foram substituídos por ônibus. Desde o seu aparecimento no século passado, o sistema de transporte por ônibus apresenta uma série de problemas e barreiras para seu desenvolvimento eficaz. O planejamento das linhas foi feito conforme a cidade expandia-se, sem controle, de forma improvisada, especialmente nas periferias. Desde então a responsabilidade do transporte público é descarregada no setor privado.

A concessão das linhas foi dada somente aos proprietários de veículos vinculados a cooperativas de transporte. O modelo de cooperativa é mantido até hoje e o esquema de operação tem mudado pouco desde a criação da primeira cooperativa, no século passado. A Figura 3.5 apresenta o modelo empresarial existente, que promove a concorrência entre os operadores não pela qualidade do serviço, mas pela quantidade de passageiros transportados.

As cooperativas não são empresas administradoras do parque automotor, nem de planejamento da gestão da oferta de transporte coletivo. Elas são, simplesmente, entidades utilizadas para a afiliação dos ônibus. A manutenção da frota e o controle e fornecimento do serviço fazem parte das atribuições tanto dos proprietários dos veículos, quanto dos motoristas.

As cooperativas fazem a afiliação dos veículos, que, na maioria das vezes, não possuem padrões de qualidade básicos, já que o lucro das cooperativas depende da quantidade de veículos “associados”. Por sua vez, os proprietários dos veículos recebem uma renda fixa de parte dos motoristas, os quais recebem um salário cujo valor depende da quantidade de passageiros transportados. Este “modus operandi” cria o que se conhece na Colômbia como a guerra do centavo e é encontrado na maior parte das cidades colombianas.

Os problemas apresentados por este tipo de estrutura são diversos e causam externalidades

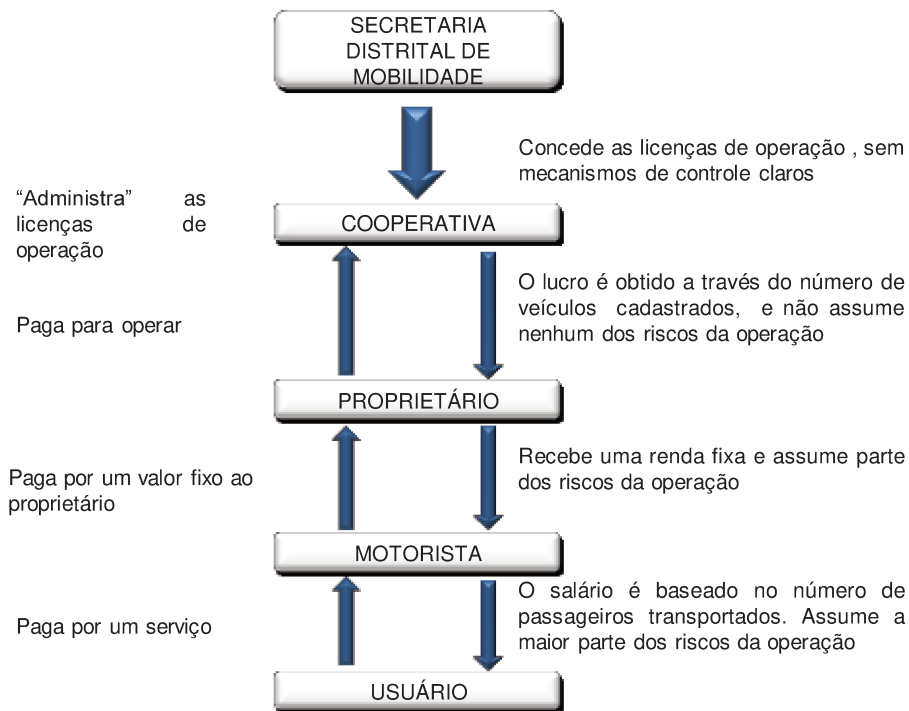


Figura 3.5 - Modelo empresarial do transporte público na Colômbia  
 Fonte: DNP (2003).

prejudiciais para a sociedade. Há motoristas violentos nas ruas, por conta da tentativa de recolher o maior número de passageiros, e muitos veículos são altamente poluidores (com idade maior ao estabelecido por lei, mas que, por falta de fiscalização, transitam nas ruas), entre outros problemas.

Em 2003, mudanças na estrutura do sistema fizeram as cooperativas participarem de forma ativa na administração da frota, com o intuito de assegurarem condições mínimas de segurança dos veículos e qualidade e viabilidade financeira dos serviços, ao concorrerem às licenças outorgadas pela autoridade local de transporte. Desde então, os parques automotores são responsabilidade das cooperativas.

O Decreto nº 114, de 2003, determinou medidas para garantir um serviço de qualidade e transparência na outorga das licenças, assim como condições mais justas para os motoristas, que passaram a ser empregados diretos das cooperativas, em vez de contratados diretamente pelos proprietários dos veículos (BOGOTÁ, 2003a).

O Decreto nº 116 também estabeleceu mecanismos de fiscalização para a reposição dos veículos e o sucateamento dos mesmos, finda a sua vida útil (BOGOTÁ, 2003b). Na realidade, a repo-

sição do parque automotor tem sido lenta e ainda podem ser avistados, circulando pela cidade, nos itinerários de maior demanda, veículos com idades superiores às regulamentadas.

Apesar de todos estes esforços para melhorar as condições do transporte público, a guerra do centavo ainda permanece.

Resumindo, a oferta de transporte público na cidade de Bogotá é fornecida, na sua totalidade, por empresas do setor privado. A Secretaria de Movilidad de Bogotá (SDM) autoriza a operação destas empresas.

A frota de transporte público em Bogotá é formada por três tipos de veículos:

- Ônibus normal: veículo automotor para o transporte de passageiros, com uma distância entre eixos maior do que quatro metros.
- Micro ônibus: veículo automotor para o transporte de passageiros, com uma distância entre eixos de três a quatro metros.
- Mini ônibus: veículo automotor para o transporte de passageiros, com uma distância entre eixos menor do que três metros, com capacidade de acomodação de 10 a 19 pessoas.

A Tabela 3.11, apresenta a evolução da frota de ônibus de transporte público em Bogotá. As linhas autorizadas existentes na cidade, geralmente circulares, cobrem quase a totalidade da área urbana da cidade. A maior parte dos itinerários se sobrepõem em alguns trechos, o que resulta em concentração do serviço de transporte em alguns corredores da capital.

Tabela 3.11 - Evolução da frota de ônibus de Bogotá

<b>Ano</b>	<b>Frota*</b>
2000	20.946
2002	21.014
2004	20.614
2006	19.007
2008	19.109

Fonte: DANE (2009)

\*Estão incluídos ônibus, micro ônibus e mini ônibus.

A cidade conta com 498 linhas de transporte público coletivo (SDM, 2010a). Atualmente circulam aproximadamente 25.000 veículos de transporte público de passageiros pela cidade, dos quais 19.000 fazem parte da frota cadastrada legalmente; os restantes pertencem ao negocio ilegal de transporte. Apesar do excesso de oferta e da sobreposição das linhas, existem deficiências na

cobertura de áreas periféricas da cidade.

Veículos obsoletos, quanto à idade e concepção de projeto, ainda circulam pela cidade. Esta tolerância, por parte do governo, é justificada mediante diferenciação nas tarifas de transporte. Os veículos com idade menor do que 10 anos têm o direito de cobrar uma tarifa maior do que a tarifa cobrada pelos ônibus que superaram este limite de idade. Através do Decreto no 600, de 30 de dezembro de 2009, a prefeitura de Bogotá estabeleceu as tarifas do serviço de transporte público indicadas na Tabela 3.12 (BOGOTÁ, 2009a).

Tabela 3.12 - Divisão de tarifas cobradas segundo a idade do veículo

Classificação	Tarifa (USD\$)*	
	Dia	Noite, domingos e feriados
Ônibus maior de 10 anos	0,62	0,65
Ônibus menor ou igual de 10 anos	0,67	0,70
Micro-ônibus maior de 10 anos	0,62	0,65
Micro-ônibus menor ou igual de 10 anos	0,67	0,70
Miniônibus	0,67	0,70

Fonte: Adaptado de Bogotá (2009a)

\*Taxa de câmbio em 1 de dezembro de 2010: 1 USD\$ = 1932,63 COL\$ Pesos Colombianos (BANCO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA, 2010).

Na Figura 3.6, são apresentadas séries históricas de passageiros transportados por dia, ocupação média dos veículos e média diária de veículos em serviço no período de 1999 a 2008. Pode-se observar que, a partir de 2000, o número de passageiros transportados diminuiu, assim como o número de veículos em serviço. Mesmo assim, a sobre oferta é confirmada pelos baixos níveis de ocupação veicular.

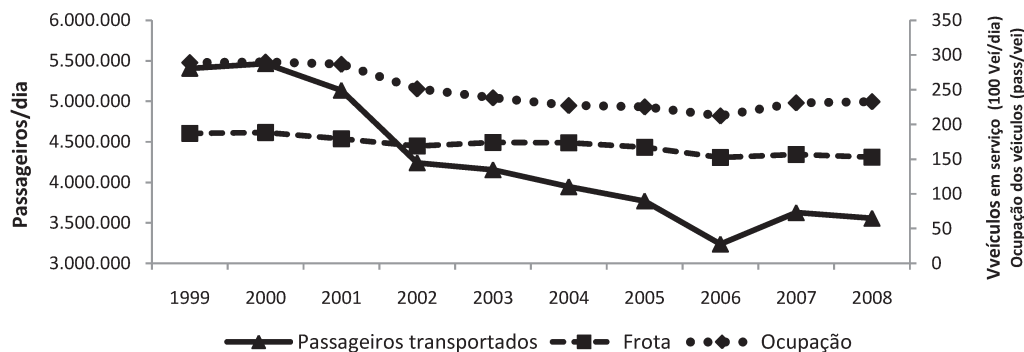


Figura 3.6 - Frota de ônibus, passageiros transportados e ocupação média dos ônibus em Bogotá

Fonte: Elaboração própria a partir de: DANE (2009).

De acordo com as estatísticas da Figura 3.6, em 2008 um veículo mobilizou aproximadamente 250 passageiros por dia. De acordo com normas internacionais e análises feitas em algumas cidades colombianas, este indicador deveria ser superior a 500 passageiros por dia para veículos com capacidade média (entre 35 e 80 passageiros), como os que constituem, na sua maioria, a frota de ônibus na cidade (DNP, 2002).

Das 9.462.758 milhões de viagens totais diárias nos diferentes meios de transporte urbano registradas em 2005, 63% foram feitas em ônibus. Essas viagens em ônibus se dividem em viagens utilizando ônibus municipal, escolar, privado e através do sistema TransMilênio. Foram 4.494.810 viagens diárias de ônibus municipal, representando 75% das viagens feitas em ônibus (SDM, 2005).

A operação e o controle do tráfego de passageiros tem sido feita de forma artesanal. Os chamados “calibradores” informam aos motoristas o tempo decorrido desde a passagem do último ônibus, em um determinado ponto. Alguns dos calibradores são contratados diretamente pelas empresas, outros adotaram este trabalho de uma forma independente, mas a existência desta função coloca em evidência a falta de controle e gerenciamento do transporte público em Bogotá.

Esta falta de controle faz com que o transporte público na cidade seja bem desorganizado, sem informação adequadas, para os usuários, sobre horários e itinerários, entre outros aspectos. A SDM disponibiliza, em seu portal na Internet, os pontos de ônibus, mas estas informações não são de fácil entendimento e o seu modo de divulgação (tabela do Excel) não é o mais apropriado. Tudo isso gerou, para o usuário, uma imagem ruim do transporte público e criou um problema cultural para o cidadão.

## **O sistema TransMilênio**

O TransMilênio é um sistema de ônibus que opera em faixas exclusivas, segregadas do tráfego. Os ônibus do sistema têm prioridade em cruzamentos. O TransMilênio opera com duas faixas em cada direção, permitindo, assim, ultrapassagem entre os veículos, o que possibilita a operação de linhas expressas na faixa adicional. Conseguem-se, desta forma, atingir velocidades de operação maiores que as do transporte público convencional. O monitoramento dos ônibus é feito em tempo real, utilizando tecnologia embarcada. O sistema utiliza bilhetagem eletrônica.

Os pontos de parada, ou terminais de integração são projetados para facilitar as operações de embarque e desembarque de passageiros, já que não existem degraus que dificultam o acesso ao ônibus — o que contribui com o embarque de pessoas com mobilidade reduzida (BALASSIANO, 2009).

A maioria dos ônibus do sistema têm uma capacidade para 160 pessoas. Eles têm 18 metros de comprimento e 2,60 m de largura e estão equipados com recursos avançados de mecânica: suspensão a ar, transmissão automática, quatro portões de 1,10 metros de largura do lado esquerdo e motores alimentados por tecnologia diesel, que excedem em muito as atuais normas ambientais da Colômbia.

Além desses ônibus, no segundo semestre de 2009 foi adquirida uma frota com maior capacidade (ônibus bi-articulados), cujos veículos podem acomodar 260 pessoas. O comprimento destes novos ônibus é de 27,2 metros, eles têm 2,60 metros de largura e estão equipados com recursos avançados de mecânica: suspensão a ar, caixa de velocidades automática, tem sete portões de 1,10 metros de largura do lado esquerdo e motores de última geração movidos a óleo diesel (TRANSMILENIO S.A., 2010).

Há, também, os ônibus alimentadores e suas linhas, que integram a demanda das diversas regiões da cidade com o sistema troncal do TransMilênio. Os ônibus utilizados para esta operação são de média capacidade. Eles permitem o acesso da população dos bairros ao redor do sistema troncal sem pagar duas vezes o valor da passagem. As áreas residenciais servidas pelos alimentadores são principalmente dos estratos 1, 2 e 3. Ao longo das rotas das linhas alimentadoras, estão localizados pontos de ônibus a cada 400 metros (TRANSMILENIO S.A., 2010).

De acordo com o Artigo 3º do Decreto nº 3109, de 1997, o transporte de massas é entendido como uma combinação organizada de infra-estrutura e equipamentos, em um sistema que transporta uma grande quantidade de passageiros, atendendo a uma parte significativa das suas necessidades de mobilidade urbana (COLÔMBIA, 1997). O TransMilênio foi criado com esta finalidade.

Em dezembro de 1999 foi constituída a sociedade Empresas de Transporte del Tercer Milenio Transmilenio S.A., com capital exclusivamente aportado por entidades estatais. A estrutura do projeto é responsabilidade do governo nacional e a operação, fornecimento da frota e prestação do serviço é responsabilidade das empresas privadas autorizadas pela SDM por meio licitação pública, com contratos de concessão com tempo e objetivos preestabelecidos.

Assim, o sistema TransMilênio fundamenta-se em um novo modelo de operação, baseado em

uma empresa distrital, a TransMilênio S.A., encarregada do planejamento, controle centralizado e construção de infra-estrutura, e uma operação dada em concessão a operadores privados. Estas empresas privadas são proprietárias dos veículos e empregadoras diretas dos motoristas, pagos com salário fixo, independente do número de passageiros transportados.

A construção do TransMilênio iniciou-se em 1998, durante a administração do Prefeito Enrique Peñalosa, e sua inauguração aconteceu em dezembro de 2000, com os corredores da Avenida Caracas até a Avenida de los Comuneros (Calle Sexta) e a Calle 80.

O sistema caracteriza-se por uma estrutura física formada por calçadas, ciclovias, estacionamentos de bicicletas, praças, passarelas, corredores exclusivos para ônibus, e linhas de alimentação, entre outros.

Atualmente o sistema tem 85 km de corredores exclusivos, dos quais 42 quilômetros foram construídos na fase I e 43 quilômetros na fase II. Ao longo destas vias, os ônibus se deslocam a uma velocidade média de 26,7 km/h, quase o dobro da velocidade média alcançada pelos veículos de transporte público nas principais vias da cidade. Hoje, está se desenvolvendo a fase III, com a construção dos corredores exclusivos da Calle 10 e da Avenida 26 (TRANSMILENIO S.A., 2010).

O TransMilênio tem sido reconhecido, inclusive no exterior, como uma nova modalidade de transporte urbano coletivo bem sucedida. Desde 2001 a cidade tem um contrato com a Corporación Andina de Fomento (CAF), que inclui o TransMilênio como projeto credenciado ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). O TransMilênio foi o primeiro projeto de transportes que foi autorizado, em dezembro de 2006, a receber créditos do MDL (BALASSIANO, 2009).

Uma das maiores contribuições do TransMilênio é que, cada vez que um veículo do sistema TransMilênio é registrado, uma quantidade determinada de veículos antigos do sistema de Transporte Público Coletivo (TPC) é tirado das ruas, ou seja, cada ônibus novo que ingressa no sistema TransMilênio deve substituir, por lei, um número de veículos do sistema de TPC a ser sucateado. Os requerimentos de sucateamento estão indicados na Tabela 3.13.

Assim, quando um veículo novo articulado do sistema TransMilênio é registrado, deve-se comprovar o sucateamento de 3,6 ônibus do tipo executivo do sistema de TPC caso estes tivessem permissão para circular pela Avenida Caracas, Av. Medellín ou Av. Paseo de los Libertadores, ou 3,96 ônibus, caso circulassem por outras vias da cidade diferentes das anteriores.

O processo de sucateamento depende diretamente do número de veículos novos vinculados à frota e da entrada em funcionamento de novos corredores. A evolução do processo de sucateamento

Tabela 3.13 - Requerimento de sucateamento de veículos do transporte público coletivo convencional

Nível do veículo de serviço	Veículos a sucatear*	Veículos a sucatear†
Ônibus (executivo)‡	3,6	3,96
Ônibus (normal ou corrente)‡	2,7	2,97
Micro-ônibus	5,3	5,83
Miniônibus	10,7	11,77

Fonte: Bogotá (2000b)

\* Veículos com percurso aprovado pela autoridade competente, permitindo-lhes circular de modo parcial, ou total pela Avenida Caracas, Av. Medellín e Av. Paseo de los Libertadores.

† Veículos com percurso aprovado pela autoridade competente, permitindo-lhes circular de modo parcial, ou total pelas vias públicas da cidade menos pela Avenida Caracas, Av. Medellín e Av. Paseo de los Libertadores.

‡ O ônibus executivo não transporta passageiros em pé. O ônibus normal transporta tanto passageiros sentados quanto em pé.

de veículos de TPC pode ser observada na Figura 3.7.

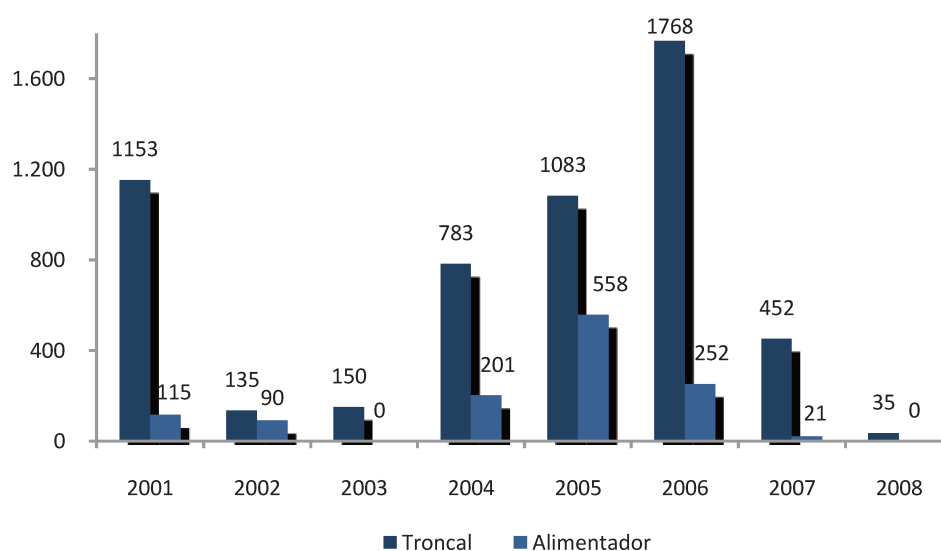


Figura 3.7 - Veículos de transporte público coletivo sucateados no período 2001/2008 devido ao sistema TransMilênio  
Fonte: CCB (2009b).

A redução das emissões totais no ano de 2009 foi de  $79.326 \text{ tCO}_{2eq}$ , valor 74% mais baixo do que o planejado, devido ao número baixo de passageiros transportados pelo sistema. Essa diminuição ocorreu por conta do atraso na implementação da Fase III, que, diferente do planejado, ainda não estava operacional em 2009. O projeto propiciou, também, reduções nas emissões de poluentes locais naquele ano: 25 toneladas de  $SO_2$ , 2.686 toneladas de  $NO_x$  e 349 toneladas de material particulado (GRUTTER et al., 2010).



### 3.2.2 Transporte Individual

#### Táxis, bicicletas e percursos a pé

Os táxis prestam um serviço público que tem sido vital para a mobilidade da cidade. Ao longo dos anos, eles provaram disponibilidade e flexibilidade suficiente para se tornarem bons parceiros na complementação do serviço de transporte público coletivo.

Conforme indicado na Tabela 3.14, a frota quadruplicou de 2001 a 2007, passando de 10.104 veículos para 46.553. Em 2008 existiam 1,3 taxis por cada 200 habitantes. A SDM outorga a permissão de operação dos táxis

Tabela 3.14 - Evolução da frota de táxis em Bogotá

<b>Ano</b>	<b>Frota Táxis</b>
2001	10.104
2002	13.164
2003	19.082
2004	24.757
2005	33.921
2006	40.519
2007	46.553

Fonte: CCB (2008)

Nos registros da SDM constava que, em 2008, cerca de 52.000 táxis circulavam pela cidade, mas informações não oficiais garantem que a cifra poderia estar no patamar dos 70.000 veículos (BOGOTÁ, 2008). De acordo com o Decreto nº 613, de 1993, o ingresso de táxis no parque automotor foi limitado em 36.500 unidades, ou seja, de acordo com as cifras oficiais, cerca de 15.000 veículos ingressaram não obstante a restrição imposta pelo governo (BOGOTÁ, 1993). A prefeitura de Bogotá, por meio do Proyecto de Acuerdo nº 2006 de 2005, ordenou à autoridade de transporte da cidade estabelecer um procedimento para determinar o teto de veículos que deveria circular pela cidade, baseado na relação do número de veículos em circulação e a população existente (BOGOTÁ, 2005)..

Um dos maiores problemas de Bogotá é o excesso de taxis transitando sem passageiros pelas

ruas da cidade. Por esta razão, em dezembro de 1997, mediante o Decreto nº 1253, foram criadas zonas amarelas, com o objetivo de melhorar a eficiência do serviço, racionalizar o uso da infra-estrutura rodoviária, reduzir os custos de operação e proporcionar maior segurança tanto aos motoristas quanto aos passageiros. As zonas amarelas são lugares na via pública onde os táxis podem estacionar enquanto esperam pela demanda do serviço. São poucas as empresas de táxis que obedecem a regulamentação. Na cidade, é comum ver táxis rodando sem passageiros, na procura de possíveis usuários.

Andar de bicicleta na cidade é uma forma de transporte que tem se propagado bastante nos últimos anos. A ciclovia de Bogotá é uma das mais famosas no mundo. Com mais de 340 km de extensão, conecta os habitantes da cidade às principais linhas do TransMilênio, parques e bairros. A construção desta infra-estrutura foi planejada no plano de desenvolvimento chamado “Formar Ciudad”<sup>7</sup>, de 1995-1997, mas só em 1998 o “Plan de Desarrollo por la Bogotá que Queremos” analisou o estado das ciclovias existentes e, a partir dessa análise, foi determinada a inclusão no Plano de Desenvolvimento Econômico e Social e de Obras Públicas (PDESOP). Essa integração ao PDESOP surgiu com a criação do “Plan Maestro de Ciclorutas” (PMC), que implementa uma estratégia orientada para fomentar a mobilidade diária em bicicleta na cidade de Bogotá, para reduzir a trânsito e os engarrafamentos e obter dividendos positivos na área social, econômica e ambiental. Tomando como base o PMC, foi adotado o “Proyecto de Transporte Alternativo – Cicloruta no Plano de Ordenamento Territorial” (POT), como componente do sistema de transporte da cidade (BOGOTÁ, 2000a).

As ciclovias existentes podem ser classificadas de acordo com as suas características funcionais:

- (i) A rede principal, que liga de modo mais direto e imediato os principais pólos de atração de viagens (emprego e educação) com as áreas residenciais mais densas. A rede principal recebe, também, o fluxo de ciclistas da rede secundária;
- ii) A rede secundária, que alimenta a rede principal e liga os centros de moradia ou de importância cidadã à rede principal; e
- (iii) A rede complementar, que distribui os fluxos de ciclistas em setores específicos. Ela inclui a rede ambiental e de lazer, redes locais e a rede do sistema de parques lineares

---

<sup>7</sup>Os planos de desenvolvimento são planos de governo, propostos pelo prefeito eleito, com objetivos e metas, além de estratégias e políticas para alcançar os objetivos e metas durante a administração

(IDU, 2010).

A existência de espaços suficientes para o estacionamento das bicicletas é um fator importante para promover o uso desse meio de transporte. Por lei, deve existir em Bogotá um espaço para bicicletas para cada 10 estacionamentos para veículos (BOGOTÁ, 2004). Na prática esta norma não é cumprida, o que leva à redução do número de pessoas usuárias deste meio de transporte (CCB, 2009a).

A integração da bicicleta com o sistema de transporte público representa claros benefícios para o usuário, além de ser um importante meio para incrementar o número de usuários do sistema de transporte público (CCB, 2009a).

Em 2009 existiam somente 5 estacionamentos para bicicletas no interior do sistema TransMilênio. Na Fase III do TransMilênio serão incluídos três novos estacionamentos (CCB, 2009a).

Junto com a bicicleta, caminhar faz parte do dia a dia de uma porção considerável da população. Na cidade de Bogotá cerca de 1,5 milhões de viagens diárias são feitas a pé, o que representa 15,85% das viagens totais diárias realizadas na cidade (SDM, 2005).

De acordo com a Lei nº 1.083, de 2006, a rede de calçadas e passeios para pedestres deve estar articulada aos diferentes meios de transporte urbano. Os municípios devem garantir zonas sem tráfego veicular, ou seja, exclusivas para pedestres e usuários de bicicleta, assim como criar espaços de baixas emissões, onde somente poderão ingressar pedestres, ciclistas e usuários de outros meios de transporte não poluentes (COLÔMBIA, 2006a).

A recuperação do espaço urbano para os pedestres foi uma das metas de campanha do Ex-prefeito Enrique Peñalosa. Ele defendia um modelo de cidade que privilegiasse as crianças e os espaços públicos e restringisse o uso do carro particular. Algumas das políticas implementadas durante sua gestão o tornaram impopular. Foi o caso quando ele mandou construir os “bolardos” — pequenos pilares de concreto nas bordas das calçadas — ao longo de algumas avenidas, em áreas de tráfego congestionado, com a intenção de impedir o estacionamento de carros na frente de edifícios e lojas (FETRANSPOR, 2009).

Bogotá, nos últimos anos tem investido na melhora de parques, calçadas e passarelas para dar conforto aos pedestres. Por exemplo, o centro histórico da cidade é uma área para pedestres em que se busca melhorar as condições de mobilidade, diminuir os níveis de poluição ambiental e integrar o centro de um modo mais dinâmico ao resto da cidade (IDU, 2010).

Outra das medidas implementadas é a acessibilidade ao meio físico, ou seja, permitir e ga-

rantir autonomia na locomoção de pessoas com algum tipo de deficiência física ou cognitiva. Na cidade foram construídos espaços públicos para permitir o acesso a esse tipo de usuários, como rampas, corrimãos, barras de apoio, passeios subterrâneos, pontos de ônibus acessíveis, etc (IDU, 2010).

## Veículos leves

De acordo com o Ministério de Transporte da Colômbia (Mintransporte), a frota total de veículos de Bogotá em 2009 era de 921.097. A tabela Tabela 3.15 apresenta a evolução da frota de veículos leves em Bogotá.

Tabela 3.15 - Evolução da frota de veículos leves de Bogotá

<b>Ano</b>	<b>Veículos Leves*</b>
2001	308.639
2003	336.622
2005	385.963
2007	453.555
2009	555.481

Fonte: Mintransporte (2010a)

\* Veículos leves = automóveis + camionetas

Na última década a cidade experimentou um aumento considerável na quantidade de veículos privados que circulam diariamente. Como pode ser visto na Tabela 3.15, entre 2001 e 2009 o parque automotor aumentou 79%.

De acordo com a SDM (2005), os automóveis só transportam 18% da população da cidade, mas são os principais responsáveis pelos congestionamentos diários.

### **3.3 Estratégias implementadas nas duas cidades como parte de um planejamento integrado**

#### **3.3.1 Em São Paulo**

##### **O Plano Integrado de Transportes Urbanos**

O Plano Integrado de Transportes Urbanos para 2025, conhecido como PITU 2025, propõe a adoção de políticas públicas conjugadas às políticas de transporte urbano de passageiros e do uso do solo, tendo como base os planos diretores municipais e as legislações de zoneamento. Os programas habitacionais para a população de baixa renda devem ser compatíveis com a política do uso do solo, afim de evitar empreendimentos em áreas periféricas onde a infra-estrutura de transportes é precária. O PITU representa um esforço de planejamento de longo prazo, que define diretrizes a serem seguidas nos próximos anos na RMSP e na cidade de São Paulo, no que se referente a transporte público de passageiros e uso do solo de uma forma integrada.

##### **Restrição veicular: o rodízio**

O rodízio foi concebido para diminuir o tráfego de veículos, melhorando o trânsito e a qualidade do ar nos horários de maior movimento. Ele proíbe a circulação de parte dos automóveis e caminhões nos dias de semana — no período da manhã, das 7 às 10 h, e no período da tarde, das 17 às 20 h. Cada dia da semana são proibidos de rodar, nesses horários, veículos com finais de placa estabelecidos pela medida. Desrespeitar as normas do rodízio implica em infração de nível médio, com multa de R\$ 85,12 e inclusão de quatro pontos na carteira do motorista infrator (CET, 2010).

O rodízio é uma das várias iniciativas que tentam corrigir o problema do congestionamento no trânsito nas horas de maior volume de veículos. No começo, a medida mostrou resultados surpreendentes e o número de veículos em circulação diminuiu de uma forma significativa. No entanto,

nos últimos anos, a medida não tem funcionado como no início e o congestionamento é evidente nos horários de maior demanda de viagens. Foi como se o rodízio tivesse aberto um novo espaço para a entrada de novos veículos na frota, já que muitos usuários de veículos privados optaram pela aquisição de mais um veículo individual, ou de uma moto para contornar o impasse do rodízio.

## **O Expresso Tiradentes**

O Expresso Tiradentes, idealizado em 1995, nasceu com o nome de Fura-Fila. Seu traçado original foi definido para facilitar o acesso da carente e populosa região leste de São Paulo ao centro da cidade. O serviço ligaria a Cidade Tiradentes, bairro do extremo Leste, ao Parque Dom Pedro II, no centro da cidade. Além de oferecer um veículo de alta capacidade, o sistema seria moderno, de canaletas com direcionamento do ônibus, e ecologicamente correto, pois os carros seriam trólebus biarticulados.

Múltiplos inconvenientes, causados pelo mau uso do dinheiro público, interromperam a finalização das obras por quase 10 anos. Elas só foram retomadas em 2005, quando o corredor teve o projeto remodelado pela Secretaria Municipal de Transportes. Naquele ano o projeto foi rebatizado com seu nome atual. No corredor, não há mais um veículo sobre trilhos, como previa o projeto original. Ele é um ônibus comum, movido a óleo diesel ou gás natural (PMSP, 2010a).

## **Políticas visando uma melhor integração do espaço urbano e transporte**

O Plano Diretor Estratégico (PDE) busca a densificação das áreas urbanas dentro da cidade, alicerçado em instrumentos legais como o Estatuto das Cidades, para permitir o aumento do uso do transporte público e das viagens feitas a pé. Desta forma, as operações urbanas, amparadas sob o PDE, são um modo de concretizar o processo de adensamento, com a intenção de criar equilíbrio entre as áreas residenciais e as áreas geradoras de empregos.

As operações urbanas acima referidas (<http://www.prefeitura.sp.gov.br>, acessado em

08/08/2010) visam promover melhorias em regiões pré-determinadas da cidade, através de parcerias entre o Poder Público e a iniciativa privada.

Dentre estas iniciativas encontra-se a Operação Urbana Consorciada Água Espraiada, que têm como principal objetivo a revitalização desta região com a criação de espaços públicos de lazer e esportes. A primeira fase do Complexo Viário Real Parque, que foi aberta aos veículos em 24 de março de 2006, consistiu na entrega de dois viadutos de acesso no sentido Castelo Branco/Interlagos e Avenida Morumbi, sentido Bairro/Centro. Os motoristas podem, através da Ponte do Morumbi, acessar a nova ligação com a Avenida Jornalista Roberto Marinho, sentido Jabaquara. Esta primeira fase proporciona sensíveis melhorias no desempenho do trânsito da Avenida Engenheiro Luis Carlos Berrini, Avenida Dr. Chucri Zaidan e Largo Los Andes, além de oferecer novas alternativas de acesso da Marginal Pinheiros com a Avenida Jornalista Roberto Marinho (PMSP, 2010a).

A Operação Urbana Centro abrange as áreas chamadas de Centro Velho e Centro Novo, e parte de bairros históricos como Glicério, Brás, Bexiga, Vila Buarque e Santa Ifigênia e foi criada para promover a recuperação da área central de cidade, tornando-a novamente atraente para investimentos imobiliários, comerciais, turísticos e culturais (PMSP, 2010a).

A Operação Urbana Água Branca envolve uma região de baixa densidade populacional que, por estar inserida na várzea natural do Rio Tietê, é de fácil acesso e tem boa infra-estrutura de transportes, privilegiada pelas proximidades das rodovias Castelo Branco, Anhangüera, Bandeirantes e do terminal metrô-rodoviário da Barra Funda. Esta operação busca promover um crescimento urbano ordenado, utilizando novos padrões de ocupação do solo e incentivando o uso dos espaços vazios para a criação de um pólo de serviços na Zona Oeste da cidade, equipado com novos espaços públicos e semi-públicos de estar, lazer e de circulação para pedestres.

No extremo leste da cidade, que possui uma baixa oferta de postos de trabalho e alta densidade populacional, está sendo desenvolvida a Operação Urbana Rio Verde-Jacu, para criar pólos voltados à atração de atividades econômicas para a geração de empregos e de renda para a região. Isso diminuirá os deslocamentos entre o Centro e o extremo Leste, que penalizam tanto a cidade como seus moradores. A extensão da avenida Jacu Pêssego até o Rodoanel Sul coloca essa porção territorial em condições privilegiadas no que diz respeito ao acesso às principais rotas de conexão entre São Paulo, o Porto de Santos, o Aeroporto de Guarulhos e outras cidades e estados. A melhoria da infra-estrutura viária e a adoção de padrões construtivos que promovam maior permeabilidade

do solo, além do aumento das áreas verdes, também fazem parte do escopo do projeto.

A Operação Urbana Consorciada Lapa-Brás representa o agrupamento de três operações urbanas já existentes e previstas pelo Plano Diretor Estratégico: Água Branca, Diagonal Norte e parte da Diagonal Sul. Esse agrupamento criou uma unidade de planejamento no tratamento de questões estruturais que permeiam as citadas operações urbanas, que são: eliminar a dificuldade de mobilidade em virtude da presença da ferrovia (uma barreira física que separa os bairros situados ao sul e ao norte da linha férrea) e estabelecer um plano de drenagem, em razão do posicionamento dos bairros ao longo das várzeas dos Rios Tietê e Tamanduateí.

O foco da Operação Urbana Consorciada Mooca-Vila Carioca contempla áreas industriais em processo de reestruturação ao longo do eixo ferroviário que se estende do Centro até os limites entre São Paulo e a cidade de São Caetano do Sul. Os trilhos também dividiram essa região, que, devido ao processo de ocupação, basicamente industrial (com grandes galpões e lotes), também precisa ser unificado para proporcionar melhores condições urbanísticas de desenvolvimento. Neste caso, a superação da barreira ferroviária é um dos objetivos do projeto, assim como um plano de reocupação equilibrada das áreas subutilizadas.

### **3.3.2 Bogotá**

#### ***Pico y Placa: o rodízio de Bogotá***

O rodízio de Bogotá, denominado Pico y Placa, surgiu em 1998 como resposta ao caótico trânsito da cidade devido à construção da primeira fase do sistema TransMilênio. Este rodízio, que no começo foi instaurado para aliviar o congestionamento gerado pela obra, seguiu vigente depois da finalização do corredor. Inicialmente o Pico y Placa foi implementado no horário de 6:30 às 9:00 h e das 16:00 até 19:30 h, faixas de horário de maior demanda de viagens, para os veículos de uso privado. Em 2001 o Decreto nº 660 criou o rodízio “Pico y Placa ambiental”, com o propósito de facilitar o trânsito em Bogotá e diminuir a poluição ambiental e auditiva, para os veículos de transporte público coletivo e individual de passageiros, na faixa de horário das 5:30 até 21:00 horas



de segunda a sábado. A partir de fevereiro de 2009, os horários da restrição foram ampliados para o dia todo, devido à construção da fase III do TransMilênio. A medida obrigou aos habitantes da cidade utilizarem meios alternativos de transporte, como a bicicleta.

É responsabilidade da autoridade de trânsito e transporte da cidade realizar o controle do rodízio, para garantir o seu cumprimento. A multa para aqueles que não obedecem o rodízio é estabelecida em 15 salários mínimos, além de ocorrer a retenção do veículo.

### **O Sistema Integrado de Transporte Público - SITP**

Um avanço significativo, em termos de planejamento do transporte urbano de passageiros em Bogotá se deu com a criação do Sistema Integrado de Transporte Público (SITP). Muitos dos agentes que compõem o sistema de transporte público na cidade, no entanto, ainda têm receio das mudanças trazidas pelo novo sistema.

O SITP dividirá a cidade em 13 zonas, e cada zona estará a cargo de uma empresa operadora do serviço, que deverá oferecer linhas para todos os setores da zona. A escolha das empresas será por meio de licitação pública (EL ESPECTADOR, 2010).

Além disso, o sistema de pagamento da passagem mudará totalmente. Os usuários do serviço passarão a usar um cartão inteligente, que poderá ser usado em todos os meios de transporte que compõem o sistema, com vantagem econômica para os usuários que precisam fazer transbordo de um meio de transporte para outro (EL ESPECTADOR, 2010).

O SITP contará com pontos estabelecidos de embarque e desembarque de passageiros, monitorados para a segurança dos usuários. Estes poderão acessar informações sobre itinerários, frequência e horário de chegada dos ônibus. Os ônibus serão mais modernos, de boa qualidade e menos poluidores, já que nenhum veículo de transporte público poderá ter mais de doze anos (EL ESPECTADOR, 2010).

## **Novas políticas de transporte e desenvolvimento**

Em 1996, um relatório da Japan International Cooperation Agency (JICA) (JICA, 1996), elaborado por peritos japoneses e aprovado pelo Banco Mundial, identificou as principais estratégias de desenvolvimento para a cidade de Bogotá no setor dos transportes públicos, transporte individual, desenvolvimento institucional e gestão do tráfego. Duas propostas abrangentes foram definidas para ser implementadas no longo prazo na cidade: o metrô e o sistema de ônibus por faixas exclusivas. O documento Conpes 2999, de 1998, reúne os aspectos mais importantes dos estudos realizados para a implementação desses sistemas (DNP, 1998). No entanto, estudos mais recentes concluíram que o metrô não era ainda necessário, e a dificuldade na obtenção de recursos para construí-lo imediatamente era a principal barreira a ser superada. Decidiu-se, então, começar a implementação do sistema TransMilênio.

O documento Conpes 3093, de 2000, estabeleceu um plano para o desenvolvimento do TransMilênio. Foram definidos os custos, o impacto técnico-mecânico, o impacto físico-espacial, o impacto sócio-ambiental e os impactos fiscal e financeiro, a infra-estrutura, os equipamentos, a sustentabilidade e o modo de operação do sistema. Foi determinado, também, que 66% dos recursos necessários para o financiamento do projeto seriam aportados pelo governo colombiano (DNP, 2000).

O Decreto nº 469, que trata da revisão do Plano de Ordenamento Territorial (POT) e que define o Sistema de Mobilidade da cidade, considera, em seu Art. 126, o Metrô como um componente fundamental do sistema de transporte da cidade de Bogotá, junto com o trem e o sistema TransMilênio. Segundo este texto legal, todas os componentes dos diferentes modos de transporte devem organizar-se ao redor do Metrô (BOGOTÁ, 2003c).

Em 19 de julho de 2010 foi expedido o documento Conpes 3677, que descreve a política do governo colombiano para colaborar no desenvolvimento integral da mobilidade na cidade de Bogotá, participando no financiamento de projetos de infra-estrutura de transporte. Como parte importante desta política, é definido o Programa Integral de Mobilidade na Região Capital, assim como se efetuam os primeiros avanços na implementação da proposta do SITP. O documento define políticas de integração do uso do solo e transporte, de integração dos modos coletivos e individuais de transporte, assim como o desestímulo ao uso do veículo individual (DNP, 2010).

### 3.3.3 Características comuns nas duas cidades

Com a crescente urbanização e o rápido crescimento das duas cidades, a procura por transporte nas áreas urbanas tem aumentado ao longo dos anos. Aumentaram, por conseguinte, o número de viagens e a densidade de tráfego, fatos que levaram ao aumento do uso da energia necessária para abastecimento dos veículos. Nas duas cidades o padrão de transporte é caracterizado pelo uso crescente do transporte individual que, somado a fatores como o aumento da renda, investimentos insuficientes para se alcançar um transporte público de qualidade, expansão desordenada do uso do solo e pouco interesse pelos meios não motorizados de transporte, fez com que a frota de veículos leves crescesse rapidamente nos últimos anos. A tendência de crescimento dessa frota é inevitável, levando a maiores congestionamentos, maior consumo de energia e mais contaminação ambiental. Além disso, os veículos leves ainda dependem de derivados do petróleo, o que requer um aumento na eficiência do uso da energia no transporte urbano para se reduzir os níveis de crescentes de poluentes locais e de gases que causam o efeito estufa.

Portanto optou-se, neste trabalho, por uma modelagem econométrica/uso final que permite estimar o consumo futuro de energia no transporte urbano destas cidades e as emissões correspondentes. Por tratar-se de um modelo de projeção mais refinado que os usuais, ele permite analisar o comportamento do consumo de combustíveis após a introdução de uma nova tecnologia veicular, ou um novo combustível. Este tipo de modelagem não só permite estabelecer cenários tendenciais, ou de referência, baseados em análises retrospectivas do setor de transporte urbano nas duas cidades, mas, também possibilita a realização de simulações em cenários alternativos que representem possíveis rupturas futuras em relação aos padrões tecnológicos, macroeconômicos, sociais e políticos hoje estabelecidos. Além disso, por utilizar uma abordagem desagregada, este modelo permite analisar e projetar para o futuro a composição dos estoques dos veículos e dos usos de diferentes combustíveis e tecnologias veiculares.

## **4 PROPOSTA DE MODELOS DE PROJEÇÃO DA DEMANDA DE ENERGIA E DAS EMISSÕES NO TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS NAS CIDADES DE SÃO PAULO E DE BOGOTÁ**

### **4.1 Introdução**

Analisando a relação entre produção e consumo de energia e mitigação das mudanças climáticas, percebe-se que ela precisa ser analisada sob uma perspectiva de longo prazo. A infra-estrutura de produção de energia e muitos equipamentos utilizados em sua conversão levam muito tempo para serem construídos e a sua vida útil muitas vezes é medida em décadas. Novas tecnologias na área de energia levam tempo para desenvolver-se e ainda mais tempo para se tornarem comercialmente viáveis. O impacto do aumento das concentrações de gases que causam o efeito estufa (GEEs) devido às atividades humanas desenvolve-se em períodos de tempo muito longos, enquanto as respostas políticas às ameaças da mudança climática também só podem produzir efeitos muito tempo após serem implementadas. Portanto, as análises que procuram abordar estas questões devem ter uma estrutura que consiga captar as mudanças no longo prazo — isto é, captar as conseqüências referentes aos adventos de novas tecnologias e aumento das concentrações de GEEs, prescrutando o futuro em um horizonte de trinta a cinquenta anos (IEA, 2003).

Infelizmente, análises referentes a períodos de tempo tão longos carregam muitas incertezas. O futuro é desconhecido e não pode ser previsto. Horizontes de tempo menores — por exemplo, 10 anos — permitem fazer prospecções mais coerentes porque a inércia do sistema energia/economia é tão forte que deixa pouco espaço para mudanças, mas, no longo prazo o futuro certamente será muito diferente do presente. A construção de cenários de desenvolvimento possíveis e projeções a elas associadas constituem ferramentas muito úteis para se compreender os fatores que podem afetar a produção, ou o consumo futuro de energia, tais como: avanços tecnológicos, políticas governamentais, novos produtos e mudanças comportamentais dos consumidores de energia (IEA, 2003).

Prever a demanda das diversas formas energéticas é o primeiro passo para se planejar a ex-

pansão da oferta e da infra-estrutura necessária para levar os recursos energéticos disponíveis até o consumidor final, e para se implementar novas políticas e programas de eficiência energética.

A análise dos sistemas de transporte urbano das cidades de São Paulo e Bogotá, realizada no capítulo anterior, forneceu elementos essenciais para este capítulo, que propõe modelos de projeção para a demanda de energia e para as emissões oriundas do transporte urbano de passageiros nas cidades objetos de estudo nesta dissertação.

Uma breve revisão dos diversos tipos de modelos de projeção da demanda de energia e das emissões no setor de transportes é apresentada logo no início do capítulo.

A metodologia utilizada nesta dissertação para a previsão de demanda de energia no setor de transporte urbano de passageiros e para o cálculo das emissões provenientes do uso de transportes constou das seguintes etapas. Inicialmente foram coletados os dados relacionados ao transporte urbano de passageiros nas duas cidades, assim como dados sócio-econômicos relevantes para as projeções. A seguir, foi feito um tratamento dos dados coletados, a fim de construir o ano base para as projeções. Depois, foi realizada a projeção das frotas até o ano 2025, sendo, para isso, utilizadas regressões estatísticas, envolvendo as variáveis que melhor se ajustaram ao modelo proposto. Com as frotas futuras estimadas, foram projetadas a demanda de combustíveis e as emissões até 2025 no cenário tendencial. Em seguida, foram projetadas a demanda de combustíveis e as emissões no cenário alternativo proposto.

## **4.2 Uma breve descrição dos tipos de modelos de projeção da demanda de energia**

Os modelos de previsão da demanda de energia podem ser bastante simples, ou mais elaborados. Nos modelos simples, o uso de certos indicadores fornece um rápido entendimento da evolução do consumo. Entre os indicadores mais utilizados nesta abordagem encontram-se: taxas de crescimento, elasticidades — especialmente a elasticidade-renda, consumo energético específico e intensidade energética; assume-se, em geral, que sua evolução no futuro irá seguir a tendência detectada no passado. Os modelos simples utilizam apenas um indicador e projetam a demanda de energia assumindo mudanças no indicador no horizonte da projeção. Devido à falta de poder explanatório e por estar baseado em suposições arbitrárias, este tipo de modelo não é muito usado em

projeções de longo prazo (BHATTACHARYYA; TIMILSINA, 2009). Não obstante, Grover e Chandra (2006) projetaram a demanda de energia primária e de eletricidade em um período de tempo de 50 anos (2002-2052) na Índia, baseados no indicador intensidade energética do PIB — relação entre o consumo de energia e o PIB — e obtiveram resultados satisfatórios.

A principal limitação deste tipo de modelo é que as forças que determinam a demanda não são levadas em conta e nenhuma tecnologia é considerada de modo específico. Ele é bastante interessante, no entanto, para realizar projeções em cenários “*Business As Usual*” (BAU), já que, nestes, o futuro é visto como uma continuação das tendências do passado (CRAIG et al., 2002).

Os modelos sofisticados usam técnicas mais avançadas. Eles podem ser classificados utilizando diferentes critérios. Por exemplo, uma classificação comum são em modelos ascendentes (*bottom-up*) e modelos descendentes (*top-down*). Estes últimos concentram-se em um nível agregado de análise, fazendo uso de modelos econométricos para representar as relações entre o consumo de energia e indicadores econômicos. Usualmente, eles não levam em conta detalhes tecnológicos envolvidos na produção de energia ou em sua conversão e, como consequência, não podem facilmente incorporar diferentes hipóteses sobre como estas tecnologias e os seus custos poderão evoluir no futuro. Já os modelos do tipo “*bottom-up*” identificam atividades homogêneas desagregadas, ou usos finais de energia e são capazes de detectar mudanças tecnológicas, bem como podem revelar o efeito de políticas de comando e controle, por exemplo visando ganhos de eficiência energética. Por outro lado, uma deficiência comum deste tipo de modelo é que não levam em conta elasticidades-preços, interações econômicas globais e efeitos da renda (BÖHRINGER; RUTHERFORD, 2007; BHATTACHARYYA; TIMILSINA, 2009).

Uma outra classificação é baseada na técnica de modelagem utilizada. Segundo ela, os modelos de projeção da demanda energética podem ser classificados como econométricos, técnico-econômicos e mistos.

A modelagem econométrica é mais adequada para projeções a curto e médio prazos da demanda energética e, em geral, não é adequada para representar rupturas futuras em padrões tecnológicos, ou econômicos consolidados (BAJAY, 2004). Os modelos econométricos estão fundamentados na premissa de que as mudanças no comportamento da variável dependente podem ser explicadas através de mudanças verificadas nas variáveis explanatórias, ou independentes.

A influência das variáveis explanatórias é avaliada estatisticamente. Aumentar o número de variáveis explanatórias pode aumentar o poder explanatório do modelo, mas, também, facilita

a ocorrência de multicolinearidade e dificulta a escolha das variáveis mais relevantes (BHATTACHARYYA; TIMILSINA, 2009).

Os modelos técnico-econômicos, ou de uso-final, — também conhecidos como modelos do tipo *bottom-up* — não precisam de séries históricas, e/ou em seção transversal, de consumos de energia e de suas supostas variáveis explanatórias. Basta ter dados para um ano de referência, o mais próximo possível do presente, e os modelos projetam os parâmetros escolhidos para os momentos desejados no futuro, sem se preocupar com as trajetórias envolvidas. Em geral, estes modelos trabalham com uma estrutura de demanda bastante desagregada, por usos finais da energia e, eventualmente, tipos de equipamentos por uso final (BAJAY, 2004). Eles podem separar os meios urbano e rural e incluir atividades informais. Também conseguem representar a diversidade de processos e tecnologias existentes de conversão e uso da energia. Por não se preocupar com as trajetórias envolvidas, podem simular facilmente mudanças estruturais e desenvolvimentos tecnológicos (BHATTACHARYYA; TIMILSINA, 2009). As suas principais limitações já foram comentadas anteriormente.

Para tentar minimizar as restrições intrínsecas aos modelos puramente econométricos e aos modelos técnico-econômicos foram desenvolvidos os chamados modelos mistos de projeção, que utilizam relações econométricas para estabelecer cenários tendenciais ou de referência e para explicar a evolução de algumas variáveis dos modelos, mas que empregam uma estrutura de projeção a mais desagregada possível (por usos finais e tipos de equipamentos), compatível com a quantidade e qualidade dos dados disponíveis e empregam vários tipos de simulações em cenários alternativos que representam possíveis rupturas futuras em relação aos padrões tecnológicos, macroeconômicos, sociais e políticos hoje estabelecidos (BAJAY, 2004).

### **4.3 A modelagem de projeção mista empregada neste trabalho e as análises estatísticas efetuadas**

O setor de transporte é responsável pelo uso de quantidades significantes de energia na maioria dos países do globo. A demanda de energia no setor de transportes está diretamente relacionada com o modo de transporte (aéreo, hidroviário, rodoviário e metroviário) e, devido à diversidade de

combustíveis utilizados, encontram-se diferentes tipos de análises. A maior parte dos estudos tem focado no modo dominante de transporte — o rodoviário — e nos dois combustíveis dominantes neste setor — a gasolina e o óleo diesel (BHATTACHARYYA; TIMILSINA, 2009).

Vários tipos de metodologias são usados para projetar a demanda de energia neste setor. O tamanho da frota, o seu padrão de uso e a eficiência média dos veículos influenciam fortemente a demanda e os modelos tentam sempre capturar estes elementos nas análises.

Neste trabalho procurou-se, inicialmente, definir um procedimento de modelagem para as frotas e as emissões dos principais veículos rodoviários empregados no transporte urbano de passageiros, destacando-se os ônibus, os automóveis particulares e, em menor grau, os chamados veículos comerciais leves. Estes últimos caracterizam-se por transportar carga e passageiros. Os automóveis e as camionetas foram agrupados em uma só categoria, chamada de “veículos leves”.

O procedimento de projeção proposto tem como horizonte de planejamento o período compreendido entre 2010 e 2025.

As projeções tem como objetivo a determinação de tendências futuras possíveis para a evolução das frotas de veículos, seu uso e as emissões de poluentes correspondentes, sob diferentes hipóteses de evolução dos quadros econômico, social e tecnológico.

Na elaboração dos procedimentos de modelagem optou-se por abordagens de base mista: econométrica/uso final, adaptadas às bases de dados disponíveis.

Uma das maiores restrições das técnicas de projeção puramente econométricas é que estas só extrapolam as tendências observadas no passado. No procedimento de projeção, ao serem empregadas correlações estatísticas entre a evolução de um dado parâmetro e um ou mais indicadores econômicos, fica estabelecido que a relação causa-efeito verificada no passado continuará também a ser observada no futuro (BERNI, 1998).

Modelos de regressão são modelos matemáticos que relacionam o comportamento de uma variável,  $y$ , com outra  $x$ . O modelo de regressão é chamado de simples quando envolve uma relação causal entre duas variáveis. . O modelo de regressão é chamado de simples quando envolve uma relação causal entre duas variáveis. O modelo de regressão é multivariado quando envolve uma relação causal com mais de duas variáveis, isto é, quando o comportamento de  $y$  é explicado por mais de uma variável independente  $x$ .

Uma análise de regressão ajuda a entender como o valor da variável dependente muda quando qualquer uma das variáveis independentes varia.



Análises de regressão linear são amplamente utilizadas na projeção da demanda de bens e serviços, sendo, também, empregadas para entender quais entre todas as possíveis variáveis independentes estão relacionadas com a variável dependente, e tentar compreender a força dessas relações.

A Equação 4.1 representa uma regressão linear múltipla:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n \quad (4.1)$$

onde  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ , são constantes desconhecidas a determinar.

Para que se possa avaliar a qualidade da relação linear ajustada às informações amostrais das variáveis, é preciso realizar testes estatísticos no modelo de regressão.

O coeficiente de correlação  $R^2$  fornece algumas informações sobre a qualidade do ajuste de um modelo. Em uma regressão,  $R^2$  é uma medida estatística que indica quão bem a linha de regressão aproxima-se dos dados reais, na plotagem de um gráfico. O coeficiente de correlação  $R^2$  varia entre zero e um.  $R^2 = 1$  se, e somente se, todos os valores ajustados forem exatamente coincidentes com os valores observados. O coeficiente de correlação múltipla expressa a porcentagem da variação dos valores observados explicada pela regressão. Obviamente, quanto maior for o valor de  $R^2$ , mais preciso é o ajuste obtido entre a variável dependente e as variáveis explanatórias, o que aumenta a chance de utilizar o modelo de regressão de forma mais precisa como modelo de previsão da variável dependente.

O procedimento de ajuste de uma equação de reta correlacionando a variável dependente a uma ou mais variáveis explanatórias é feito de forma que os coeficientes da equação ajustada indiquem um valor médio em torno de uma certa dispersão de pontos. A equação de ajuste estatístico (4.1) tem  $n$  estimadores,  $\beta_0, \beta_1, \dots$  e  $\beta_n$ , com valores médios definidos e uma certa variância amostral. Em termos práticos, quanto maior for o valor estimado do coeficiente em relação à sua variância, mais certeza tem-se da significância do regressor  $X_i$  quanto ao ajuste obtido. Essa verificação está estatisticamente associada a um teste de hipótese referente a aceitar ou refutar a inserção de um certo regressor ao modelo de previsão da variável  $Y$ . O teste estatístico para rejeitar a hipótese nula associada ao coeficiente da regressão baseia-se usualmente na distribuição  $t$  de Student. Neste trabalho, os testes de hipótese relativos aos coeficientes das regressões utilizadas foram feitos dentro de um nível de significância de 90%, o que significa que foram mantidas nas regressões as variáveis explanatórias cuja relação valor médio/variância amostral estava acima do valor correspondente na

tabela de distribuição t de Student, para este nível de significância.

A variância total da variável dependente pode ser decomposta em duas partes, a primeira associada à regressão, chamada “variância explicada”, e uma segunda parcela associada ao erro do ajuste, designada “variância não explicada”. O quociente entre estas duas variâncias define o parâmetro estatístico F, que é uma boa medida da qualidade do ajuste, visto que permite a avaliação da existência de uma relação linear entre a variável dependente da regressão e as variáveis explanatórias. Quanto maior for o parâmetro F, melhor é a qualidade do ajuste em seu conjunto. Da mesma forma que no caso da análise do nível de significância das variáveis explanatórias, adotou-se o limite de significância de 90%, o que significa que só foram aceitas as regressões cujo valor deste parâmetro estava acima do valor correspondente na tabela de distribuição F de Snedecor.

#### **4.4 Metodologia empregada na projeção da demanda de combustíveis**

##### **4.4.1 Gasolina e álcool**

Os métodos usualmente empregados na prospecção da demanda de combustíveis em veículos leves envolvem três passos: (1) determinação do número de veículos; (2) determinação do uso dos veículos, ou seja, a distância média percorrida anualmente por veículo; e (3) determinação da taxa de consumo dos veículos (por exemplo, a quantidade de combustível consumido a cada 100 quilômetros [l/100 km] ou a quilometragem rodada para cada litro de combustível consumido pelo veículo (km/l) (WANG et al., 2006).

A demanda de gasolina e de álcool pela frota de veículos leves das duas cidades analisadas nesta dissertação foi determinada a partir de uma abordagem mista: econométrica/uso-final já utilizada em trabalhos anteriores, por autores como (BUONFIGLIO, 1992; BERNI, 1998), empregando a Equação 4.2.

$$DC = \sum_i (FR_{i,t,c} \times QM_{i,t} \times \frac{1}{CE_i}) \quad (4.2)$$

onde  $DC$  representa o consumo do combustível  $c$  no ano  $t$ ,  $FR$  é o número de veículos do tipo  $i$  em circulação no ano  $t$  empregando o combustível  $c$ ,  $QM$  é a distância média percorrida em quilômetros pelos veículos do tipo  $i$  no ano  $t$ , e  $CE$  é o consumo específico médio da frota em km/l.

#### 4.4.2 Óleo diesel

Berni (1998) indica que projeções do consumo de óleo diesel no transporte coletivo de passageiros em ônibus podem ser obtidas a partir do indicador de atividade pass.km, da ocupação média dos ônibus, em nº de passageiros / veículo, da frota dos ônibus e da quilometragem específica do veículo, em km/l, utilizando a Equação 4.3.

$$DC = \frac{Pass.km}{\frac{n^{\circ} de passageiros}{veículo} \times frota} \times \frac{1}{quilometragem específica} \quad (4.3)$$

Esta equação foi utilizada para se projetar o consumo de óleo diesel das frotas de ônibus no transporte urbano das cidades de São Paulo e Bogotá neste trabalho.

#### 4.5 Metodologia empregada no cálculo das emissões

Os veículos automotores são atualmente a fonte mais poluidora do planeta e, provavelmente, continuarão a sê-los, pelo menos no médio prazo. Como este trabalho tem, entre seus objetivos específicos, fazer uma avaliação dos níveis de poluição causadas pelo transporte urbano nas duas cidades enfocadas, optou-se por um enfoque parcial do problema, ou seja, foram considerados apenas os poluentes primários oriundos do cano de escapamento dos veículos automotores. Cabe salientar que nos veículos automotores existem quatro fontes de poluição: o cano de escapamento, o cárter, o carburador e o tanque de combustível.

Os principais poluentes primários emitidos pelos veículos automotores e que são determina-

dos neste trabalho são o monóxido de carbono ( $CO$ ), os hidrocarbonetos totais ( $HC$ ), os óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ), os óxidos de enxofre ( $SO_x$ ) e materiais particulados ( $MP$ ).

Um outro tipo de emissões é constituído pelos gases que causam o efeito estufa: dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ) e óxido nitroso ( $N_2O$ ). Uma estimativa completa destas emissões deve levar em conta todo o ciclo de vida dos combustíveis. No entanto, essa análise é demasiado abrangente e ultrapassa os objetivos desta dissertação. Desta forma, no que concerne a operação dos veículos, neste trabalho se determina somente as emissões do dióxido de carbono.

Para inventariar as emissões veiculares das porções da frota escolhidas foi elaborado um modelo baseado na metodologia utilizada pela Cetesb que, por sua vez, também foi utilizada pelo MCT (2006) para realizar o Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa por Fontes Móveis.

#### 4.5.1 Emissões de veículos leves

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) desenvolveu uma metodologia que permite identificar e quantificar as emissões dos gases que causam o efeito estufa (GEEs), liberados pelo escapamento dos veículos.

Essa metodologia, do tipo *bottom-up*, estima o total de emissões a partir da multiplicação de fatores de emissão médios para cada ano-modelo de veículo, por fatores de deterioração, pela frota de cada ano-modelo em um determinado ano, e pela quilometragem percorrida pelos veículos. Assim, pode-se estimar as emissões de origem veicular  $E$  de um gás  $p$  ( $CO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$ ,  $THC$ ,  $MP$ ,  $SO_x$ ) em um ano  $t$  através de:

$$E_{p,t} = \sum_{c,i,t} (F_{c,i,t} \times FE_{c,i,p} \times QM_{c,i,t} \times FD_{c,i,p}) \quad (4.4)$$

onde:

$E_{p,t}$  são as emissões de origem veicular de um gás  $p$  em um ano  $t$ ;

$i$  é a parcela da frota fabricada em cada ano;

$c$  é o tipo de combustível empregado (gasolina ou álcool);

$F_{c,i,t}$  é o número de veículos ano-modelo  $i$  em circulação no ano  $t$  utilizando o tipo de combustível  $c$ ;

$QM$  é a distância média percorrida, em quilômetros, pelos veículos ano-modelo  $i$  no ano  $t$ ;

$FE_{c,i,p}$  é o fator médio de emissão dos veículos novos ano-modelo  $i$ , por tipo de combustível  $c$ ; e

$FD_{c,i,p}$  é o fator de deterioração das emissões de um veículo ano-modelo  $i$  no ano  $t$  e gás  $p$ .

#### 4.5.2 Emissões dos ônibus

A emissão total de um determinado GEE,  $p$ , a partir dos ônibus em um ano específico é o resultado da multiplicação do quociente (pass.km/pass) pela frota e pelo fator de emissão correspondente:

$$E_{p,t} = \frac{pass.km}{pass} \times F_{c,i,t} \times FE_{i,p} \quad (4.5)$$

Onde:

$E_{p,t}$  são as emissões de origem veicular de um poluente  $p$  em um ano  $t$ ;

$pass$  é o número de passageiros transportados;

$pass.km$  é o indicador de atividade;

$F_{c,i,t}$  é o número de veículos ano-modelo  $i$  em circulação no ano  $t$ ;

$FE_{i,p}$  é o fator médio de emissão dos veículos novos ano-modelo  $i$

## 4.6 Determinação dos parâmetros para o cálculo da demanda de combustíveis e das emissões

### 4.6.1 Projeção da frota de veículos leves e ônibus

Determinar a frota é o ponto de partida para a prospecção da demanda de um determinado combustível. Para definir a frota de uma cidade é preciso se obter uma série histórica dos veículos licenciados naquela cidade (ARAÚJO, 2008).

Além de uma base de dados anuais sobre a frota, é necessário dispor, também, de séries históricas correspondentes de dados das variáveis explanatórias consideradas na regressão que se pretende utilizar para a projeção da frota (ARAÚJO, 2008). Estas variáveis estão indicadas genericamente como  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\delta$  na equação de regressão (4.6).

A Equação 4.6 expressa a relação da frota com as variáveis que explicarão a sua evolução:

$$FROT = f(\alpha, \beta, \delta) \quad (4.6)$$

A forma linear desta regressão está indicada na equação (4.7):

$$FROT_{i,j} = m_1\alpha_i + m_2\beta_i + \dots + m_n\delta_i + b \quad (4.7)$$

onde:

$FROT_{i,j}$ , é a frota por tipo de combustível no ano  $i$ ; e

$\alpha_i, \beta_i, \dots, \delta_i$  tais como Produto Interno Bruto (PIB), população (POP), valor do Salário Mínimo (SM), preço do combustível (PCO), etc., no ano  $i$ .

## Frotas na cidade de São Paulo

A frota de veículos leves de São Paulo utilizada neste trabalho foi obtida através do Denatran, a partir dos dados de veículos licenciados na cidade. A frota disponibilizada pelo Denatran está dividida por tipo de veículo, sem nenhuma indicação quanto ao tipo de combustível, ou ano modelo.

Neste trabalho foi considerado que a frota de veículos leves da cidade utiliza como combustível a mistura gasolina/álcool (78% de gasolina e 22% de álcool anidro, em média), álcool hidratado e óleo diesel. Não foi considerada a frota de veículos leves a gás natural veicular (GNV), devido principalmente à falta de dados dos veículos licenciados.

Como o consumo varia de acordo com o tipo de combustível usado nos veículos e a base de dados disponível não fornece esta informação, foi necessário assumir algumas hipóteses para a determinação da frota por tipo de combustível utilizado. A segmentação da frota dos veículos leves por tipo de combustível — mistura gasolina/álcool anidro, álcool hidratado, óleo diesel e veículo tipo *flex fuel* — foi feita após a projeção da frota total.

As variáveis explanatórias selecionadas para a regressão da frota total de veículos leves na cidade de São Paulo, *FROVLE*, foram o Produto Interno Bruto gerado na cidade, *PIBSP*, e o preço médio dos combustíveis utilizados pela frota, *PRECT*:

$$FROVLE = \alpha * PIBSP + \beta * PRECT - b \quad (4.8)$$

A Tabela 4.1 apresenta os valores estimados dos coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$ , na regressão (4.8), associados à *PIBSP* e *PRECT*, respectivamente, além das estatísticas  $R^2$ , F, t-Student e Durbin Watson (DW), que medem a qualidade do ajuste estatístico propiciado pela regressão. Os valores t-Student estão entre parênteses abaixo dos valores de  $\alpha$  e  $\beta$ , na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Parâmetros estimados para a equação de regressão da frota de veículos leves na cidade de São Paulo

PIBSP	PRECT	$R^2$	F	DW
4,8 (15,74)	384,4 (4,56)	0,979	235,42	1,64

Fonte: Elaboração Própria

Assim, a equação para a projeção da frota de veículos leves em São Paulo ficou:

$$FROVLE = 4,8 * PIBSP + 384,4 * PRECT - 967342,3 \quad (4.9)$$

No caso da frota de ônibus da cidade, os dados também foram obtidos através do Denatran. A frota considerada para os cálculos é constituída por ônibus e microônibus. Foi mantida a premissa que todos os ônibus utilizam óleo diesel como combustível.

As variáveis explanatórias que melhor se ajustaram estatisticamente à equação de regressão linear múltipla da frota de ônibus de São Paulo, *FRRON*, foram o PIB per capita na cidade, *PIBPC*, e o preço do óleo diesel, *PREDI*:

$$FROON = \alpha * PIBPC + \beta * PREDI - b \quad (4.10)$$

A Tabela 4.4, apresenta os valores estimados dos coeficientes  $\alpha$  e  $\beta$ , na regressão (4.10), associados a *PIBPC* e *PREDI*, respectivamente, e os parâmetros estatísticos que refletem a qualidade do ajuste.

Tabela 4.2 - Parâmetros estimados para a equação de regressão da frota de ônibus na cidade de São Paulo

PIBPC	PREDI	R2	F	DW
1,76	18323	0,94	76	1,07
(2,8)	(5,2)			

Fonte: Elaboração Própria

Dessa forma, foi obtida a Equação 4.11, que foi utilizada para projetar a frota de ônibus da cidade:

$$FROON = 1,76 * PIBPC + 18323 * PREDI - 5975,6 \quad (4.11)$$

### Frotas na cidade de Bogotá

Na Colômbia, dados sobre frotas de veículos são fornecidos pelo Ministério de Transporte. O Ministério agrupa as informações a partir de dados fornecidos pelos órgãos de transporte e trânsito



do País. A base de dados do Ministério corresponde aos veículos registrados ano a ano, de 1900 até 2009. Os dados estão desagregados por tipo de veículo e para cada cidade do País. A frota de veículos leves é constituída totalmente por veículos a gasolina.

Os dados correspondem ao registro inicial de veículos novos, para obter sua placa de identificação. Na Colômbia não existe o sistema de licenciamento dos veículos ano após ano como no Brasil. Portanto, para se estimar o fluxo real de entrada e saída de veículos das frotas da cidade de Bogotá, foi utilizada uma curva de sucateamento. A curva em questão foi a empregada pelo MCT (2006) no Brasil, pelo fato de que na Colômbia não existe um levantamento confiável a este respeito, que possa ser utilizado como referência. Considerou-se, ainda, que as condições de uso dos veículos na Colômbia são similares às observadas no Brasil.

A regressão que apresentou o melhor ajuste estatístico para a frota de veículos leves de Bogotá tem o PIB per capita da cidade como única variável explanatória, conforme indicado na Equação 4.12.

$$FROVLE = \alpha * PIBCB - b \quad (4.12)$$

A Tabela 4.3 apresenta o valor estimado de  $\alpha$ , na equação (4.12), e os parâmetros estatísticos que indicam a qualidade do ajuste.

Tabela 4.3 - Parâmetros estimados para a equação de regressão da frota de veículos leves na cidade de Bogotá

PIBCB	R2	F	DW
5,42E-03 (15,6)	0,97	245	489,97

Fonte: Elaboração Própria

Assim, a Equação 4.12 se transformou na Equação 4.13, que foi utilizada para projetar a frota de veículos leves de Bogotá.

$$FROVLE = 5,42E - 03 * PIBCB - 1,40E + 05 \quad (4.13)$$

A frota de ônibus de Bogotá é constituída por três tipos de veículos: ônibus convencional, micro ônibus e mini ônibus. Na Colômbia existem três instituições que coletam informações a respeito das frotas de ônibus circulantes: o Departamento Administrativo Nacional de Estatísticas — DANE, a Secretaria Distrital de Mobilidade — SDM e o Ministério dos Transportes. Na base de

dados do DANE são encontrados somente os dados do sistema de transporte público de passageiros e os do sistema TransMilênio, a SDM disponibiliza os dados da frota total de ônibus por tipo de veículo — ônibus convencional, micro ônibus, mini ônibus e ônibus articulados, enquanto que o Ministério fornece dados dos ônibus registrados por ano na cidade de Bogotá, por tipo de ônibus — convencional, micro ônibus e mini ônibus.

Confrontando as três bases de dados, foram encontradas algumas diferenças na contagem dos veículos, mas em todas elas verificou-se a tendência de diminuição da frota total de ônibus ao longo do tempo, fato que dificultou o estabelecimento de boas regressões para explicar a evolução da frota.

Portanto, decidiu-se utilizar a série histórica da frota do TransMilênio para determinar a demanda de combustível e as emissões desse sistema. Uma série histórica, relativamente curta, desta frota é disponibilizada pela SDM (2010b). A série conta com dados de 2002 até 2009. O dado de 2010 foi obtido no portal do TransMilênio na Internet TransMilenio S.A. (2010), em 15/10/2010. A frota utiliza óleo diesel como combustível.

O PIB da cidade de Bogotá, *PIBCB*, foi a única variável explanatória que propiciou um bom ajuste estatístico para a evolução da frota de ônibus do TransMilênio, *FROTR*:

$$FROTR = \alpha * PIBCB - b \quad (4.14)$$

A Tabela 4.4 apresenta o valor estimado para  $\alpha$ , na Equação 4.14, e os parâmetros estatísticos que mensuram a qualidade do ajuste.

Tabela 4.4 - Parâmetros estimados para a equação de regressão da frota de ônibus do TransMilênio

PIBCB	R2	F	DW
1,71E-05 (12,08)	0,96	146	2E+10

Fonte: Elaboração Própria

Substituindo os valores estimados na Regressão (4.14), resulta:

$$FROON = 1,71E - 05 * PIBCB - 955,8 \quad (4.15)$$

#### 4.6.2 Quilometragem média percorrida

##### Veículos leves

A quilometragem anual dos veículos leves, que aparece na Equação 4.2 e na Equação 4.4, está diretamente relacionada com a idade do veículo, conforme indicado na Tabela 4.5, com valores estimados por JR e Linke (2002).

Tabela 4.5 - Distância média percorrida anualmente

Idade	Distância Média	
	Percorrida anualmente (km)	
1	22.000	
2	19.000	
3	17.000	
4	15.000	
5	14.000	
6	14.000	
7	14.000	
8	13.000	
9	13.000	
10	13.000	
>11	9.500	

Fonte: JR e Linke (2002).

No que se refere aos combustíveis utilizados, assume-se que a frota *flex-fuel* utiliza álcool na proporção de 60% da quilometragem percorrida. Supõe-se que o preço do etanol não excede 70% do preço da gasolina durante a temporada da safra, isto é, sete meses por ano, ou 60% do ano Rovere et al. (2006).

Para as duas cidades — São Paulo e Bogotá, foram utilizados os valores de quilometragem anual média percorrida pela frota de automóveis, em função da idade, utilizados no trabalho de JR e Linke (2002). Rovere et al. (2006), Wills (2008), Mendes (2004), Araújo (2008) também utilizaram estes valores em seus trabalhos.

## Ônibus

Não há dados históricos sobre a distância média percorrida por ônibus no transporte coletivo de passageiros na cidade de São Paulo. Por conta disto, este indicador foi calculado indiretamente a partir de dados das vendas de óleo diesel para transporte na cidade (ANP, 2010b).

Conforme indicado na Figura 4.1, a distância média percorrida pela frota de ônibus foi calculada a partir do consumo de óleo diesel em atividades de transporte no município, descontando o consumo dos caminhões e veículos leves a diesel. Considerou-se, neste cálculo, que não há variação de desempenho energético das frotas de ônibus e microônibus e caminhões e que os caminhões consomem anualmente 50% do consumo total do óleo diesel destinado ao transporte, os ônibus, 26% e os veículos comerciais leves, 24%.

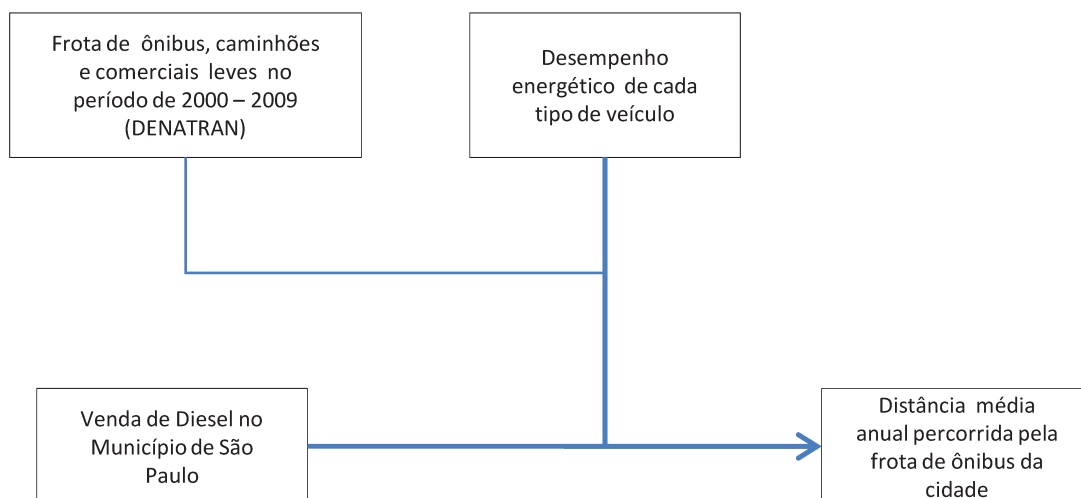


Figura 4.1 - Fluxograma dos dados utilizados e da seqüência do cálculo da quilometragem média anual dos ônibus na cidade de São Paulo

Fonte: Elaboração própria.

Utilizou-se, neste cálculo, uma quilometragem específica média dos veículos pesados (ônibus e caminhões) de 3,0 km/l. Este valor foi obtido em testes realizados pelo Conpet na cidade de São Paulo CONPET (2006).

A Tabela 4.6 apresenta os valores calculados da distância média anual percorrida pelos ônibus urbanos na cidade de São Paulo, seguindo este procedimento.

No caso do TransMilênio, em Bogotá, existem dados históricos sobre a quilometragem média

Tabela 4.6 - Distância média percorrida anualmente pelos ônibus urbanos na cidade de São Paulo

<b>Distância média</b>	
<b>Ano</b>	<b>percorrida anualmente (km)</b>
2000	21.800
2001	21.000
2002	19.500
2003	17.400
2004	17.600
2005	17.800
2006	15.500
2007	17.000
2008	18.200
2009	17.300

Fonte: Elaboração própria baseada em ANP (2010b), Denatran (2010).

anual de sua frota (QM) desde o começo da operação do sistema.

A QM é um componente do indicador de atividade passageiro.kilômetro. A sua evolução futura, no período 2010-2025, é simulada neste trabalho através de uma regressão linear, para os cenários propostos.

### 4.6.3 Passageiros transportados

Não existem dados históricos dos passageiros transportados por toda a frota de ônibus da cidade de São Paulo. Para construir tal série histórica, foi necessários utilizar as informações disponíveis, através da seguinte seqüência de etapas de cálculo:

1. Foram utilizados, como base da metodologia desenvolvida, os dados de produção de viagens diárias, por tipo de ônibus, em dias úteis, das pesquisas origem - destino de 1997, 2002 e 2007 na cidade de São Paulo (SEMPA, 2010).
2. A taxa média anual de crescimento observada entre 1997 e 2002 foi utilizada para se estimar os dados anuais faltantes entre estes dois anos. O mesmo procedimento foi utilizado para o período de 2002 a 2007. Esta última taxa média também foi utilizada para se extrapolar os dados de 2008, 2009 e 2010.

3. A série assim obtida corresponde às viagens diárias feitas em dias úteis no sistema de transporte coletivo de passageiros. Para se estimar as viagens anuais, considerou-se que o ano tem 269 dias úteis.
4. Considerou-se um número médio de 46 passageiros por veículo (CNT, 2002) e (RIBEIRO et al., 2007).
5. Para se obter os passageiros transportados por ano multiplica-se o número médio de passageiros por veículo pelo número de viagens feitas no ano.

O número de passageiros transportados por ano pelos ônibus em São Paulo, de 2000 a 2010, estimado segundo o procedimento de cálculo supra-citado, está indicado na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Passageiros transportados por ano pelos ônibus na cidade de São Paulo

<b>Passageiros transportados</b>	
<b>Ano</b>	<b>por ano (milhões)</b>
2000	64.539
2001	65.097
2002	65.659
2003	68.448
2004	71.355
2005	74.385
2006	77.544
2007	80.837
2008	84.271
2009	87.850
2010	91.580

Fonte: Elaboração própria baseada em SEMPLA (2010).

A série assim obtida dos passageiros transportados por ônibus na cidade de São Paulo foi correlacionada com o PIB per capita na cidade, *PIBPC*, através de uma regressão linear:

$$PASSTRA = \alpha * PIBPC - b \quad (4.16)$$

O valor estimado de  $\alpha$ , na Equação 4.16, e os parâmetros estatísticos que refletem a qualidade do ajuste estão indicados na Tabela 4.8.

Substituindo os parâmetros estimados estatisticamente na Equação 4.16, obtém-se:

$$PASSTRA = 4,6E + 06 * PIBPC - 1,8E + 10 \quad (4.17)$$

Tabela 4.8 - Parâmetros estimados para a regressão dos passageiros transportados por ônibus na cidade de São Paulo

PIBPC	$R^2$	F	DW
4,6E+06 (13,97)	0,95	195,05	1,0

Fonte: Elaboração Própria

No caso do TransMilênio, na cidade de Bogotá, existem dados históricos de passageiros transportados por ano, desde o começo do funcionamento do sistema.

Obtêve-se uma boa regressão linear (Eq.(4.18)) entre o número de passageiros transportados pelo sistema TransMilênio e preço do óleo diesel,  $PREDI$ , e a população de Bogotá,  $POPBO$ , conforme indicado na Tabela 4.9.

$$PASSTRA = \alpha * PREDI + \beta * POPBO - b \quad (4.18)$$

Tabela 4.9 - Parâmetros estimados para a regressão dos passageiros transportados pelo TransMilênio em Bogotá

PREDI	POPBO	R2	F	DW
253,24 (1,83)	59090,83 (1,88)	0,99	3697,55	1,97

Fonte: Elaboração Própria

A Equação 4.18 com seus coeficientes devidamente substituídos transforma-se na Equação 4.19

$$PASSTRA = 253,24 * PREDI + 59090,83 * POPBO - 1,55E + 09 \quad (4.19)$$

#### 4.6.4 O indicador de atividade passageiros.km

O melhor ajuste obtido para uma regressão envolvendo o indicador de atividade passageiros.km em São Paulo foi com as variáveis explanatórias PIB per capita,  $PIBPC$ , e o preço do óleo

diesel, PREDI. A regressão linear encontrada corresponde à Equação 4.20.

$$PASS.KM = \alpha * PIBPC + \beta * PREDI - b \quad (4.20)$$

Os valores estimados para  $\alpha$  e  $\beta$ , na Equação 4.20, e os parâmetros que medem a qualidade do ajuste estatístico da regressão estão indicados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Parâmetros estimados para o indicador de atividade pass.km (Valores t-student entre parêntese)

PIBPC	PREDI	$R^2$	F	DW
9,68E+05 (1,43)	1,76E+10 (4,67)	0,9	44,7	2,0

Fonte: Elaboração Própria

Substituindo os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  na Equação 4.20, obtém-se a Equação 4.21.

$$PASS.KM = 9,68E + 05 * PIBPC + 1,76E + 10 * PREDI + 3,90E + 10 \quad (4.21)$$

Já no caso da cidade de Bogotá, o melhor ajuste do indicador passageiros.km foi obtido com o PIB da cidade, *PIBBO*, através da regressão linear representada pela Eq.(4.22)

$$PASS.KM = \alpha * PIBBO - b \quad (4.22)$$

A estimativa de  $\alpha$ ,  $b$  e os parâmetros representando a qualidade do ajuste se encontram na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Parâmetros estimados para a regressão do indicador de atividade pass.km em Bogotá

PIBBO	$R^2$	F	DW
2,82E+02 (20,57)	0,99	423	1,0

Fonte: Elaboração Própria

A Eq.(4.23) é a Eq.(4.22) após a substituição dos valores estimados de  $\alpha$  e  $b$ .

$$PASS.KM = 2,82E + 02 * PIBBO - 1,55E + 10 \quad (4.23)$$



#### **4.6.5 Percentual de álcool anidro misturado na gasolina C**

A proporção média de álcool anidro presente na gasolina C, em todo o histórico analisado na cidade de São Paulo, foi de 22%.

No caso de Bogotá, esta proporção foi de 10% em 2010.

#### **4.6.6 Quilometragem específica média dos veículos**

##### **Veículos leves**

A Cetesb, no Relatório da Qualidade do Ar para o Estado de São Paulo, apresenta valores de quilometragem específica média de veículos leves novos entre 2002 e 2009. Estes valores, em quilômetros por litro de combustível, estão reproduzidos na Tabela 4.12. Eles correspondem a um ciclo de condução urbana, referente a veículos movidos a álcool carburante ou gasolina C, ou com uma mistura desses com qualquer percentual de um ou de outro.

No presente trabalho foram considerados, para as cidades de São Paulo e Bogotá, os dados observados pela Cetesb de consumo específico da frota no ano 2009 e, a partir desses valores, foram aplicados os aumentos percentuais de eficiência descritos nos cenários para o horizonte de projeção, de 2010 a 2025.

##### **Ônibus**

Em 2006, o Conpet - Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural estabeleceu uma correlação entre opacidade e rendimento energético de motores do ciclo diesel em uso no transporte público de passageiros nas cidades de Rio de Janeiro e São

Tabela 4.12 - Quilometragem específica média de veículos leves novos no Estado de São Paulo, de 2002 a 2009

Ano	Combustível	Quilometragem específica
		(km/L)
2002	Gasolina C	10,9
	Álcool	7,2
2003	Gasolina C	11,2
	Álcool	7,5
	Flex-Gasol.C	10,3
	Flex-Álcool	6,9
2004	Gasolina C	11,4
	Álcool	8,6
	Flex-Gasol.C	10,8
	Flex-Álcool	7,3
2005	Gasolina C	11,3
	Álcool	8,6
	Flex-Gasol.C	11,5
	Flex-Álcool	7,7
2006	Gasolina C	11,3
	Álcool	6,9
	Flex-Gasol.C	11,7
	Flex-Álcool	7,8
2007	Gasolina C	11,3
	Álcool	nd*
	Flex-Gasol.C	11,7
	Flex-Álcool	7,8
2008	Gasolina C	9,74
	Álcool	nd*
	Flex-Gasol.C	11,7
	Flex-Álcool	7,38
2009	Gasolina C	9,5
	Álcool	nd*
	Flex-Gasol.C	12
	Flex-Álcool	8
	Flex-Álcool	9,3

Fonte: CETESB (2010).

\* nd = não disponível.

Paulo (CONPET, 2006).

No caso de São Paulo, os dados obtidos nesta pesquisa variaram entre 2,4 e 3,2 km/l, com um valor médio de 3,0 km/l. Este valor foi adotado nos cálculos deste trabalho referentes à São Paulo.

A quilometragem específica média da frota do sistema TransMilênio, em Bogotá, é acompanhada regularmente, por conta do sistema receber financiamento do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). A quilometragem específica de 1,7 km/l é um valor típico, segundo Grutter et al. (2010), e foi adotada neste trabalho para aquela cidade.

Assim, a partir desses valores — 3,0 km/l para São Paulo e 1,7 km/l para Bogotá — foram aplicados os aumentos percentuais de eficiência descritos nos cenários para o período entre 2010 e 2025.

#### 4.6.7 Fatores de emissão

Cada uma das cidades aqui estudadas têm legislação própria a respeito dos níveis de emissão permitidos, segundo o tipo de veículo.

No caso da cidade de São Paulo, os fatores de emissão adotados para veículos leves novos correspondem aos determinados pelo Proconve, por meio das Resoluções nº 315 de 2002 e 415 de 2009, que estão indicados na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Fatores de emissão para veículos leves novos no Brasil

Categoria	Fase	Data	CO	THC*	HCNM	NOx	HCO	MP
			g/km					
< 1.700 kg	PROCONVE L5	01/01/2009	2,0	0,3	0,05	0,12 <sup>†</sup> /0,25 <sup>‡</sup>	0,02	0,05
	PROCONVE L6	01/01/2013 <sup>§</sup>	1,3	0,3	0,05	0,08	0,02	0,03
>1.700 kg	PROCONVE L5	01/01/2009	2,7	0,5	0,06	0,25 <sup>†</sup> /0,43 <sup>‡</sup>	0,04	0,06
	PROCONVE L6	01/01/2013 <sup>§</sup>	2,0	0,5	0,06	0,25 <sup>†</sup> /0,35 <sup>‡</sup>	0,03	0,04

Fonte: PROCONVE L5 Brasil (2002), PROCONVE L6 Brasil (2009).

\* Unicamente para veículos a gás natural veicular.

<sup>†</sup> Para Motores do ciclo Otto.

<sup>‡</sup> Para Motores do ciclo diesel.

<sup>§</sup> para veículos leves do ciclo Diesel: 100% a partir de janeiro de 2013. Para veículos leves do ciclo Otto: para os novos modelos a partir de 01/01/2014 e a partir de 01/01/2015 para os demais.

A Tabela 4.14 apresenta os valores utilizados nos cálculos das projeções das emissões na cidade de São Paulo. Foi utilizada a média dos valores de cada categoria apresentados na Tabela 4.13.

No caso da cidade de Bogotá, os fatores médios de emissão de veículos leves novos são

Tabela 4.14 - Fatores de emissão médios para veículos leves novos utilizados neste trabalho nos cálculos das emissões na cidade de São Paulo

Vigência	CO	HC	NOx	MP*
	g/km			
2010-2012	2,35	0,4	0,185 <sup>†</sup> /0,34 <sup>‡</sup>	0,055
A partir de 2013	1,65	0,4	0,165 <sup>†</sup> /0,23 <sup>‡</sup>	0,035

Fonte: Elaboração própria adaptado de Brasil (2002) e Brasil (2009).

\* Unicamente para motores do ciclo diesel.

<sup>†</sup> Para Motores do ciclo Otto.

<sup>‡</sup> Para motores do ciclo diesel.

determinados por meio da Resolução nº 910, de 2008 Colômbia (2008). A Tabela 4.15 apresenta os fatores médios de emissão para veículos leves dos ciclos Otto e Diesel utilizados nos cálculos das emissões naquela cidade.

Tabela 4.15 - Fatores de emissão para veículos leves novos na Colômbia

Categoria	Data	CO	HC	NOx	MP
		g/km			
Veículos Leves *	01/01/2010	2,56	0,23	0,41 <sup>†</sup> /0,62 <sup>‡</sup>	0,05

Fonte: Colômbia (2008).

\* Foram agrupados os veículos leves em uma categoria e determinado o valor médio dos fatores

<sup>†</sup> Para Motores do ciclo Otto.

<sup>‡</sup> Para motores do ciclo diesel.

Na cidade de São Paulo, os valores dos fatores de emissão dos ônibus correspondem aos determinados pelo Proconve nas fases P5 (BRASIL, 2002) e P7 (BRASIL, 2008). Não são considerados os da fase P6, devido ao fato de que esta fase não entrou em vigor. Os fatores de emissão utilizados neste trabalho estão indicados na Tabela 4.16.

A Tabela 4.17 apresenta os limites que entraram em vigência na Colômbia (2008) em 01/01/2010 e que foram utilizados, nesta dissertação, nas estimativas das emissões dos ônibus na cidade de Bogotá.

As emissões de  $CO_2$  só são calculadas para a gasolina e o óleo diesel, devido ao álcool guardar uma particularidade muito importante no que tange à emissão deste gás que causa o efeito estufa. A maioria do gás produzido durante o consumo automotivo é reabsorvido pela safra canavieira seguinte, tornando o balanço entre emissão e reabsorção de carbono equilibrado, de acordo com Berni (1998).

Tabela 4.16 - Fatores de emissão para ônibus no Brasil

Categoria	Fase	Data	CO	HC	NOx	MP
			g/km *			
Ônibus	P5	01/01/2006	2,80	0,88	6,67	0,16
	P7	01/01/2012	2,00	0,61	2,67	0,03

Fonte: Elaboração própria baseado em Brasil (2002) e Brasil (2008).

\* Os dados em ambas as resoluções estão em g/kWh. Para converter em g/km, foi utilizada a densidade do óleo diesel ( $840 \text{ kg/m}^3$ ), o inverso do poder calorífico do óleo diesel ( $210 \text{ g diesel/kWh}$ ) e a quilometragem específica média adotada para os ônibus da cidade de São Paulo neste trabalho ( $3 \text{ km/l}$ ).

Tabela 4.17 - Fatores de emissão para ônibus na Colômbia

Categoria	Data	CO	HC	NOx	MP
		g/km*			
Ônibus	01/01/2010	9,4	2,6	16,5	0,40

Fonte: Colômbia (2008).

\* Os dados em ambas as resoluções estão em g/kWh. Para converter em g/km, foi utilizada a densidade do óleo diesel ( $840 \text{ kg/m}^3$ ), o inverso do poder calorífico do óleo diesel ( $210 \text{ g diesel/kWh}$ ) e a quilometragem específica média adotada para os ônibus da cidade de Bogotá neste trabalho ( $1,7 \text{ km/l}$ ).

Os fatores de emissão de  $CO_2$  que foram considerados neste trabalho estão indicados na Tabela 4.18.

Tabela 4.18 - Fatores de emissão de  $CO_2$  para veículos leves e ônibus nas cidades de São Paulo e Bogotá

Tipo	Combustível	São Paulo	Bogotá
		g/km	
Veículos leves	Gasolina	228	235
	Flex Fuel	177	-
	Diesel	285	-
Ônibus *	Diesel	1031	1031

Fonte: Para São Paulo CETESB (2010) e para Bogotá Behrentz (2005).

\* Média estimada dos dados reportados por IPCC (2006) para veículos pesados.

Sobre os fatores de emissão de  $CO$  e  $HC$  para veículos leves novos deve incidir um fator de correção, chamado de fator de deterioração do veículo (FD). Na medida em que os veículos envelhecem, existe um desgaste natural dos seus componentes, o que leva a um aumento nas emissões de  $CO$  e  $HC$ , independente do seu estado de manutenção.

No inventário de emissões feito pelo MCT (2006), os valores utilizados para os fatores de

deterioração foram determinados pela Environmental Protection Agency — EPA, dos EUA, dentro do trabalho Mobile Source Emission Factors, publicado em 1981. O MCT adotou para os veículos nacionais anteriores a 1977 os fatores de deterioração dos modelos pré-68 dos EUA e para os veículos fabricados a partir de 1977, os fatores dos modelos 68/69 norte-americanos. Neste trabalho são considerados os fatores a partir de 1977, que são calculados pela Equação 4.24 e Equação 4.25.

$$FD_{CO} = \frac{78,27 + 2,5.Y}{78,27} \quad (4.24)$$

$$FD_{HC} = \frac{7,25 + 0,18.Y}{7,25} \quad (4.25)$$

onde  $Y$  é definido como sendo:

$$Y = \frac{\text{quilometragem acumulada por veículo ano a ano}}{1,61 * 10000} \quad (4.26)$$

Admite-se que, após percorrer 100.000 km, o veículo tenha estabilizado a degradação nas emissões; o valor correspondente de  $Y$  é 6,21.

O valor final do fator de emissão, FE, em cada ano, é calculado, então, por:

$$FE = FE_{novo} \times FD \quad (4.27)$$

Não foram considerados neste trabalho fatores de deterioração para  $NO_x$  e  $SO_x$ .

As emissões de  $SO_2$  oriundas do álcool combustível são desprezíveis; somente gasolina e óleo Diesel possuem emissões representativas deste poluente.

Segundo Berni (1998), o fator de emissão de  $SO_x$  para veículos a gasolina e óleo diesel pode ser calculado através da Equação 4.28.

$$FE(SO_x) = \frac{PM(SO_2) * M * P}{PM(S) * 100 * CE} \quad (4.28)$$

onde  $PM(SO_2)$  é o peso molecular do  $SO_2$  em gramas,  $PM(S)$  é o peso molecular do  $S$  em gramas,  $M$  é a massa específica do combustível em (g/l),  $P$  é a porcentagem em peso do  $S$  no combustível e  $CE$  é o consumo específico, em km/l.

Assim, para a gasolina a Equação 4.28 transforma-se em:

$$FEG(SO_x) = 1,208 \times \frac{1}{CE} \quad (4.29)$$

e para o óleo diesel em:

$$FED(SO_x) = 11,97 \times \frac{1}{CE} \quad (4.30)$$

## **5 DEMANDA DE COMBUSTÍVEIS NO TRANSPORTE URBANO NAS CIDADES DE SÃO PAULO E BOGOTÁ E AS EMISSÕES ASSOCIADAS**

### **5.1 Construção dos cenários**

A técnica de cenários foi empregada no procedimento de projeção das frotas, quilometragens, passageiros.kilômetros e passageiros transportados, a partir das equações apresentadas no capítulo 4.

Os cenários são importantes para se avaliar o impacto da introdução de novas tecnologias, ou de mudanças no padrão de consumo de combustíveis, como resultado, por exemplo, de políticas públicas voltadas para a obtenção de ganhos de eficiência energética. Eles alicerçam o processo de planejamento, possibilitando analisar tendências de diminuição de consumo de combustíveis e de emissões, a construção de estruturas mais adequadas para o transporte, o aumento da mobilidade de pessoas e mercadorias, a diminuição das perdas de tempo e dinheiro causadas pelos engarrafamentos, ou um uso mais eficaz do solo, entre outras medidas. A construção de cenários é uma parte importante em qualquer processo de planejamento, porque permite prospectar o comportamento dos parâmetros que se está analisando e modelando, em determinadas condições no futuro.

Atribui-se, nos cenários, taxas de crescimento às variáveis explanatórias ou quantitativas das equações de regressão, bem como valores a eventuais fatores de correção que permitem ajustes das projeções obtidas. Essas variáveis, de tipo qualitativo, caracterizam alterações comportamentais, ou estruturais nas projeções, indicando a ação de fatores que não podem ser analisados diretamente nas regressões, devido à natureza dos modelos elaborados.

Os dois cenários que foram construídos nesta dissertação para dar suporte às projeções da demanda de combustíveis no transporte urbano são apresentados a seguir:

- O cenário de referência (CRE), ou cenário base reflete as tendências detectadas no mercado e na economia. Não são consideradas, neste cenário, mudanças significativas, além daquelas já consolidadas nos principais determinantes da demanda dos combustíveis usados no transporte urbano (frota, composição da frota, eficiência energética,



quilometragem média, competição existente entre os combustíveis, etc.).

- No cenário de conservação de energia (CMC) são contempladas melhorias significativas no transporte urbano e na sua eficiência energética, em relação às tendências históricas observadas. Assim, o crescimento econômico e medidas para a redução do consumo de combustíveis são o principal alvo deste cenário. Este cenário visa delinear novas políticas públicas no que se refere ao aumento da eficiência energética dos veículos e da qualidade dos combustíveis, assim como medidas para incrementar o uso do transporte coletivo. A redução da demanda de combustíveis e dos níveis de emissão é avaliada com relação ao cenário de referência.

A seguir, são apresentadas as variáveis quantitativas e qualitativas que foram analisadas, no contexto destes dois cenários.

### **5.1.1 Produto Interno Bruto**

O Produto Interno Bruto (PIB) é o parâmetro normalmente utilizado como indicador geral do nível de atividade econômica de um país, estado ou município.

O PIB do Estado de São Paulo foi o escolhido como uma das variáveis explanatórias do modelo, no caso da cidade de São Paulo, por propiciar ajustes melhores para as regressões. A série histórica disponibilizada pela Fundação SEADE foi a base de dados utilizada neste trabalho. Os dados correspondem ao período de 1999 até 2008. A taxa média de crescimento anual no período de 1998 a 2008 — 2,2% — foi utilizada para estimar os valores de 2009 e 2010.

Em relação ao PIB da cidade de Bogotá, foram utilizados os dados publicados pelo Departamento Nacional de Estatística (DANE). A série histórica corresponde ao período de 2000 a 2008. Os dados de 2009 e 2010 foram obtidos utilizando uma taxa de crescimento anual de 5%, que corresponde à taxa média de crescimento verificada no período de 2000 a 2008.

A evolução média do PIB brasileiro no período de 1997 até 2007 foi de 2,8% ao ano (MME & EPE, 2008). Essa taxa foi o valor considerado para o crescimento do PIB paulista no cenário de referência, no horizonte de projeção de 2011 a 2025. No caso colombiano, a taxa média de evolução do PIB do país foi de 4,8% ao ano no período de 2000 a 2007 (DANE, 2010). Considerou-se que a

economia da cidade de Bogotá crescerá a este mesmo valor — 4,8% ao ano — ao longo do período de projeção, no cenário de referência.

No cenário de conservação de energia foram definidas tendências de evolução escalonada do PIB para as duas cidades. No caso da cidade de São Paulo, assume-se que o PIB crescerá gradativamente até atingir, em 2014, uma taxa de crescimento de 5,1%, e, a partir deste ano, essa taxa permanecerá constante. A taxa de 5,1% corresponde ao cenário nacional “Na crista da onda”, associado à visão global denominada “Mundo Uno”, no Plano Nacional de Energia 2030. Neste cenário o País potencializa suas forças e remove os principais obstáculos ao crescimento, aproveitando o contexto externo bastante favorável (MME & EPE, 2007).

De acordo com o Plan Visión Colombia 2019, para assegurar um processo econômico com crescimento contínuo e duradouro no longo prazo, que forneça altos níveis de bem-estar para todos os cidadãos, a economia nacional deverá crescer em 5% no período de 2010 a 2014 e, a partir dali, o crescimento será de 6% ao ano (MME, 2007). Assim, no cenário de conservação de energia, assumiu-se uma taxa média de crescimento para o PIB da cidade de Bogotá de 5% ao ano para o período de 2011 a 2014. A partir de 2014, formulou-se a hipótese de que a tendência de evolução do PIB municipal ocorra de forma escalonada até que se atinja, em 2025, uma taxa de crescimento de 6% ao ano.

As expectativas com relação ao comportamento futuro de crescimento da economia nas duas cidades são apresentadas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Premissas de evolução do PIB nas cidades de São Paulo e Bogotá nos cenários CRE e CMC

	CRE	CMC	
	2010 - 2025	2010 - 2014	2014 - 2025
Cidade de São Paulo	2,8%	Evolui até atingir 5,1%	5,1%
Cidade de Bogotá	4,8%	5,0%	Evolui até atingir 6,0%

Fonte: Elaboração própria com base em SEADE (2010), DANE (2010), MME (2007) e MME & EPE (2007).

### 5.1.2 População

No Brasil, os resultados preliminares do censo 2010 estão apontando para uma diminuição na expansão demográfica, comparativamente àquela verificada na década de noventa. Entre 1990 e 2000 se teve uma taxa média de expansão da população de 1,63% ao ano, e entre 2001 a 2010 a taxa diminuiu para 1,17% ao ano. No que se refere à cidade de São Paulo, a expansão da população aconteceu a um ritmo de 0,85% e 0,76%, respectivamente, nos mesmos períodos (IBGE, 2010b; IBGE, 2010a).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil terá, em 2025, um total de 212,4 milhões de habitantes, e apresentará um crescimento médio anual de 0,72% no período de 2010 a 2025. Assumiu-se, no cenário de referência, que a população da cidade de São Paulo crescerá a uma taxa anual de 0,76%, seguindo a tendência verificada na última década. Assume-se, no cenário de conservação de energia, que até 2015 não haverá nenhuma mudança na taxa de crescimento da população e que, a partir daquele ano, esta taxa apresentará uma diminuição escalonada até atingir, em 2025, o valor projetado pelo IBGE para o País — 0,72%.

Os dados populacionais da cidade de São Paulo utilizados nas regressões pertencem à base de dados da Fundação SEADE. A série histórica da população da cidade conta com dados de 1980 até 2010.

A série histórica utilizada no caso da cidade de Bogotá corresponde aos dados disponibilizados pelo DANE. Na Colômbia, durante o período de 1990 a 2000 observou-se uma taxa média de crescimento da população de 1,67% ao ano, enquanto que na década seguinte esta taxa caiu para 1,23% ao ano. A cidade de Bogotá experimentou, nos mesmos períodos, taxas médias anuais de crescimento de 2,45% e 1,4%, respectivamente, ou seja, a cidade cresceu em um ritmo maior do que o país como um todo.

Nas projeções da população do País elaboradas pelo DANE, espera-se que a taxa média de crescimento no período de 2010 a 2020 seja de 1,13% ao ano (DANE, 2010). No cenário de referência, assumiu-se que o crescimento da população seguirá a tendência verificada no passado recente; assim, no período de 2010 a 2025 a população deverá crescer 1,4% ao ano. Já no cenário de conservação de energia, imaginou-se que Bogotá seguirá o ritmo do crescimento anual de 1,4% durante o período de 2010 a 2015 e que, a partir de 2016, este valor apresentará uma diminuição

escalonada até atingir, em 2025, 1,13%, a taxa média de crescimento projetada pelo DANE para a população da Colômbia na atual década.

A Tabela 5.2 apresenta as taxas de crescimento da população das duas cidades, utilizadas nos cálculos para os dois cenários de projeção.

Tabela 5.2 - Taxas de crescimento da população das cidades de São Paulo e Bogotá nos cenários CRE e CMC

	CRE	CMC	
	2010-2025	2010 - 2015	2016 - 2025
Cidade de São Paulo	0,76%	0,76%	Evolui até atingir 0,72%
Cidade de Bogotá	1,40%	1,40%	Evolui até atingir 1,13%

Fonte: Elaboração própria com base em IBGE (2010b), IBGE (2010a), DANE (2010).

### 5.1.3 Melhorias nos transportes graças a um melhor planejamento urbano

Inúmeras propostas visando melhorias nos transportes devido a um melhor planejamento urbano foram feitas nas últimas décadas nas duas cidades, porém poucas delas têm se concretizado. A principal barreira está na aplicação de medidas efetivas que consigam integrar uso do solo e transporte. Nos últimos anos, devido ao crescimento econômico e populacional em ambas as cidades, elevou-se a procura por habitação e transportes, determinando, assim, a necessidade de reordenamento do território e maiores investimentos no transporte urbano.

No cenário de referência, se assume que serão mantidas as atuais tendências em termos de planejamento urbano. Devem ocorrer algumas melhorias nas ofertas de transporte coletivo e habitação, mas não irá acontecer nenhuma mudança profunda que permita integrar uso do solo, transporte, energia e meio ambiente. Nesse sentido, o processo de expansão das cidades continuará aumentando o nível de desagregação das atividades urbanas, dando lugar ao processo de favelamento por um lado, e, por outro, à construção de condomínios de luxo, principalmente nas periferias, longe dos pólos de atração de emprego e estudo.

Neste cenário, a falta de controle do uso do solo irá elevar as distâncias de viagem, que, em uma conjuntura de baixos investimentos e pouca expansão dos sistemas de transporte de massa e pouca preocupação governamental na execução de políticas em busca da intermodalidade com ou-

tros sistemas de transporte, levará a um uso intensivo do veículo individual e à exclusão social dos habitantes de menor poder aquisitivo. Este cenário caracteriza-se pela falta de incentivos econômicos para uso de combustíveis alternativos no setor de transporte, como gás natural, eletricidade e novos combustíveis como, por exemplo, o hidrogênio. A tendência observada na expansão da oferta do transporte coletivo será a mesma que a observada nos últimos anos. Medidas de cunho ambiental que visem, por exemplo, melhorias no consumo específico dos veículos leves e na qualidade dos combustíveis, ocorrerão pela atuação de forças do mercado e não pela existência de políticas governamentais que as incentivem.

No cenário de conservação de energia se assume que serão adotadas medidas mais vigorosas para a solução dos problemas ambientais e de trânsito, totalmente integradas ao planejamento urbano. Em uma conjuntura de maior crescimento econômico, pressupõe-se orçamentos maiores para investimentos em infra-estrutura de transporte e habitação. O planejamento adequado do uso do solo aliviará o trânsito, trazendo reflexos significativos em relação à velocidade média e quilometragem específica dos veículos e, conseqüentemente, para o meio ambiente.

O principal foco deste cenário está na promoção do transporte coletivo, uma vez que isto pode reduzir as emissões, os congestionamentos e a demanda por combustíveis. A promoção do transporte coletivo, neste cenário, complementa-se com políticas para restringir o uso do veículo individual. Essas restrições ao uso do veículo individual se desenvolveriam mediante a implantação de pedágio urbano, impostos sobre os combustíveis, controle do uso do espaço para a construção de estacionamentos, entre outras possíveis medidas.

Em Londres, por exemplo, o “*London Congestion Charging*” é um esquema de pedágio urbano que visa reduzir o tráfego nas áreas centrais da cidade, durante a semana, como modo de reduzir os congestionamentos tanto dentro da área de restrição quanto nas áreas que circundam a aérea central, e aumentar as receitas para financiar melhorias no transporte público coletivo (LITMAN, 2006). Esta medida conseguiu reduzir os congestionamentos em 30% e tirar das ruas aproximadamente 22.000 veículos por dia nas primeiras fases da sua implementação (TRANSPORT FOR LONDON, 2006).

No cenário de conservação formulado neste trabalho os tempos de viagem seriam diminuídos tanto por um melhor zoneamento urbano, quanto pelo incremento de corredores exclusivos para o transporte coletivo sobre pneus e trilhos.

### 5.1.4 Preços dos combustíveis

No Brasil, o mercado de venda de álcool combustível é constituído pelas vendas de álcool anidro e hidratado. O álcool anidro é misturado com a gasolina em uma proporção em torno de 22% e o seu consumo está relacionado com o consumo de gasolina. O álcool hidratado é consumido pelos carros movidos à álcool ou pelos automóveis *flex fuel*, que podem usar os dois tipos de combustíveis álcool e/ou gasolina.

Em 2001 foi fixado em 22% o percentual obrigatório de adição de álcool etílico anidro combustível à gasolina em todo o território nacional. O Poder Executivo pode elevar o referido percentual até o limite de 24%, ou reduzi-lo a 20%. Contudo, é admitida a variação de 1,0%, para mais ou para menos, na aferição dos percentuais (BRASIL, 2001).

Goldemberg et al. (2004) apontaram para a competitividade econômica entre o álcool hidratado e a gasolina, já que, no período da safra da cana-de-açúcar, o álcool é vendido por 60 - 70% do preço da gasolina nos postos de combustíveis. Assim, considerando as elevadas taxas de consumo de carros movidos a etanol puro, o consumidor é indiferente entre consumir álcool ou gasolina desde que o preço do álcool hidratado represente no máximo 80,67% em relação ao preço da gasolina. É fato que, quando a diferença de preços é muito baixa, o consumidor prefere utilizar gasolina por causa do ganho de eficiência energética relativo ao uso desse combustível.

A Figura 5.1 ilustra como o preço do álcool hidratado tende a acompanhar o preço da gasolina.

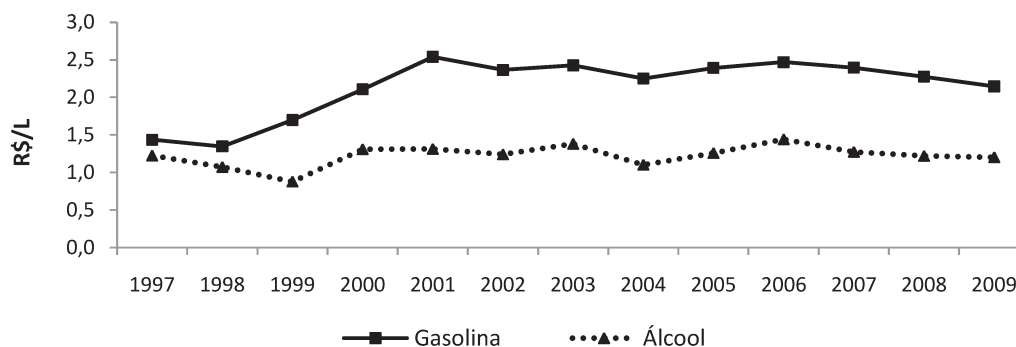


Figura 5.1 - Preço médio da gasolina C e do álcool hidratado no Brasil  
Fonte: Elaboração própria a partir de ANP (2010a)

Portanto, para uso nas regressões, decidiu-se construir um preço único para estes dois combustíveis, em unidades energéticas R\$/tep. Para obtenção desse preço foi determinada a participação da gasolina e do álcool no consumo total dos dois combustíveis. O Balanço Energético do Estado de São Paulo (2009) proporcionou a informação sobre o consumo total por tipo de combustível no setor de transportes do Estado. A série histórica utilizada dos preços dos combustíveis é disponibilizada pela ANP; os dados correspondem ao período de 1997 até 2009. O dado de 2010 foi estimado utilizando a taxa de evolução média dos preços observada no período de 1997 a 2009.

A Empresa Colombiana de Petróleo (ECOPETROL) disponibiliza os valores históricos dos preços dos combustíveis. A série histórica contém dados de 1999 até 2009, em valores correntes. O dado de 2010 foi estimado utilizando a taxa média de crescimento anual dos preços observada na série disponível.

A evolução dos preços do petróleo nas últimas décadas demonstrou quão rápida e drasticamente eles podem mudar. Essas mudanças afetaram diretamente a demanda de combustíveis líquidos e, a percepção da necessidade de desenvolvimento de outros recursos para suprir a falta de energia. Por isso, realizar estimativas da evolução destes preços no longo prazo representa uma tarefa árdua, devido à ampla gama de possibilidades que o futuro pode apresentar. Estudos especializados na matéria, no âmbito internacional, têm projetado o crescimento, ou a queda dos preços dependendo das condições de produção, demanda, relações internacionais, etc., que poderiam afetar tanto o suprimento como os preços do petróleo.

Assumiu-se neste trabalho, como premissa básica, a convergência dos preços internacionais e domésticos do petróleo e de seus derivados. Decidiu-se utilizar as projeções feitas pela Energy Information Administration (EIA), do governo americano, como referência para os preços futuros do petróleo e seus derivados nas cidades de São Paulo e Bogotá. A EIA (2010) elaborou três cenários de projeção dos preços do petróleo: (i) cenário de preço baixo, onde o valor do barril em 2009, de 59 US\$/b, alcançará 51 US\$/b em 2035; (ii) cenário de referência, onde este preço atingirá o patamar de US\$ 133/b em 2035; e (iii) cenário de preços altos, onde o preço chegará a um valor de US\$ 210/b. Em todos estes cenários, os valores mencionados são em dólares constantes de 2009.

Foi assumido, no cenário de referência desta dissertação, que, nas duas cidades, os preços dos combustíveis seguirão o ritmo de crescimento do cenário de referência proposto pela EIA, ou seja, crescimento a uma taxa anual de 5,5% ao ano ao longo do período de projeção. No caso do cenário de conservação de energia, assumiu-se que ambas as cidades acompanharão o cenário de

altos preços da EIA, ou seja, crescimento a uma taxa média anual de 8,8%.

### **5.1.5 Qualidade dos combustíveis**

A qualidade dos combustíveis — gasolina e óleo diesel — ainda não é satisfatória nem no Brasil nem na Colômbia. A qualidade destes combustíveis tem impacto direto no mercado, pois sua produção obrigatoriamente deve atender às exigências legais de qualidade, que visam proporcionar um bom funcionamento aos motores e permitir que a emissão de poluentes seja mantida dentro dos níveis especificados na legislação de cada país.

Desde os anos 1980, a Petrobrás tem realizado investimentos na área de refino, em unidades de dessulfurização, para reduzir o teor de enxofre (S) da gasolina. No momento, a porcentagem média de enxofre na gasolina situa-se em torno de 50 ppm ((ANP, 2009).

Um dos principais problemas de poluição ocasionado pela utilização do óleo diesel é o alto teor de S que este combustível apresenta. Nos países desenvolvidos, os teores de S permitidos no óleo diesel são muito baixos. No Japão, o teor máximo de enxofre no óleo diesel é de 10 ppm, assim como na União Européia e nos Estados Unidos (IFQC, 2011). No Brasil, o óleo diesel comercializado no interior possui 2.000 ppm de S, enquanto que o óleo diesel metropolitano possui, no máximo, 500 ppm de S. Um dos principais objetivos da Resolução ANP nº 315, de 2002, é o de promover a adequação dos combustíveis automotivos comercializados, para que resultem em produtos menos agressivos ao meio ambiente e à saúde pública, e que permitam a adoção de tecnologias automotivas necessárias ao atendimento do exigido pela resolução (BRASIL, 2002). Mas, para que isso seja atendido, o óleo diesel utilizado terá que ter, no máximo, 50 ppm de S (DESPOLUIR, 2008).

Em 2008 o Ministério Público Federal firmou um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) com a Petrobrás. Segundo este TAC, a empresa deveria reduzir, a partir de 1º de janeiro de 2009, o teor de S no óleo diesel produzido por ela, de 2.000 para 1.800 ppm. Só a partir de janeiro de 2014 deverá ocorrer a redução do teor de 1.800 ppm para 500 ppm de S (DESPOLUIR, 2008).

No cenário de referência não se imagina que a situação atual venha a sofrer modificações substanciais ao longo do período de projeção. Neste cenário, os teores de enxofre no óleo diesel e na gasolina devem permanecer como estão hoje.



No cenário de conservação de energia se assumiu que o Brasil conseguirá atingir as metas determinadas no TAC, para o nível de S no óleo diesel. No caso da gasolina, o nível de S permanecerá em 50 ppm. A melhoria preconizada na qualidade do óleo diesel implicará em grandes investimentos no refino, o que se imagina como factível neste cenário.

Na Colômbia, os esforços da Ecopetrol para melhorar substancialmente a qualidade dos combustíveis são recentes. A concentração de enxofre no óleo diesel diminuiu de 5.000 ppm em 1990 para 3.000 ppm em 2001. Para o início da operação do sistema TransMilênio, em Bogotá, foi necessário diminuir o teor de S de 3.000 ppm para 1.200 ppm, já que o sistema requeria óleo diesel de melhor qualidade (ARANGO, 2009). Hoje o óleo diesel distribuído no País tem um teor de enxofre de 500 ppm.

No caso da gasolina, com a adição de álcool em 2003 conseguiu-se abaixar o conteúdo de S de 3.000 ppm para 2.500 ppm.

A Resolução nº 1180, de 2006, estabeleceu que, a partir de 2010, o limite permissível de S na gasolina deveria ser de 300 ppm e, no caso do óleo diesel, de 500 ppm (COLÔMBIA, 2006b).

Tanto no cenário de referência como no de conservação de energia, no caso da cidade de Bogotá, os teores de S na gasolina e no óleo diesel deverão permanecer nos níveis estabelecidos para 2010, fundamentalmente porque novos projetos de construção e ampliação das plantas de refino e dessulfurização ainda estão na fase de planejamento, não devendo estar em funcionamento antes de 2025.

### **5.1.6 Fontes alternativas de energia, passíveis de utilização no transporte urbano das cidades analisadas nesta dissertação**

Independente do cenário de projeção, não se prevê restrições na oferta de petróleo. Os novos descobrimentos na camada de pré-sal no Brasil, e a ampliação da infra-estrutura de produção e refino na Colômbia, permitirão suprir a demanda por combustíveis fósseis em ambas as cidades.

No cenário de referência não se supõe que ocorra a introdução de novas tecnologias na frota de ônibus de ambas as cidades.

Por outro lado, no cenário de conservação de energia, no caso da cidade de São Paulo, o

retorno dos trólebus na frota de ônibus da cidade, como complemento ao serviço de transporte público, estará fortemente atrelado à expansão da rede de corredores exclusivos e um grande interesse em se reduzir os níveis locais de poluição. Neste cenário se busca uma mistura da operação de linhas de trólebus com linhas de ônibus convencionais que seja factível financeiramente e que reduza significativamente os níveis de poluição oriundos dos ônibus. Devido aos altos investimentos e à infra-estrutura necessária para a entrada em operação do sistema, imagina-se que a inserção de trólebus na frota deverá acontecer somente em 2018, em uma proporção de 10% do total da frota de ônibus de serviço público da cidade de São Paulo. Os ônibus com motores Diesel, no entanto, continuarão sendo, no horizonte de projeção, mesmo neste cenário, os principais tipos de veículos utilizados no transporte público na cidade; inovações tecnológicas deverão continuar reduzindo seu consumo específico de combustível e, conseqüentemente, suas emissões.

Há ainda muita incerteza sobre a futura inserção do hidrogênio como combustível no transporte individual nas duas cidades aqui analisadas. Se ela vier a ocorrer, o que dependerá muito de novas políticas ambientais, isto não deverá ocorrer antes de 2018.

O álcool deverá manter o seu espaço na mistura com a gasolina na cidade de São Paulo. Já na cidade de Bogotá deverão ocorrer aumentos na porcentagem de álcool na mistura, de acordo com novas políticas ainda a ser estabelecidas.

A gasolina e o óleo diesel deverão continuar tendo um papel importante no desenvolvimento do transporte urbano nas duas cidades.

### **5.1.7 Partição do mercado de veículos leves entre os motores a álcool, a gasolina, a óleo diesel e os do tipo *flex fuel***

De acordo com a ANFAVEA (2010b), em 2009 as vendas de veículos leves novos com motores do tipo *flex fuel* no mercado interno representaram 88% das vendas totais de veículos leves nesse ano, enquanto que as vendas de veículos com motores a gasolina foram de 7%, as vendas de veículos que consomem óleo diesel foram de 5% do total e não foram vendidos veículos dedicados só ao álcool.

Pressupõe-se, no cenário de referência, a continuidade, entre 2010 e 2025, da situação ob-

servada em 2009 no mercado brasileiro, no que diz respeito à distribuição das vendas de veículos leves novos por tipo de motor/combustível. Estes percentuais das vendas nacionais são aplicados na modelagem da renovação da frota paulistana de veículos leves.

No cenário de conservação de energia se assume que as vendas de veículos com motores *flex fuel* crescem gradativamente até atingir o patamar de 91% do total das vendas de veículos leves no ano 2025, as vendas de veículos a gasolina permanecem estáveis ao longo do período de projeção, em termos percentuais, e as de veículos diesel diminuem até alcançar uma participação de 2% do total das vendas em 2025. Neste cenário se assume uma penetração de veículos com células a combustível (ARAÚJO, 2008) a partir de 2018, com uma porcentagem de 2% do total de veículos leves novos vendidos naquele ano, deslocando uma parcela das vendas dos veículos a gasolina.

Na Colômbia, o Decreto nº 1135, de 2009 (COLÔMBIA, 2009), determinou que, em 2012, 60% dos veículos vendidos deverão utilizar como combustível a mistura E85; essa porcentagem aumenta para 80% em 2014 e 100% em 2016. Acolgen (2010) argumenta que o País não está preparado para assumir a implementação desta medida, por falta de infra-estrutura, assim como de incentivos econômicos. As importadoras de veículos automotores esperam mudanças na medida, para que não se fechem as portas à entrada de novos veículos. Até o fechamento desta dissertação o governo não se pronunciou à respeito desta demanda e, portanto, as porcentagens de entrada de veículos novos consumindo a mistura E85, de acordo com o estipulado pelo Decreto nº 1135, foram mantidas nas projeções deste trabalho, em ambos os cenários para a cidade de Bogotá.

### **5.1.8 Consumo específico de combustíveis e quilometragem específica**

Vários países ao redor do mundo estão atualmente enfrentando duas questões distintas, mas interligadas: como reduzir as emissões dos gases que causam o efeito estufa e como reduzir a dependência de combustíveis derivados do petróleo. Entre as soluções que têm sido adotadas, estão políticas para se diminuir o consumo específico de combustíveis nos veículos leves. Os programas implementados permitem a comparação entre veículos de uma mesma categoria, para estimular uma escolha consciente pelo consumidor. Nos Estados Unidos, através de uma iniciativa do governo, foi desenvolvida uma página na Internet com informações sobre economia de combustíveis,

onde podem ser feitas comparações entre diferentes veículos com respeito à sua eficiência, custos anual de combustível, emissões anuais de  $CO_2$  e de poluentes (FUEL ECONOMY, 2011). A experiência mundial mostra que esses programas, sejam eles implementados de forma voluntária ou compulsória, induzem à fabricação de veículos mais econômicos e com menos emissões, beneficiando os consumidores locais e o meio ambiente. A Tabela 5.3 mostra os diferentes países que tem implementado este tipo de programa de eficiência energética veicular.

Tabela 5.3 - Exemplos de programas de eficiência energética veicular no mundo

País	Ano Início	Implementação	Parâmetro de Comparação	Critério para enquadramento na categoria
Brasil	2008	Voluntária	km / litro	Tamanho
Austrália	1983	Voluntária	litros / 100 km	Tamanho
Canadá	1976	Voluntária	litros / 100 km	Tipo
China	2005	Compulsória	litros / 100 km	Peso
Cingapura	2005	Voluntária	km / litro	Cilindrada
Estados Unidos	1975	Compulsória	milhas / galão	Peso
Japão	1998	Compulsória	km / litro	Peso
União Européia	1998	Voluntária	km/ litro e gramas de $CO_2$ / km	Único

Fonte: CONPET (2010)

Em dezembro de 2006 o Japão revisou suas metas de quilometragem específica e assumiu novas metas, muitas mas exigentes. A nova norma estabelece que a quilometragem específica dos veículos leves naquele país deve aumentar 24%, de 13,6 km/l em 2004 para 16,8 km/l em 2015 (ICCT, 2007).

Padrões mais elevados de eficiência energética foram estabelecidos nos Estados Unidos através da Lei de Segurança e Independência Energética de 2007. Esta lei exige que os veículos leves novos devem atingir uma quilometragem específica de 14,8 km/l em 2020 (U.S. CONGRESS, 2007). A quilometragem específica média dos veículos leves nos Estados Unidos em 2010 foi de 11,5 km/l, ou seja, em dez anos, o consumo específico deverá experimentar um aumento de 28,7% (NHTSA, 2008).

No cenário de referência deste trabalho não se espera nenhuma nova política pública voltada para o aumento da eficiência dos veículos leves e ônibus, seja no Brasil seja na Colômbia. Entretanto, será considerado, de acordo com Wills (2008), um aumento de eficiência energética da ordem de 0,25% ao ano para representar o progresso técnico autônomo, ou seja, melhoras tecnolo-

gicas que ocorrem nos veículos leves novos sem a necessidade de se impor uma medida de controle. Esta hipótese é aplicada ao longo do horizonte de planejamento para as duas cidades estudadas.

A etiquetagem veicular ainda não é obrigatória no Brasil e, na Colômbia, não existe nem etiquetagem voluntária. Apesar disto, no cenário de conservação de energia adotado neste trabalho se assume que, nos dois países, as montadoras e importadores de veículos terão que atender a uma meta obrigatória de quilometragem específica igual à japonesa, 16,8 km/l, só que 10 anos depois, ou seja, em 2025. A taxa média anual de aumento de eficiência calculada segundo estas hipóteses e utilizada neste cenário é de 4,15% ao ano, no período de 2010 a 2025.

No caso do transporte coletivo, não são esperadas mudanças na quilometragem específica dos ônibus. No cenário de referência supõe-se que o consumo de 3,0 km/l no caso de São Paulo e de 1,7 km/l no caso de Bogotá permaneçam inalterados entre 2010 e 2025. Por outro lado, no cenário de conservação se espera que, a partir de 2015, novos avanços tecnológicos aumentem a eficiência dos motores a uma taxa de 5% ao ano.

### **5.1.9 Evolução do número de passageiros por ônibus por viagem**

No cenário de referência, caracterizado por uma evolução mais desfavorável da economia, o número médio de passageiros por ônibus por viagem na cidade de São Paulo deverá ficar constante em um patamar de 46 passageiros. Tal suposto baseia-se no fato de que a situação no futuro tende a piorar para o transporte coletivo neste cenário.

No cenário de conservação de energia, devido ao clima econômico mais favorável e aos investimentos para melhorias no transporte coletivo, esperam-se melhorias na qualidade do serviço de transporte coletivo, refletidas em maior conforto nas viagens realizadas nos ônibus. Estas melhorias devem conduzir a uma diminuição deste indicador. Mas, devido a políticas de desincentivo ao uso do veículo individual, imagina-se que este indicador permaneça no patamar de 46 passageiros por veículo.

No caso da cidade de Bogotá, assume-se que este indicador irá permanecer, nos dois cenários, no patamar de 160 pessoas, que é a capacidade projetada dos ônibus do sistema Transmilênio.

### **5.1.10 Distância média percorrida anualmente**

No cenário de referência, nas duas cidades, admite-se que as tendências verificadas no passado continuarão ao longo do período de projeção. Nenhuma política pública além das já existentes será implementada. Devido ao aumento dos preços dos combustíveis e, também, por conta de uma nova política de restrição ao uso dos veículos individuais e do desenvolvimento de um planejamento urbano devidamente integrado com os transportes, deve ocorrer, no cenário de conservação de energia, uma redução de 5% na distância percorrida anualmente, em ambas as cidades, a partir de 2012. Em termos de transporte coletivo, não se imagina que irão acontecer mudanças na distância percorrida anualmente, em ambos os cenários, para as duas cidades.

### **5.1.11 Fatores de emissão**

#### **Veículos leves a álcool, gasolina e óleo diesel**

No cenário de referência, na cidade de São Paulo, considera-se que, nos anos de 2010 e 2012, permanecem inalterados os valores estabelecidos pelo Programa Proconve, fase L5, que entrou em vigor em 2002 com data de implementação em 2009 (BRASIL, 2002). A partir de 2013 se supõe que entrarão em vigor os valores limites estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) em 2009 para a nova fase, L6, do Proconve (BRASIL, 2009).

No caso da cidade de Bogotá, considera-se, no cenário de referência, que os valores máximos de emissões estabelecidos para entrarem em vigor em 2010 Colômbia (2008) permanecerão constantes durante o período 2010-2025.

No cenário de conservação de energia, em São Paulo, espera-se uma redução de 40%, até 2025, nos fatores de emissão estabelecidos pelo Proconve L6 para 2013.

Neste cenário, na cidade de Bogotá, assume-se que os limites de emissões impostos pela legislação permaneçam inalteráveis até 2015, a partir de quando deve ocorrer uma redução que

atingirá 40% no final do período de projeção.

## **Ônibus a óleo diesel**

No cenário de referência se assume que os fatores de emissão para veículos a óleo diesel — monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e material particulado — na cidade de São Paulo permanecerão inalterados até 2012, a partir de quando se supõe que entrarão em vigor os valores limites estabelecidos pela fase P7 do Proconve (BRASIL, 2002).

Para Bogotá, considera-se neste cenário que, durante todo o período 2010-2025, os valores máximos estabelecidos para entrarem em vigor em 2010 (COLÔMBIA, 2008) permanecerão constantes.

Já no cenário de conservação de energia, são esperadas reduções de 40% nas emissões das duas cidades até 2015: a partir de 2012 em São Paulo e a partir de 2015 em Bogotá.

## **5.2 Projeções para a cidade de São Paulo**

### **5.2.1 Demanda de combustíveis dos veículos leves e suas emissões**

A projeção de veículos leves, a partir da regressão ajustada à tendência verificada no período 1998-2010, mostra uma diferença significativa nos dois cenários adotados neste trabalho.

No cenário de conservação de energia, a frota de veículos leves na cidade de São Paulo chega a 11.806.960 unidades em 2025, correspondendo a 930 veículos leves por mil habitantes, enquanto que no cenário de referência, naquele ano, a frota projetada é de 9.101.577 veículos, fornecendo uma densidade de 717 veículos por mil habitantes.

Tomando-se por base a densidade observada em 2010, 442 veículos leves por mil habitantes, verifica-se-a um aumento sensível deste indicador nos dois cenários. No cenário de referência a

frota de veículos leves cresce a uma taxa média anual de 4,1%, contra um crescimento populacional previsto de 0,76%. Por outro lado, no cenário de conservação de energia amplia-se fortemente a posse de veículos leves na cidade de São Paulo, que cresce a uma taxa média anual de 5,9%, mais do que sete vezes o crescimento da população.

No tocante à evolução da frota de veículos leves com motores *flex fuel*, em ambos os cenários o seu crescimento mostra-se alto. No cenário de referência o crescimento da frota de veículos leves ocorre a uma taxa média anual de 8,9%, enquanto que no cenário de conservação de energia, em face de priorização ambiental, traduzida aqui em uma maior participação de veículos deste tipo no total das vendas internas, esta frota crescerá a uma taxa de quase 11% ao ano.

Como em ambos os cenários se assumiu que nenhum novo veículo com motor dedicado só ao álcool seria adicionado à frota destes veículos a partir de 2010, o tamanho desta frota diminui a uma taxa média de 11,8%.

Em ambos os cenários, os veículos leves com motores a gasolina irão perder espaço para os veículos com motores do tipo *flex fuel*. No cenário de referência sua participação relativa no total da frota de veículos leves cai de 49% em 2010 para 12% em 2025. No cenário de conservação de energia, sua participação em 2025 é menor ainda: 10%.

A participação relativa dos veículos leves com motores Diesel no total da frota destes veículos permanece constante, em 5%, no cenário de referência durante todo o período de projeção, enquanto que esta participação cai para 2,2% em 2025 no cenário de conservação de energia, por conta da forte penetração dos veículos com motores *flex fuel* neste cenário.

A Tabela 5.4 apresenta as projeções das frotas de veículos leves na cidade de São Paulo, por tipo de motor/combustível, nos dois cenários adotados neste trabalho.

O crescimento da frota de veículos *flex fuel* no cenário de conservação de energia adotado neste trabalho apresenta um aumento de 430% em relação ao ano base (2010).

Em 2008, Araújo (2008) projetou a frota de veículos da cidade de São Paulo utilizando o PIB e o índice de motorização como variáveis explanatórias. No cenário denominado “otimista”, adotado por Araújo, a frota de veículos *flex fuel* apresentou um crescimento acelerado, de quase 2.400% até 2025, em relação ao ano base (2005). Este crescimento vertiginoso é explicado pelo fato de que no ano base de 2005 a tecnologia *flex fuel* ainda era nova e as vendas registradas foram baixas no período de 2003 a 2005. Em 2006 as vendas deste tipo de veículos dobraram com respeito às vendas registradas em 2005 e, em 2010, o crescimento das vendas apresentou um crescimento



Tabela 5.4 - Projeções das frotas de veículos leves na cidade de São Paulo nos cenários de referência e de conservação de energia

Combustível	Cenário	Anos			
		2010	2015	2020	2025
Gasolina	CRE	2.412.579	1.653.999	1.243.094	1.079.107
	CMC	2.412.579	1.707.839	1.324.513	1.121.421
Álcool	CRE	256.218	147.374	80.692	36.882
	CMC	256.218	147.374	80.692	36.882
Flex Fuel	CRE	2.079.960	3.903.475	5.694.136	7.536.290
	CMC	2.079.960	4.186.734	6.795.461	9.926.151
Diesel	CRE	223.441	282.827	358.810	449.298
	CMC	223.441	271.514	294.978	254.845

Fonte: Elaboração própria

de, aproximadamente, 5600%, quando comparadas com as vendas de 2005 (ANFAVEA, 2010a).

Nos dois cenários construídos por Araújo (2008), as frotas de veículos a gasolina e de veículos dedicados só ao álcool diminuem ao longo do período de projeção, enquanto que a de veículos com motores *flex fuel* aumenta. A frota total de veículos leves projetada para 2025 é de 6,9 milhões de veículos no cenário “otimista”, dos quais 80% são veículos com motores *flex fuel*, 20% correspondem à parcela dos veículos a gasolina e os restantes 10% são os veículos a álcool. No trabalho de Araújo (2008) não foi considerada a parcela de veículos leves movidos a óleo diesel.

A Tabela 5.5 apresenta as projeções das demandas de gasolina, álcool anidro, álcool hidratado e óleo diesel pela frota de veículos leves da cidade de São Paulo.

Tabela 5.5 - Projeções das demandas de combustíveis na cidade de São Paulo, em  $m^3$ /ano, pela frota de veículos leves

Combustível	Cenário	Anos			
		2.010	2.015	2.020	2.025
Gasolina	CRE	3.408.545	3.226.308	3.472.667	3.962.765
	CMC	3.408.545	2.709.780	2.803.245	2.983.110
Álcool hidratado	CRE	3.349.370	5.096.225	6.619.596	8.236.185
	CMC	3.349.370	4.261.679	5.385.802	6.449.182
Álcool Anidro	CRE	961.384	909.984	979.470	1.117.703
	CMC	961.384	764.297	790.659	841.390
Diesel	CRE	364.746	420.096	454.818	482.673
	CMC	364.746	338.656	308.863	225.217

Fonte: Elaboração própria

Em relação aos resultados apresentados na Tabela 5.5, pode-se observar uma elevação pro-

nunciada da demanda de álcool hidratado nos dois cenários, e uma diminuição da demanda de óleo diesel no cenário de conservação de energia. Estes dois resultados são explicados, em grande parte, pela forte penetração dos veículos com motores *flex fuel*, sobretudo no cenário de conservação de energia. Outras medidas visando o controle das emissões veiculares, neste último cenário, também contribuem para a diminuição do consumo de óleo diesel nos veículos leves da cidade.

No tocante às emissões de poluentes e de  $CO_2$ , de uma forma geral, os resultados obtidos mostram que o problema ambiental tenderá a se agravar na cidade de São Paulo, caso não se configure, dentro do horizonte das projeções, um cenário mais favorável à questão ambiental. A Figura 5.2 mostra, para os dois cenários considerados neste trabalho, a evolução das emissões de  $CO$ ,  $HC$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $MP$ , e  $CO_2$ , ocasionadas pelos veículos leves da cidade.

Pode-se observar, na Figura 5.2, que as emissões de  $SO_x$ ,  $MP$ , e  $CO_2$  são bem menores e aumentam ao longo do período de projeção no cenário de conservação de energia, em comparação com o cenário de referência. As emissões de  $HC$ ,  $NO_x$  também são menores no cenário de conservação de energia, permanecendo estáveis durante período de projeção. Já as emissões de  $CO$  crescem nos primeiros anos e se estabilizam em 2020, apresentando valores semelhantes nos dois cenários. Os principais fatores que ocasionam a redução e/ou estabilização das emissões são a entrada de uma nova tecnologia na frota de veículos leves a partir de 2018, as melhorias nas eficiências dos veículos, assim como o desenvolvimento de políticas integradas de zoneamento e transporte urbano.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que a combinação das medidas existentes com as propostas para a cidade de São Paulo são eficazes na redução das emissões, se forem devidamente implementados e rigorosamente controlados os limites estabelecidos pelo PROCONVE L6.

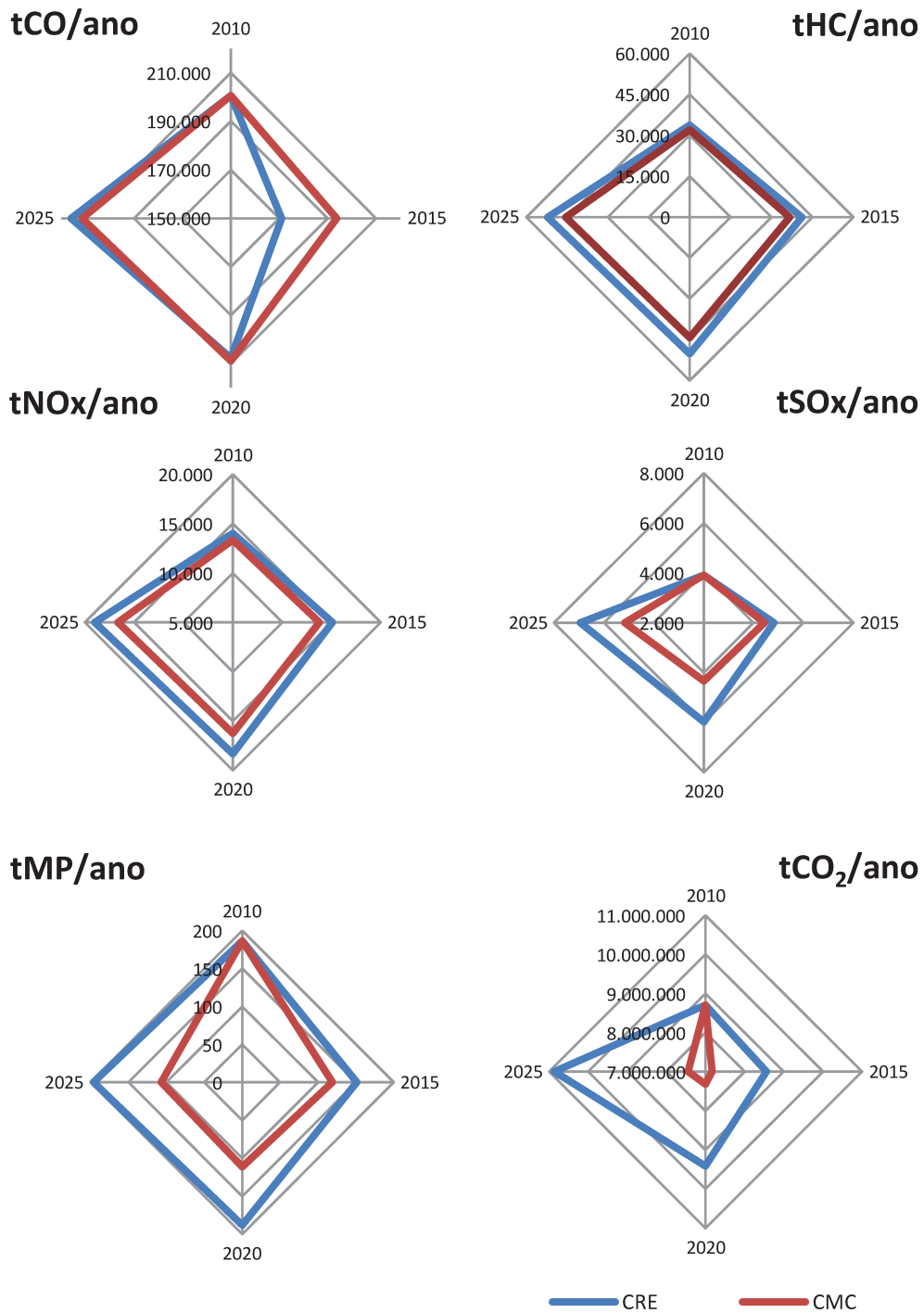


Figura 5.2 - Evolução das emissões de  $CO$ ,  $HC$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $MP$ , e  $CO_2$ , em toneladas/ano, ocasionadas pela frota de veículos leves da cidade de São Paulo, nos dois cenários adotados para as projeções  
 Fonte: Elaboração própria.

## 5.2.2 Demanda de combustíveis dos ônibus e suas emissões

A Tabela 5.6 apresenta as projeções da frota de ônibus da cidade de São Paulo nos dois cenários considerados neste trabalho.

Tabela 5.6 - Frota projetada de ônibus na cidade de São Paulo nos cenários de referência e de conservação de energia

<b>Cenário</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
CRE	71.517	86.727	106.856	132.575
CMC	71.517	90.269	114.619	145.206

Fonte: Elaboração própria

Ao longo do período de projeção cresce a frota de ônibus nos dois cenários, conforme se pode constatar na Tabela 5.6, e melhora o indicador número de habitantes/ônibus.

Este indicador já melhorou na última década. O seu valor caiu de 219 hab/ônibus em 2000 para 149 hab/ônibus em 2010. Nos cenários de referência e de conservação de energia, seu valor em 2025 deve ser menor ainda: 99 hab/ônibus e 91 hab/ônibus, respectivamente.

Por outro lado, analisando as taxas médias de crescimento das frotas, tanto em termos históricos como as decorrentes das projeções efetuadas neste trabalho, pode-se afirmar que sem um planejamento integrado de transportes e uso e ocupação do solo, a situação do transporte coletivo por ônibus tende a deteriorar-se, de uma forma ainda mais acentuada do que aquela verificada na década passada. No período de 1998 a 2010 a frota de ônibus da cidade de São Paulo cresceu 5,6% ao ano, enquanto que no cenário de conservação de energia, o mais favorável neste contexto, obtém-se uma taxa média anual de crescimento da frota de 4,5% no período de 2010 a 2025. No caso do cenário de referência tal taxa é ainda menor: 3,9% ao ano.

O potencial do transporte coletivo sobre pneus na cidade de São paulo é grande. Do total das viagens feitas em transporte coletivo, 74% são feitas em veículos sobre pneus. Do total das viagens feitas utilizando os modos de transporte existentes na cidade, 28% são feitas em ônibus (METRÔ, 2007).

O consumo de combustível cresce com o crescimento da frota de ônibus, conforme indicado na Tabela 5.11. Observe-se, nesta tabela, a significativa elevação da demanda de óleo diesel no cenário de referência e a ligeira diminuição desta demanda no cenário de conservação de energia.

Tabela 5.7 - Demandas projetadas de óleo diesel pela frota de ônibus da cidade de São Paulo, em  $m^3$ /ano, nos cenários de referência e de conservação de energia

<b>Cenário</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
CRE	687.760	759.293	812.061	869.505
CMC	687.760	687.788	655.666	640.741

Fonte: Elaboração própria

No CMC, o ingresso dos Trólebus a partir de 2018, reduz em 2% o indicador de atividade passageiro.kilômetro. A mudança de tecnologia no transporte coletivo levaria ao deslocamento de aproximadamente 3.000 ônibus com motor diesel da frota projetada em 2025.

Os ganhos ambientais podem ser observados na diminuição das emissões. A Figura 5.3 mostra a evolução das emissões de  $CO$ ,  $HC$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $MP$  e  $CO_2$  provocadas pela frota de ônibus de São Paulo, nos dois cenários considerados neste trabalho.

Pode-se observar, nesta figura, que a ampliação da frota de ônibus, necessária para se atender a demanda de passageiros.kilômetros, eleva o volume das emissões (com a exceção de material particulado) ao longo do tempo nos dois cenários. Entretanto, as restrições aos limites de emissões determinadas no Proconve P7 fazem com que as taxas médias anuais de crescimento das emissões ocorram em patamares menores no cenário de conservação de energia.

O impacto, em termos de emissões, da entrada dos trólebus na frota não foi contabilizado. Por tratar-se de um sistema que utiliza a eletricidade como fonte energética e a maior parte desta eletricidade provém de usinas hidrelétricas, ele apresenta baixos níveis de emissões. De acordo com o Índice de Potencial Poluição da Frota, desenvolvido pela Cetesb, que agrega todas as emissões dos diferentes tipos de veículos em São Paulo, os trólebus apresentaram índice zero (ITDP, 2008). As emissões geradas pelo sistema são aquelas oriundas da produção de energia elétrica e seu cálculo foge do escopo desta dissertação.

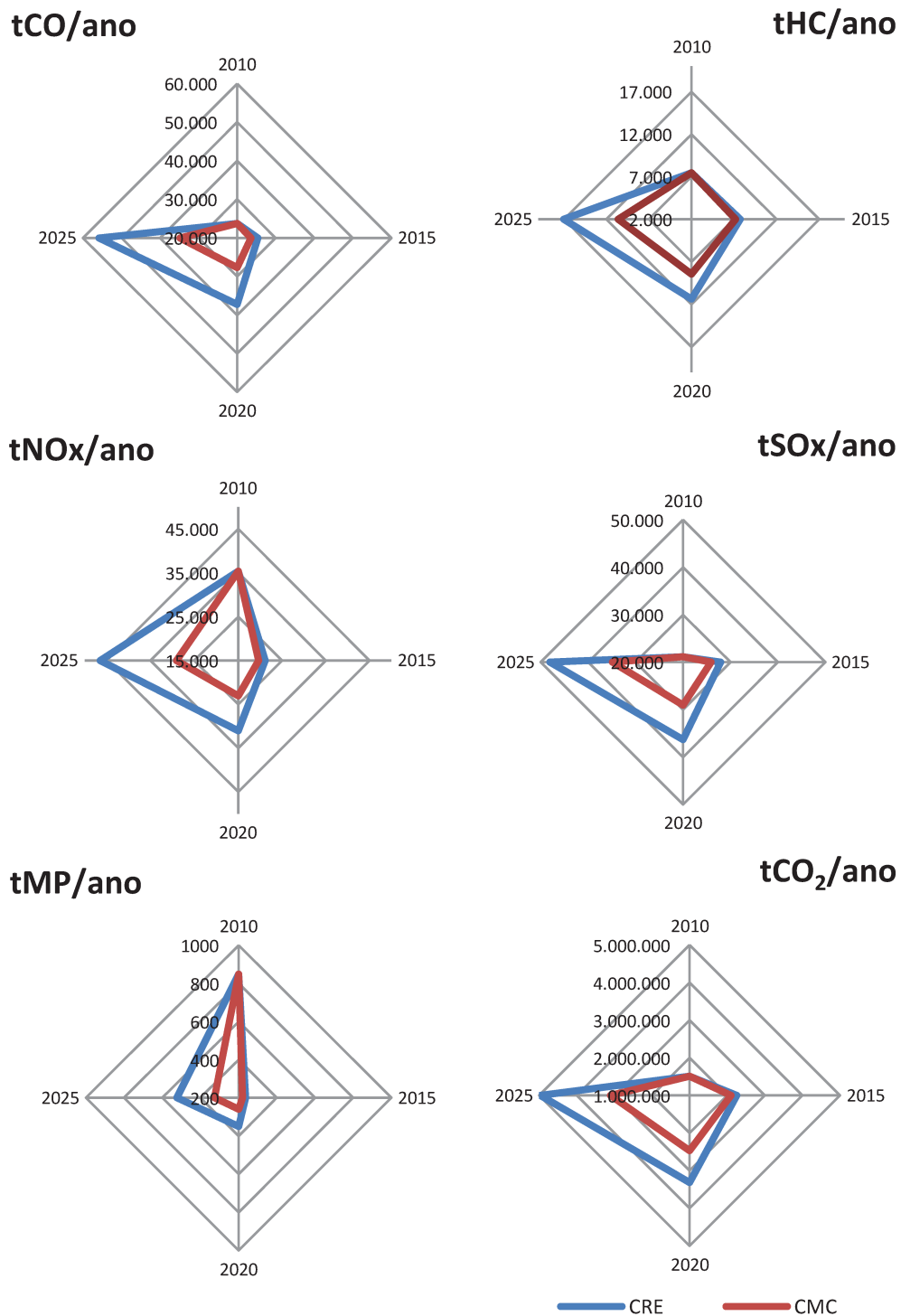


Figura 5.3 - Evolução das emissões de  $CO$ ,  $HC$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $MP$ , e  $CO_2$  em toneladas/ano, ocasionadas pela frota de ônibus na cidade de São Paulo, nos dois cenários adotados para as projeções  
 Fonte: Elaboração própria.

### 5.3 Projeções para a cidade de Bogotá

#### 5.3.1 Demanda de combustíveis dos veículos leves e suas emissões

A projeção da frota de automóveis da cidade de Bogotá, a partir da regressão ajustada aos dados históricos do período 2000-2010, revela um aumento no índice de motorização da cidade.

No cenário de referência, a frota de veículos leves evoluiu de um patamar de 585 mil veículos em 2010 para quase 1,30 milhões em 2025, o que corresponde a uma evolução do índice de motorização de 80 para 143 veículos leves por mil habitantes. O maior crescimento da economia assumido no cenário de conservação de energia faz com que a frota atinja 1,32 milhões de veículos em 2025, ou seja, um índice de motorização de 150 veículos por mil habitantes.

A Tabela 5.8 apresenta a frota projetada de veículos leves em Bogotá, por tipo de combustível, nos dois cenários.

Tabela 5.8 - Projeções da frota de veículos leves na cidade de Bogotá, por tipo de combustível, nos cenários de referência e de conservação de energia

<b>Combustível</b>	<b>Cenário</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
Gasolina	CRE	585.538	549.939	382.511	227.337
	CMC	585.538	556.989	387.131	229.925
E85	CRE	0	206.958	614.480	1.074.046
	CMC	0	209.655	622.218	1.087.124

Fonte: Elaboração própria

No tocante à frota projetada de veículos consumindo a mistura E85, entre 2015 e 2025, em ambos os cenários, as taxas médias de crescimento anual situam-se no patamar de 29% ao ano. A participação de tais veículos no total da frota em 2025 deve ser de 83%, em ambos os cenários, trazendo grandes benefícios ambientais para a cidade.

A Tabela 5.9 mostra as projeções de gasolina e álcool anidro demandados pela frota de veículos leves de Bogotá. Observe-se a forte substituição da gasolina pelo álcool anidro presente na mistura E85.

Tabela 5.9 - Projeções das demanda de gasolina e de álcool anidro, em  $m^3$ /ano, pela frota de veículos leves da cidade de Bogotá, nos cenários de referência e de conservação de energia

Combustível	Cenário	Anos			
		2010	2015	2020	2025
Gasolina	CRE	831.564	738.361	558.039	471.502
	CMC	831.564	607.969	433.017	327.265
Álcool Anidro	CRE	92.396	372.489	718.488	968.245
	CMC	92.396	330.288	643.756	870.534

Fonte: Elaboração própria

A Figura 5.4 mostra que, para os dois cenários considerados, as emissões de  $CO$ ,  $HC$ ,  $NO_x$  e  $SO_x$  aumentam ao longo do horizonte de projeção, ocorrendo o inverso com as emissões de  $CO_2$ . Não foram consideradas as emissões de material particulado, devido ao fato que a participação presente e prevista para o futuro de veículos consumindo óleo diesel, no total da frota de veículos leves, não é significativa.

De acordo com as projeções apresentadas na Figura 5.4, pode-se verificar que todas as emissões calculadas são menores no cenário de conservação de energia.

### 5.3.2 Demanda de combustíveis dos ônibus do TransMilênio e suas emissões

As projeções da frota de ônibus do TransMilênio, apresentadas na Tabela 5.10, mostram, no cenário de referência, um crescimento pequeno — 3,3%, em média, ao ano, todavia continuado, enquanto que, no cenário de conservação de energia, a expansão da frota ocorre a uma taxa bem maior — 8,8% ao ano. Em ambos os casos a frota cresce a uma velocidade maior do que o crescimento populacional esperado entre 2010 e 2025.

Tabela 5.10 - Frota projetada de ônibus do sistema TransMilênio na cidade de Bogotá, nos cenários de referência e de conservação de energia

Cenário	2010	2015	2020	2025
CRE	1.241	1.878	2.637	2.025
CMC	1.241	2.036	3.048	4.402

Fonte: Elaboração própria



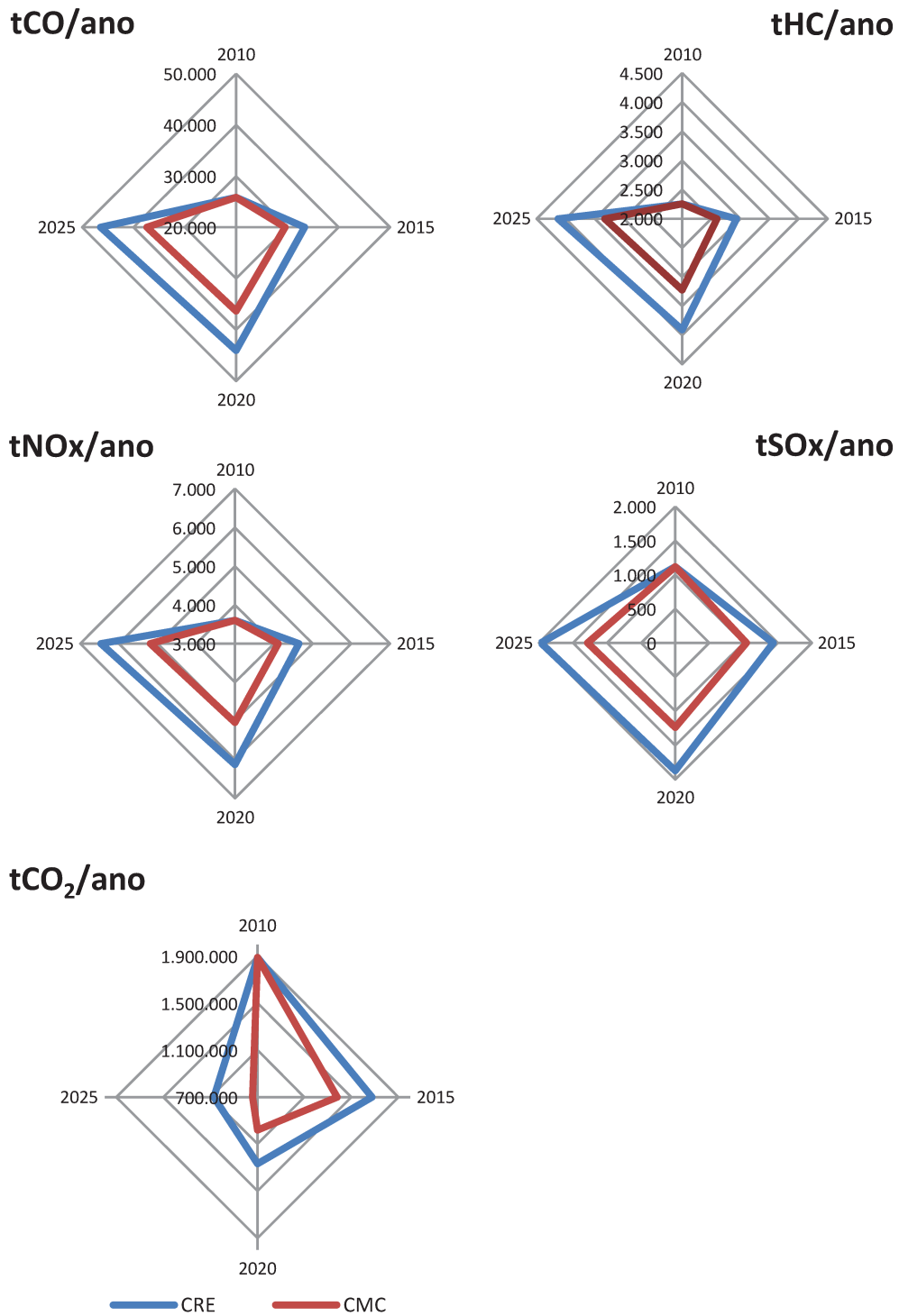


Figura 5.4 - Evolução das emissões de  $CO$ ,  $HC$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ , e  $CO_2$  em toneladas/ano, pela frota de veículos leves da cidade de Bogotá, nos cenários de referência e de conservação de energia  
 Fonte: Elaboração própria.

As projeções da demanda de óleo diesel pela frota de ônibus do TransMilênio são apresentadas na Tabela 5.11. Com o crescimento da frota de ônibus, o consumo de óleo diesel evidentemente aumenta, mas de uma forma bem menos pronunciada no cenário de conservação de energia, devido aos aprimoramentos previstos na tecnologia dos motores Diesel, propiciando ganhos substanciais de eficiência energética. Não se vislumbra a entrada de energéticos alternativos ao óleo diesel.

Tabela 5.11 - Demandas projetadas de óleo diesel na cidade de Bogotá, em  $m^3$ /an, pela frota de ônibus do sistema TransMilênio, nos cenários de referência e de conservação de energia

<b>Cenário</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
CRE	79.704	113.464	156.915	211.135
CMC	79.704	98.082	104.605	120.098

Fonte: Elaboração própria

A Figura 5.5 mostra, para os dois cenários considerados, a evolução das emissões de  $CO$ ,  $HC$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $MP$  e  $CO_2$  pelos ônibus do TransMilênio. A figura revela um aumento das emissões, independente do cenário adotado. No cenário de conservação de energia, as emissões de  $HC$ ,  $NO_x$ ,  $MP$  e  $CO_2$  em 2025 são 32% menores do que as emissões correspondentes para aquele ano no cenário de referência. No que se refere às emissões de  $HC$ , a redução no cenário de conservação de energia é de 24% em 2025.

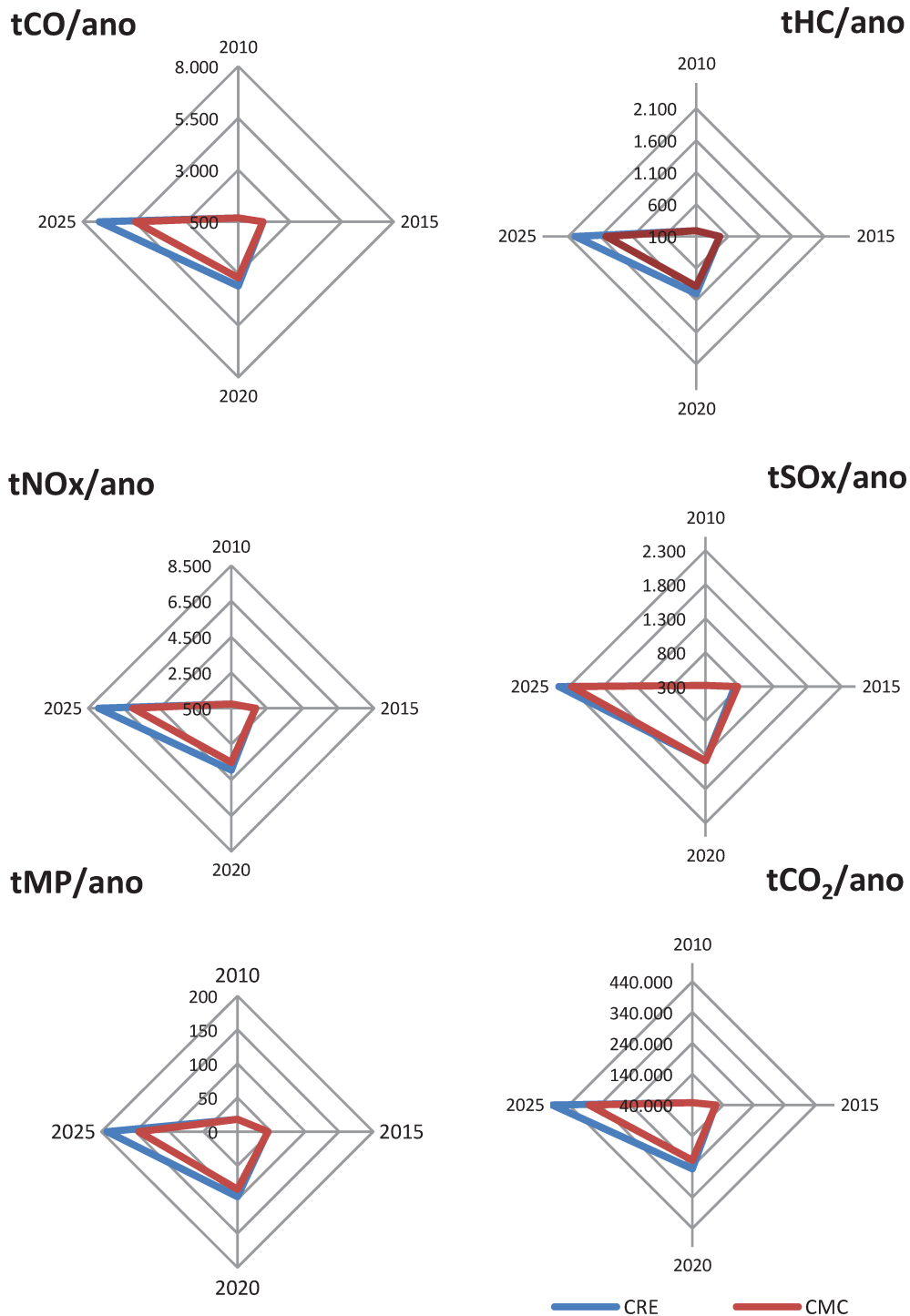


Figura 5.5 - Evolução das emissões de  $CO$ ,  $HC$ ,  $NO_x$ ,  $SO_x$ ,  $MP$  e  $CO_2$  em toneladas/ano, da frota de ônibus do sistema TransMilênio na cidade de Bogotá para o CRE e CMC

Fonte: Elaboração própria.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 Abrangência do trabalho realizado

Este capítulo encerra o trabalho, apresentando um conjunto de conclusões e recomendações sobre o tema abordado.

A dissertação teve como objetivo o estudo da evolução da demanda de combustíveis e das emissões de poluentes atmosféricos e de *CO<sub>2</sub>* nas cidades de São Paulo e de Bogotá, oriundas do transporte urbano. Para isso, foram identificados os determinantes dessa evolução, como o tipo de desenvolvimento do espaço urbano, a legislação sobre a poluição causada por veículos, a possibilidade de substituições intermodais, o desenvolvimento tecnológico dos veículos e os combustíveis factíveis de utilização no transporte urbano.

A partir de uma análise geral destes determinantes, foram realizados os estudos-de-caso das duas cidades. Em primeiro lugar, foi analisado o atual quadro do setor de transporte urbano em São Paulo e em Bogotá, em termos dos veículos utilizados no transporte urbano, sua infra-estrutura, o consumo de combustíveis e as emissões. Procurou-se identificar o atual estágio de implementação de medidas de planejamento urbano, contemplando o uso do solo, transporte, energia e meio ambiente. A seguir, foi desenvolvida uma metodologia de projeção da demanda de combustíveis e das emissões de poluentes e de gases de efeito estufa emanadas do transporte urbano de passageiros, utilizando uma abordagem econométrica/uso-final e cenários alternativos de desenvolvimento.

O cenário de referência (CRE), no qual foi assumido que as tendências atuais continuarão no futuro, mostrou um aumento dramático na demanda de combustíveis e de emissões.

Já o cenário de conservação de energia (CMC) indicou como o aumento na demanda de combustíveis e nos níveis de emissão de poluentes pode ser limitado, mesmo com um crescimento substancial da economia, através de medidas como melhorias no transporte coletivo, a entrada de novos energéticos para substituir combustíveis fósseis, restrições ao uso do veículo individual e o fomento governamental à implementação de medidas de conservação de energia. Uma única medida não será capaz de conter o crescimento da demanda de combustíveis e as emissões correspondentes. Para isso, políticas públicas deverão ser executadas de forma tal que consigam integrar

as medidas mencionadas acima.

A fim de orientar futuras pesquisas neste tema, algumas limitações do presente estudo devem ser destacadas. Uma primeira observação diz respeito à precariedade dos dados relativos à quilometragem média percorrida pelos ônibus e ao número de passageiros transportados na cidade de São Paulo. No tocante à frota de veículos leves, uma das maiores dificuldades encontradas no levantamento de dados, nas duas cidades, foi a falta de desagregação das frotas por tipo de combustível e idade. Em parte, isso prejudica os resultados, já que foram feitas suposições para se obter tal desagregação.

## 6.2 Considerações gerais

As duas cidades apresentam graves problemas derivados da acelerada urbanização e do processo de industrialização que vêm se apresentando nas últimas décadas. Com o aumento da frota de veículos leves, agrava-se o problema dos congestionamentos, fazendo com que a poluição aumente cada vez mais, assim como as emissões de gases de efeito estufa.

Devido ao aumento da taxa de motorização, o transporte urbano está gradualmente determinando os níveis de poluição do ar, tanto em São Paulo, quanto em Bogotá. Não é surpreendente que o combate à poluição atmosférica seja uma prioridade dos centros urbanos. Os esforços de redução de  $CO_2$  em ambas as cidades terão que lidar com a falta de recursos suficientes e com a conscientização inadequada da população e do governo.

A melhoria do desempenho energético dos veículos rodoviários é uma estratégia com múltiplos benefícios. Migrações do modo de transporte individual para o transporte coletivo é uma outra estratégia, que pode reduzir o nível dos congestionamentos, a poluição do ar, as emissões de  $CO_2$  e a demanda de combustíveis. Facilidades para viagens não motorizadas e a utilização de outros energéticos como combustíveis são outras medidas com benefícios multidimensionais. Nem todas estas medidas são adequadas para equacionar todos os problemas detectados; algumas delas, por exemplo, podem ajudar a reduzir os níveis de poluição local, mas não as emissões de  $CO_2$ , ou vice-versa.

É importante observar que cada cidade tem suas próprias características, sinergias e conflitos

em relação à mitigação das emissões locais e de *CO2*. Portanto, é importante analisar cuidadosamente as medidas implementadas com sucesso em outros países, para adaptá-las às necessidades e condições geográficas, estruturais e culturais de cada cidade.

Os estudos de casos realizados nesta dissertação mostram que, tanto na cidade de São Paulo, quanto na Bogotá, poucos tem sido os esforços visando a otimização ambiental e energética do setor de transporte urbano. A execução de ações de planejamento integrando as questões energética e ambiental deve ser prioridade em ambas as cidades, devido à importância do transporte urbano dentro do contexto do planejamento urbano.

A importância do transporte coletivo em ambas as cidades decorre da elevada porcentagem de pessoas que a modalidade transporta. Os modais alternativos ao transporte coletivo sobre pneus são caros e precisam de tempo para ser implementados. O potencial de aproveitamento do sistema de transporte coletivo sobre pneus é enorme, mas, para se obter tanto melhorias ambientais, quanto em termos do serviço prestado à população, o sistema deve passar por melhorias nas frotas de ônibus e na organização do serviço.

Por outro lado, a diminuição do uso do veículo individual nos deslocamentos urbanos e o aumento do nível de ocupação dos veículos, certamente, também podem propiciar melhorias significativas nas atuais condições do transporte urbano nas cidades analisadas.

As medidas necessárias para a melhoria do transporte público na cidade de São Paulo incluem: a criação de mais corredores exclusivos; a integração com outros meios de transporte, em especial com aqueles não motorizados; a utilização de ônibus com tecnologias, ou combustíveis mais “limpos”; e a expansão dos outros meios de transporte coletivo existentes, como o Metrô e os trens de subúrbios.

Já no caso de Bogotá, a implementação adequada do SITP trará benefícios para o transporte coletivo da cidade. A definição de novas rotas de ônibus, com a supressão de rotas ineficientes, será um dos principais avanços do SITP. Mas, ainda assim, é necessário melhorar a orientação aos usuários do sistema, incluindo, principalmente, campanhas de marketing e de informação de rotas, pontos de embarque e desembarque e horários de frequência das rotas estabelecidas. Tais medidas aumentariam o sucesso do sistema, em uma cidade que não está acostumada com um transporte organizado.

No tocante ao planejamento urbano e sua relação com o transporte público coletivo, sem dúvida o exemplo de Bogotá, com o sistema TransMilênio, deve ser seguido, na medida do possível,

na cidade de São Paulo. A inserção do TransMilênio como um mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL), além de propiciar reduções nas emissões de gases que causam o efeito estufa, também tem provocado melhorias ambientais no nível local, especialmente nas áreas próximas aos corredores de circulação dos ônibus. Um outro benefício auferido com a implantação deste sistema é a intermodalidade com meios de transporte não motorizado, devido à construção de infra-estrutura adequada para o trânsito de pedestres e de bicicletas.

### 6.3 Demanda de combustíveis e as emissões associadas

As necessidades de combustível nos dois cenários adotados nesta dissertação indicam que a procura por gasolina e óleo diesel deve aumentar rapidamente no futuro. Isto será acompanhado pela deterioração da qualidade do ar nas duas cidades. No entanto, se medidas adequadas forem implementadas rapidamente, o crescimento na demanda de combustível e das emissões pode ser minimizado.

A introdução de novas tecnologias veiculares, o aumento da eficiência energética dos veículos, restrições ao uso do veículo individual e a integração do transporte público coletivo com outros meios de transporte, conforme simulado no cenário de conservação de energia, podem reduzir substancialmente a demanda de combustíveis, em relação ao previsto no cenário de referência, tanto na cidade de São Paulo Tabela 6.1 como em Bogotá Tabela 6.2

Tabela 6.1 - Reduções nas demandas dos combustíveis utilizados no transporte urbano da cidade de São Paulo no cenário de conservação de energia, em relação ao cenário de referência

Combustível	Economia de combustível ( $m^3$ )		
	2015	2020	2025
Gasolina	516.528	669.422	979.654
Álcool hidratado	834.545	1.233.794	1.787.003
Álcool Anidro	145.687	188.811	276.313
Diesel	152.945	302.351	486.219

Fonte: Elaboração própria

Com a finalidade de analisar a evolução da demanda de energia nos transportes individual e coletivo nas cidades de São Paulo e Bogotá, utilizou-se o consumo energético específico por

Tabela 6.2 - Reduções nas demandas dos combustíveis utilizados no transporte urbano da cidade de Bogotá no cenário de conservação de energia, em relação ao cenário de referência

<b>Combustível</b>	<b>Economia de combustível (<math>m^3</math>)</b>		
	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
Gasolina	130.392	125.021	144.237
Álcool Anidro	42.201	74.732	97.711
Diesel	15.382	52.310	91.037

Fonte: Elaboração própria

habitante, em GJ/hab. A Tabela 6.3 apresenta os valores deste indicador em 2010 e as projeções para 2025, para as duas cidades. Observe-se, em todos os casos, a grande diferença entre o consumo per-capita do transporte individual e do transporte coletivo, em ambas as cidades.

Tabela 6.3 - Demandas de energia per capita nos transportes individual e coletivo nas cidades de São Paulo e de Bogotá em 2010 e projeções para 2025

<b>Cidade</b>	<b>2010</b>		<b>2025</b>			
	<b>CRE</b>		<b>CRE</b>		<b>CMC</b>	
	T. Individual (GJ/hab)	T. Coletivo (GJ/hab)	T. Individual (GJ/hab)	T. Coletivo (GJ/hab)	T. Individual (GJ/hab)	T. Coletivo (GJ/hab)
São Paulo	19,2	2,2	27,4	2,5	20,7	1,8
Bogotá	3,9	0,4	4,2	0,9	3,4	0,5

Fonte: Elaboração própria

Em termos de volume de emissões de poluentes e de  $CO_2$  pelo transporte urbano, os resultados das projeções mostram que, independente do cenário de desenvolvimento adotado, as emissões crescem. No cenário de conservação de energia o crescimento é menor e, se forem implementadas as opções propostas, consegue-se abatimento das emissões.

A Tabela 6.4 apresenta as toneladas de emissões evitadas na cidade de São Paulo no cenário de conservação de energia, em relação ao cenário de referência. Observe-se, nesta tabela, que em 2015 há um aumento das emissões de  $CO$ , por conta do maior crescimento econômico assumido no cenário de conservação de energia e pelo fato de algumas medidas de mitigação ainda não terem sido adotadas até aquele ano.

Conforme indicado na Tabela 6.5, também se conseguem abatimentos nas emissões do transporte urbano da cidade de Bogotá no cenário de conservação de energia, vis-à-vis o cenário de referência. As emissões de MP apresentam um leve crescimento de 2010 a 2015, no cenário de conservação de energia, em relação ao cenário de referência, devido, principalmente, ao maior



Tabela 6.4 - Redução das emissões oriundas do transporte urbano na cidade de São Paulo no cenário de conservação de energia, em relação ao cenário de referência

<b>Emissão</b>	<b>Emissões evitadas (ton)</b>		
	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
<i>CO</i>	-21.038	8.475	25.474
<i>HC</i>	5.016	8.810	12.974
<i>NO<sub>x</sub></i>	2.796	10.076	19.841
<i>SO<sub>x</sub></i>	2.411	8.928	14.964
<i>MP</i>	49	166	285
<i>CO<sub>2</sub></i>	1.543.649	2.948.782	5.285.833

Fonte: Elaboração própria

crescimento da frota do TransMilênio no primeiro cenário, de maior crescimento econômico.

Tabela 6.5 - Redução das emissões oriundas do transporte urbano na cidade de Bogotá no cenário de conservação de energia, em relação ao cenário de referência

<b>Emissões</b>	<b>Emissões evitadas (ton)</b>		
	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
<i>CO</i>	3.839	8.090	10.761
<i>HC</i>	335	796	1.288
<i>NO<sub>x</sub></i>	526	1.532	3.199
<i>SO<sub>x</sub></i>	358	625	876
<i>MP</i>	-0,2	10,6	46,5
<i>CO<sub>2</sub></i>	295.434	311.152	447.129

Fonte: Elaboração própria

#### 6.4 Necessidade de melhorias nas políticas públicas que afetam o transporte urbano

Algumas recomendações quanto a novas políticas públicas podem ser inferidas a partir deste estudo, para a redução dos problemas de transporte, consumo elevado de combustíveis e suas emissões. As propostas a seguir não são um resultado direto da análise quantitativa realizada neste estudo, mas provém da análise da situação atual e das perspectivas futuras do setor de transporte urbano nas cidades avaliadas, de acordo com os cenários adotados:

- Melhorar o processo de formulação das políticas públicas na área de transportes. Para

lidar com as necessidades de curto e longo prazo, as políticas deverão ser mais detalhadas e formuladas com a participação de todos os interessados no setor.

- Concentrar as políticas de curto prazo principalmente na redução da poluição proveniente de veículos leves, melhorando o desempenho do transporte público e o gerenciamento do tráfego, através do desenvolvimento de mais corredores de ônibus no caso da cidade de São Paulo e da implementação plena do SITP em Bogotá.
- Reduzir o trânsito nas horas de ponta, escalonando os horários de escritórios, escolas e de outras atividades geradoras de viagens.
- Promover os sistemas de transporte não motorizados com políticas claras e incentivos.
- Na cidade de Bogotá, melhorar a confiabilidade e a qualidade do transporte público, com horários claros, pontualidade e mapas de rotas.
- Na cidade de São Paulo, aumentar progressivamente as taxas de registro anual de veículos em função da idade, tamanho e eficiência. No caso de Bogotá, esse aumento seria efetivado no imposto anual do veículo.
- Tornar mais exigentes, paulatinamente, as normas de emissões para veículos novos na Colômbia.

## **6.5 Recomendações para trabalhos futuros nesta área**

Este trabalho explorou, em um contexto amplo, a relação do transporte urbano com o planejamento urbano e as suas dimensões energética e ambiental. Sua abrangência, em termos de coleta e compilação de dados e informações, sua análise, modelagem, cenarização e elaboração de projeções, além de abrir um espaço para desdobramentos futuros, em termos de novos trabalhos, permitiu a elaboração de recomendações para os agentes do transporte urbano em ambas as cidades.

Uma recomendação para trabalhos futuros nesta área é a realização de um ajuste exógeno na modelagem, que permita representar melhor o crescimento abrupto da frota de veículos com motores *flex fuel* na cidade de São Paulo.

Existem inúmeras opções para desdobramentos deste trabalho, como, por exemplo, o uso da metodologia aqui proposta para outros estados colombianos, desagregados por cidades ou regiões

administrativas.

## REFERÊNCIAS

ACOLGEN. Polêmica por decisão de que autos em Colombia deverão usar mistura de 85% de etanol y 15% de gasolina desde el 2012. **Noticias Acolgen**, Bogotá, 24 de abr de 2009. 2010. Disponível em: <<http://www.acolgen.org.co/article.php?sid=1504>>. Acesso em: 16 de nov de 2010.

ANAC. **Dados e estatísticas**, Brasília. 2009. Disponível em: <[http://www.anac.gov.br/Conteudo.aspx?slCD\\_ORIGEM=26&ttCD\\_CHAVE=179](http://www.anac.gov.br/Conteudo.aspx?slCD_ORIGEM=26&ttCD_CHAVE=179)>. Acesso em: 23 de jul de 2010.

ANAS, A.; TIMILSINA, G. R. **Impacts of policy instruments to reduce congestion and emissions from urban transportation : the case of Sao Paulo, Brazil**. [S.l.], out. 2009. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/p/wbk/wbrwps/5099.html>>.

ANDERSON, W.; KANAROGLOU, P.; MILLER, E. Urban Form, Energy and the Environment: A Review of Issues, Evidence and Policy. **Urban Studies**, v. 33, n. 1, p. 7–35, 1996.

ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira 2010**, São Paulo. 2010a. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuario.html>>.

\_\_\_\_\_. **Estatísticas**, São Paulo. 2010b. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/>>. Acesso em: 29 de set de 2010.

ANP. Resolução ANP nº 38 de 9 de dezembro de 2009, Brasília. 2009. Disponível em: <<http://nxt.anp.gov.br/NXT/gateway.dll?f=templates&fn=default.htm&vid=anp:10.1048/enu>>. Acesso em: 17 de jan de 2011.

\_\_\_\_\_. **Estatísticas**, Brasília. 2010a. Disponível em: <[www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)>. Acesso em: 03 de out de 2010.

\_\_\_\_. **Vendas de Combustíveis no Município de São Paulo no período de 2000 a 2010** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <andreaortiz@fem.unicamp.br> em 03 de dez de 2010. 2010b.

ARANGO, J. H. **Calidad de los Combustibles en Colombia**, Bogotá. 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?pid=S0121-49932009000100013&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?pid=S0121-49932009000100013&script=sci_arttext)>. Acesso em: 17 de jan de 2011.

ARAÚJO, P. D. **O Uso Energético do Hidrogênio Produzido por Fontes Renováveis para a Aplicação Veicular no Contexto do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: Estudo de Caso na Cidade de São Paulo**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual de Campinas, 2008.

BAJAY, S. V. Modelos de Planejamento da Expansão de Sistemas Energéticos. In: **X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA - CBE**. Rio de Janeiro: UFRJ: [s.n.], 2004.

BALASSIANO, R. Prioridade para o Transporte Coletivo: O Potencial dos BRTS. **Caderno de boas práticas em arquitetura: eficiência energética nas edificações: Transportes**, v. 14, p. 9–11, 2009.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Brasília. 2010. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/Resultado.asp?idpai=convmoeda>>. Acesso em: 12 de jan de 2011.

BANCO DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Bogotá. 2010. Disponível em: <<http://www.banrep.gov.co/>>. Acesso em: 01 de dez de 2010.

BEHRENTZ, E. **Estimation of Pollutant and Green House Gas Emissions from Mobile Sources in Bogotá** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <andreaortiz@fem.unicamp.br> em 26 de ago de 2009. 2005.

BEIRÃO, G.; CABRAL, J. Understanding Attitudes Towards Public Transport and Private car: A

Qualitative Study. **Transport Policy**, v. 14, p. 478–489, 2007.

BERNI, M. D. **Planejamento, Energia e Meio Ambiente**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

BHATTACHARYYA, S. C.; TIMILSINA, G. R. **Energy Demand Models for Policy Formulation: A Comparative Study of Energy Demand Models**. [S.l.], 2009. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/>>. Acesso em: 07 de jul de 2010.

BOGOTÁ. Decreto nº 613 de 4 de octubre de 1993. Por el cual se promueve la reposición del equipo automotor y se reglamenta el ingreso de vehículos clase taxi al servicio público. 1993. Disponível em: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=1914>>. Acesso em: 16 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Decreto nº 619 de 28 de julio de 2000. Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial para Santa Fe de Bogotá, Distrito Capital. 2000a. Disponível em: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=3769>>. Acesso em: 17 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Resolución nº 1193 de 3 de noviembre de 2000. Por la cual se establece el procedimiento para el registro inicial de los vehículos tipo bus requeridos para la operación del Sistema TransMilenio. 2000b. Acesso em: 15 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Decreto nº 114 de 16 de abril de 2003. Por el cual se adoptan medidas para garantizar la seguridad del transporte y la adecuación de los contratos de vinculación a su marco legal. 2003a. Disponível em: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=7469>>. Acesso em: 16 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Decreto nº 116 de 16 de abril de 2003. Por medio del cual se establecen mecanismos de

vigilancia y control para la reposición, la desintegración física de vehículos que cumplan su vida útil y los aportes a fondos de reposición. 2003b. Disponible em: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=7467>>.

Acesso em: 16 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Decreto n° 469 de 23 de diciembre de 2003. Por el cual se revisa el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C. 2003c. Disponible em: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=10998>>.

Acesso em: 12 de jan de 2011.

\_\_\_\_. Decreto n° 036 de 5 de febrero de 2004. Por el cual se establecen las normas para los inmuebles habilitados como estacionamientos en superficie y se acogen los diseños de espacio público y fachadas. 2004. Disponible em:

<<http://www.movilidadbogota.gov.co/?pag=323>>. Acesso em: 20 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Proyecto de Acuerdo n° 206 de 20 de julio de 2005. Por el cual se dictan algunas medidas relacionadas con el servicio de transporte público individual en la Ciudad de Bogotá, D.C. 2005.

Disponible em: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=16853>>.

Acesso em: 16 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Proyecto de Acuerdo n° 116 de 2008. Por el cual se dictan algunas medidas para garantizar la eficiente prestación del servicio público de transporte terrestre automotor individual de pasajeros en vehículos taxis en la Ciudad de Bogotá, D.C., y se dictan otras disposiciones. 2008.

Disponible em: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=29056>>.

Acesso em: 16 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Decreto n° 600 de 30 diciembre de 2009. Por el cual se establecen las tarifas de Transporte Público Colectivo en Bogotá D.C. 2009a. Disponible em: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=38336>>.

Acesso em: 15 de dez de 2010.

BÖHRINGER, C.; RUTHERFORD, T. F. **Combining Top-Down and Bottom-up in Energy Policy Analysis: A Decomposition Approach**. Mannheim, 2007. Disponível em:

<<ftp://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp06007.pdf>>. Acesso em: 24 de set de 2010.

BRASIL. Decreto nº 76.593, de 14 de novembro de 1975. Institui o Programa Nacional do Alcool e dá outras Providências. 1975. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=123069>>. Acesso em: 12 de dez de 2010.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 84 de 19 de Novembro de 1998. Estabelece normas referentes a Inspeção Técnica de Veículos - ITV de acordo com o art. 104 do Código de Trânsito Brasileiro - CTB. 1998. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>>. Acesso em: 12 de jan de 2011.

\_\_\_\_\_. Lei nº 1023 de 22 de fevereiro de 2001. Dá nova redação aos arts. 9 e 12 da Lei no 8.723, de 28 de outubro de 1993, que dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores, e dá outras providências. 2001. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil/Leis/LEIS\\_2001/L10203.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil/Leis/LEIS_2001/L10203.htm)>. Acesso em: 12 de jan de 2011.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 315 de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre a nova etapa do Programa de Controle de Emissões Veiculares-PROCONVE. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res31502.html>>. Acesso em: 13 de janeiro de 2011.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 403, de 11 de novembro de 2008. Dispõe sobre a nova fase de exigência do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE para veículos pesados novos (Fase P-7) e dá outras providências. 2008. Disponível em:



<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=591>>. Acesso em: 08 de jan de 2011.

\_\_\_\_\_. Resolução nº 415, de 24 de setembro de 2009. Dispõe sobre nova fase (PROCONVE L6) de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores-PROCONVE para veículos automotores leves novos de uso rodoviário e dá outras providências. 2009.

Disponível em:

<<http://www.cntdespoluir.org.br/Downloads/res41509.pdf>>. Acesso em: 06 de jan de 2011.

BREHENY, M. **Transport planning, energy and development: improving our understanding of the basics relationships**. In: \_\_\_\_\_. Primeira edição. Londres: E & FN Spon, 1995. (Transport and urban development), cap. 6, p. 88–95.

BUONFIGLIO, A. **Programa de Ajuste da Demanda de Álcool e Derivados de Petróleo**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

BURGARELLI, R. Em SP, cresce o mercado ilegal e alvará de táxi custa até R\$ 150 mil.

**O Estadão de São Paulo**, São Paulo, 9 de mar de 2010. 2010a. Disponível em: <[http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20100309/not\\_imp521475,0.php](http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20100309/not_imp521475,0.php)>. Acesso em: 13 de dez de 2010.

\_\_\_\_\_. Verba de ciclovias para 2011 é menor do que no discurso. **O Estadão de São Paulo**, São Paulo, 25 de nov de 2010. 2010b. Disponível em: <[http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20101125/not\\_imp644917,0.php](http://www.estadao.com.br/estadaodehoje/20101125/not_imp644917,0.php)>. Acesso em: 19 de dez de 2010.

CAFE. **Effectiveness and Impact of Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standards**.

Washington, D.C., 2002. Disponível em:

<[http://www.nhtsa.gov/cars/rules/cale/docs/162944\\_web.pdf](http://www.nhtsa.gov/cars/rules/cale/docs/162944_web.pdf)>. Acesso em: 09 de dez de 2010.

CCB. **Observatorio de la movilidad**. Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá, 2008.

\_\_\_\_\_. **Movilidad en Bicicleta en Bogotá**. Bogotá, 2009a.

\_\_\_\_\_. **Observatorio de TransMilenio**. Bogotá, 2009b. Disponible em:  
<<http://camara.ccb.org.co>>. Acesso em: 15 de dez de 2010.

\_\_\_\_\_. **Observatorio de la Región Bogotá - Cundinamarca: comportamiento de la economía de la región en el 2010**. Bogotá, 2010. Disponible em: <<http://camara.ccb.org.co>>. Acesso em: 01 de dez de 2010.

CET. **Companhia de Engenharia do Tráfego**, São Paulo. 2010. Disponible em:  
<[www.cetesp.com.br](http://www.cetesp.com.br)>. Acesso em: 19 de nov de 2010.

CETESB. **Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 2009**. São Paulo, 2010.  
Disponible em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/publicacoes.asp>>. Acesso em: 12 de nov de 2010.

CNT. **Avaliação da Operação dos Corredores de Transporte Urbano por Ônibus no Brasil - Relatório Analítico**. Brasília, D.F, 2002. Disponible em:  
<<http://www.cnt.org.br/portal/>>. Acesso em: 17 de nov de 2010.

COLÔMBIA. Decreto nº 3109 de 1997. Por el cual se reglamenta la habilitación, la prestación del servicio público de transporte masivo de pasajeros y la utilización de los recursos de la Nación, Bogotá. 1997. Disponible em: <[http://www.presidencia.gov.co/prensa\\_new/decretoslinea/1997/diciembre/30/dec3109301997.pdf](http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea/1997/diciembre/30/dec3109301997.pdf)>. Acesso em: 12 de dez de 2010.

\_\_\_\_\_. Ley nº 1083 de 31 de julio de 2006. Por medio de la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones, Bogotá. 2006a. Disponible em: <[http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2006/ley\\_](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2006/ley_)

1083\_2006.html>. Acesso em: 20 de dez de 2010.

\_\_\_\_\_. Resolución nº 1180 de 21 de junio de 2006. Por la cual se modifican parcialmente las Resoluciones 1565 y 1289 del 27 de diciembre de 2004 y 7 de septiembre de 2005, respectivamente, Bogotá. 2006b. Disponible em: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=20695>>. Acesso em: 17 de jan de 2011.

\_\_\_\_\_. Resolución nº 910 de 5 de junio de 2008. Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones, Bogotá. 2008. Disponible em: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=31146>>. Acesso em: 15 de jan de 2011.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 1135 de 2009. Por el cual se modifica el Decreto nº 2629 de 2007, en relación con el uso de alcoholes carburantes en el país y con las medidas aplicables a los vehículos automotores que utilicen gasolinas para su funcionamiento, Bogotá. 2009. Disponible em: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=35810>>. Acesso em: 12 de nov de 2010.

**CONPET. A opacidade e o consumo de óleo Diesel - Programa Economizar, Brasília. 2006.** Disponible em: <[http://www.conpet.gov.br/download/pdf/economizar\\_opacidade.pdf?segmento=corporativo](http://www.conpet.gov.br/download/pdf/economizar_opacidade.pdf?segmento=corporativo)>. Acesso em: 07 de out de 2010.

\_\_\_\_\_. **Eficiência energética veicular no mundo**, Brasília. 2010. Disponible em: <[http://www.conpet.gov.br/w3/index.php?option=com\\_content&view=article&id=52:eficiencia-energetica-veicular-no-mundo&catid=34:pbe-veicular&Itemid=13](http://www.conpet.gov.br/w3/index.php?option=com_content&view=article&id=52:eficiencia-energetica-veicular-no-mundo&catid=34:pbe-veicular&Itemid=13)>. Acesso em: 14 de jan de 2011.

CORRÊA, R. L. **O Espaço Urbano**. 3a. ed. São Paulo: [s.n.], 1995. 174 p. (Princípios).

CRAIG, P. P.; GADGIL, A.; G., K. J. What Can History Teach Us? A Retrospective Examination of Long-Term Energy Forecasts for the United States. **Annual Review of Energy and the Environment**, v. 27, p. 83–118, 2002.

DANE. **Transporte urbano automotor de pasajeros**, Bogotá. 2009. Disponível em: <[http://www.dane.gov.co/daneweb\\_V09/index.php?option=com\\_content&view=article&id=106&Itemid=55](http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=106&Itemid=55)>. Acesso em: 30 de jul de 2010.

\_\_\_\_\_. **Estatísticas várias, Bogotá**. 2010. Disponível em: <[http://www.dane.gov.co/daneweb\\_V09/](http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/)>. Acesso em: 2010.

DENATRAN. **Estatísticas Frota de Veículos, Brasília**. 2010. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/>>. Acesso em: 22 de jul de 2010.

DESPOLUIR. **Estudo Técnico. A Qualidade do Diesel no Brasil**. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.cntdespoluir.org.br/default.aspx>>. Acesso em: 16 de jan de 2011.

DNP. **Conpes 2999. Sistema del servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros de Santa Fe de Bogotá**, Bogotá. 1998. Disponível em: <<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Biblioteca/Catálogoenlínea.aspx>>. Acesso em: 13 de jan de 2011.

\_\_\_\_\_. **Conpes 3093. Sistema de Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros de Bogotá — Seguimiento —**, Bogotá. 2000. Disponível em: <<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Biblioteca/Catálogoenlínea.aspx>>. Acesso em: 13 de jan de 2011.

\_\_\_\_\_. **Conpes 3167. Política para Mejorar el Servicio de Transporte Público Urbano de**

**Pasajeros**, Bogotá. 2002. Disponible em: <<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3167.pdf>>. Acceso em: 03 de ago de 2010.

\_\_\_\_\_. **Conpes 3260. Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo**, Bogotá. 2003. Disponible em: <<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/Subdireccion/Conpes/3260.pdf>>. Acceso em: 30 de jul de 2010.

\_\_\_\_\_. **Conpes 3677. Conpes de Movilidad Integral para la Región Capital Bogotá – Cundinamarca**, Bogotá. 2010. Disponible em: <<http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Biblioteca/Catálogoenlínea.aspx>>. Acceso em: 13 de jan de 2011.

EIA. **International Energy Outlook 2010**. Washington, DC, 2010. Disponible em: <[http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484\(2010\).pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/pdf/0484(2010).pdf)>. Acceso em: 14 de jan de 2011.

EL ESPECTADOR. Alcaldía explica el ABC del Sistema Integrado de Transporte Público.

**El Espectador**, Bogotá, 2 de mar de 2010. 2010. Disponible em: <<http://www.elespectador.com>>. Acceso em: 12 de jul de 2010.

FETRANSPOR. **Entrevista Enrique Peñalosa**, Rio de Janeiro. 2009. Disponible em: <<http://www.fetranspor.com.br/index.>>. Acceso em: 20 de dez de 2010.

FUEL ECONOMY. **The official U.S. government source for fuel economy information**, Washington, D.C. 2011. Disponible em: <<http://www.fueleconomy.gov/>>. Acceso em: 12 de janeiro de 2011.

GOLDEMBERG, J.; COELHO S.T., N. P. M.; LUCOND, O. Ethanol learning curve - the Brazilian experience. **Biomass and Bioenergy**, v. 26, p. 301–304, 2004.

GOOGLEMAPS. 2010. Disponível em: <[www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)>. Acesso em: 06 de dez de 2010.

GREENE, D. L.; SCHAFER, A. **Reducing Greenhouse Gas Emissions From U.S. Transportation**. Arlington, 2003. Disponível em: <<http://www.pewclimate.org/>>. Acesso em: 12 de jan de 2011.

GROVER, R.; CHANDRA, S. Scenario for Growth of Electricity in India. **Energy Policy**, v. 34, n. 17, p. 2834 – 2847, 2006.

GRUTTER, J. M.; RICAURTE, S.; RODRÍGUEZ, D. **Monitoring Report CDM Project 0672: BRT Bogotá, Colombia: TRANSMILENIO Phase II to IV Monitoring Period 1.1.2009 - 31.12.2009**. [S.l.], 2010. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/96YVXI7FQ5JEC2GT1NDWR4MOUP8K0Z>>. Acesso em: 18 de set de 2010.

GURJAR, B. et al. Evaluation of Emissions and Air Quality in Megacities. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 7, p. 1593 – 1606, 2008.

IBGE. **Censo Demográfico - 2000**, Brasília. 2002. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default\\_populacao.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default_populacao.shtm)>. Acesso em: 11 de jan de 2011.

\_\_\_\_. **Projeção da População do Brasil: 1980-2050. Revisão 2008**, Brasília. 2008. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao\\_da\\_populacao/2008/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2008/default.shtm)>. Acesso em: 30 de ago de 2010.

\_\_\_\_. **Dados do censo 2010 publicados no Diário Oficial da União do dia 04/11/2010**, Brasília. 2010a. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/censo2010/dados\\_divulgados/index.php](http://www.ibge.gov.br/censo2010/dados_divulgados/index.php)>. Acesso em: 11 de jan de 2011.

\_\_\_\_\_. **Estatísticas várias**, Brasília. 2010b. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 2010.

ICCT. **Passenger Vehicle Greenhouse Gas and Fuel Economy Standards: A Global Update**, Boston. 2007. Disponível em: <<http://www.theicct.org/>>. Acesso em: 07 de out de 2010.

IDU. **Espacio Público**, Bogotá. 2010. Disponível em: <<http://www.idu.gov.co/>>. Acesso em: 17 de dez de 2010.

IEA. **Energy to 2050 : Scenarios for a Sustainable Future**, Paris. 2003. Disponível em: <[www.iea.org](http://www.iea.org)>. Acesso em: 23 de set de 2010.

IFQC. **Fuel specifications**, Houston. 2011. Disponível em: <<http://www.ifqc.org/Default.aspx>>. Acesso em: 16 de jan de 2011.

IPCC. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, Hayama. 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 07 de out de 2010.

\_\_\_\_\_. **Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm>>. Acesso em: 28 de jun de 2010.

ITDP. **Os trólebus na Cidade de São Paulo: Uma Análise Preliminar**. New York, 2008. Disponível em: <<http://www.itdp.org/documents/trolebus-saopaulo.pdf>>. Acesso em: 24 de jan de 2011.

JANNUZZI, P. d. M. São Paulo, século XXI: a maior metrópole das Américas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 56, n. 2, p. 30–32, 2004. Disponível em:

<[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252004000200017&script=sci\\_arttext](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252004000200017&script=sci_arttext)>. Acesso em: 18 de jul de 2010.

JICA. **Estudio del Plan Maestro del Transporte Urbano de Santa Fé de Bogotá en la República de Colombia. Informe Final (Sumario)**, Bogotá. Chodai Co. Ltda, Yachiyo Engineering Co., Ltd. 1996.

JR, O. d. M. Álvares; LINKE, R. R. **Metodologia simplificada de cálculos das emissões de gases de efeito estufa de frotas de veículos no Brasil**. 2002.

KENWORTHY, J. et al. **An international Sourcebook of Automobile Dependence in Cities 1960 - 1990**. Boulder, Colorado: University Press of Colorado, 1999.

KNEIB, E.; TEDESCO, G. Sustentabilidade Energética do Transporte Público Urbano: Diretrizes para o Brasil. **Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales**, XV, n. 881, 2010. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-881.htm>>. Acesso em: 12 de dez de 2010.

LITMAN, T. **The Costs of Automobile Dependency and the Benefits of Balanced Transportation**, Victoria. 2002. Disponível em: <<http://www.vtppi.org>>.

\_\_\_\_\_. **London Congestion Pricing - Implications for Other Cities**, Victoria. 2006. Disponível em: <<http://www.vtppi.org/london.pdf>>.

LITMAN, T.; BURWELL, D. Issues in Sustainable Transportation. **International Journal of Global Environmental Issues**, v. 6, n. 4, p. 331–347, 2006. Disponível em: <[www.vtppi.org/sus\\_iss.pdf](http://www.vtppi.org/sus_iss.pdf)>.

MCT. **Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões de Gases de Efeito Estufa . Relatórios de Referência. Emissões de Gases de Efeito Estufa no Setor Energético por Fontes Móveis**. Brasília, 2006.



MENDES, F. E. **Avaliação de Programas de Controle de Poluição Atmosférica por Veículos Leves no Brasil**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, mar. 2004.

METRÔ. **Pesquisa Origem - Destino 2007**. 2007. Acesso em julho de 2010. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br/>>.

\_\_\_\_. **História**, São Paulo. 2010a. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br/>>. Acesso em: 21 de jul de 2010.

\_\_\_\_. **Informações sobre o Sistema**, São Paulo. 2010b. Disponível em: <<http://www.metro.sp.gov.br/index.asp>>. Acesso em: 13 de jan de 2011.

MINCIDADES. **Transporte e mobilidade urbana**, Brasília. 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br>>.

MINTRANSPORTE. **Parque Automotor Colombiano 2009** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[andreaortiz@fem.unicamp.br](mailto:andreaortiz@fem.unicamp.br)> em 12 de fev de 2010. 2010a.

\_\_\_\_. **Estadísticas Parque Automotor**, Bogotá. 2010b. Disponível em: <[www.mintransporte.gov.co](http://www.mintransporte.gov.co)>. Acesso em: 06 de set de 2010.

MME. **Plan Energético Nacional 2006 - 2025**. Bogotá, 2007. Disponível em: <[http://www.upme.gov.co/siel/Portals/0/PLAN\\_ENERGETICO\\_NACIONAL\\_2007.pdf](http://www.upme.gov.co/siel/Portals/0/PLAN_ENERGETICO_NACIONAL_2007.pdf)>. Acesso em: 30 de ago de 2010.

MME & EPE. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, nov. 2007.

\_\_\_\_. **Balanco Energético Nacional 2009 (ano base 2007)**. Brasília, 2008.

MUNOZ-RASKIN, R. Walking Accessibility to Bus Rapid Transit: Does it Affect Property Values? : The case of Bogotá, Colombia. **Transport Policy**, n. 17, p. 72 – 84, 2010.

NEWMAN, P. W. G.; KENWORTHY, J. R. Gasoline Consumption and Cities. **Journal of the American Planning Association**, v. 55, n. 1, p. 24–37, 1989.

NHTSA. **Final Environment Impact Statement - Corporate Average Fuel Economy Standards, Passenger Cars and Light Trucks, Model Years 2011 - 2015**. Washington, D.C, 2008. Disponível em: <<http://www.nhtsa.gov>>. Acesso em: 07 de out de 2010.

NIJKAMP, P.; OUWERSLOOT, H.; RIENSTRA, S. A. Sustainable Urban Transport Systems: An Expert-based Strategic Scenario Approach. **Urban Studies**, v. 34, n. 4, p. 693–712, 1997.

OECD. **Pollution Prevention and Control Environmental Criteria for Sustainable Transport. Report on Phase 1 of the Project on Environmentally Sustainable Transport (EST), OCDE/GD(96)136**. [S.l.], 1996a. Disponível em: <[http://www.oalis.oecd.org/oalis/1996doc.nsf/LinkTo/NT00000C9A/\\$FILE/09E60552.PDF](http://www.oalis.oecd.org/oalis/1996doc.nsf/LinkTo/NT00000C9A/$FILE/09E60552.PDF)>.

\_\_\_\_\_. **Towards Sustainable Transportation. The Vancouver Conference**. Vancouver, British Columbia, mar. 1996b. Disponível em:  
<<http://www.oecd.org/dataoecd/28/54/2396815.pdf>>.

OLHO VIVO. **Sistema de Monitoramento do Transporte**, São Paulo. 2010. Disponível em:  
<[http://www.sptrans.com.br/olho\\_vivo/](http://www.sptrans.com.br/olho_vivo/)>. Acesso em: 12 de dez de 2010.

PETERSEN, R. **Land Use Planning and Urban Transport**. Wuppertal, 2004. Disponível em:  
<<http://www.gtz.de>>.

PMSP. **Manual de Normas e Procedimentos de Fiscalização de Transporte Público**. São Paulo, 2008. Disponível em: <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/manual\\_np\\_fisc\\_transp\\_pub\\_1253134116.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/manual_np_fisc_transp_pub_1253134116.pdf)>.

\_\_\_\_\_. **Prefeitura do Município de São Paulo**, São Paulo. 2010a. Disponível em:  
<<http://www.capital.sp.gov.br/portalmmsp/homec.jsp>>.

\_\_\_\_. **Programa de Metas da Cidade de São Paulo Agenda 2010**, São Paulo. 2010b. Disponível em: <<http://www.agenda2012.com.br/>>. Acesso em: 19 de dez de 2010.

RIBEIRO, S. K. et al. **Transport and its infrastructure. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007. Disponível em: <[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg3/en/ch5.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch5.html)>. Acesso em: 17 de nov de 2010.

ROVERE, E. L. L. et al. **Greenhouse Gas Mitigation in Brazil: Scenarios and Opportunities through 2025**. Washington, D.C, nov. 2006. Disponível em: <[www.ccap.org](http://www.ccap.org)>.

SÃO PAULO. Lei nº 7.329, de 11 de julho de 1969. estabelece normas para execução de serviço de transporte individual de passageiros em veículos de aluguel taxímetro, e dá outras providências. 1969. Acesso em: 12 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Lei no 8.830, de 12 de dezembro de 1978. dispõe sobre o controle acionário da companhia do metropolitano são paulo - metrô, e dá outras providências. 1978. Disponível em: <<http://www.camara.sp.gov.br/>>. Acesso em: 22 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Lei no 10.907 de 18 de dezembro de 1990. dispõe sobre a destinação de espaços para ciclovias no município de são paulo, e dá outras providências. 1990. Disponível em: <<http://www.camara.sp.gov.br/>>. Acesso em: 19 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Decreto 34.854, de 3 de fevereiro de 1995. regulamenta a lei no 10.907, de 18 de dezembro de 1990, e dá outras providências. 1995. Disponível em: <<http://www.camara.sp.gov.br/>>. Acesso em: 19 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Portaria 1918, de 18 de maio de 2006. cria grupo executivo pró-ciclista. 2006. Disponível

em: <<http://www.camara.sp.gov.br/>>. Acesso em: 19 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Lei no 14.266, de 6 de fevereiro de 2007. dispõe sobre a criação do sistema ciclovitário no município de são paulo e dá outras providências. 2007. Disponível em:

<<http://www3.prefeitura.sp.gov.br/>>. Acesso em: 19 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Lei no 14.675, de 23 de janeiro de 2008. institui o plano emergencial de calçadas - pec.

2008. Disponível em: <<http://www3.prefeitura.sp.gov.br/>>. Acesso em: 20 de dez de 2010.

\_\_\_\_. Lei nº 14.933, de 5 de junho de 2009. institui a política de mudança do clima no município de são paulo. 2009. Acesso em: 7 de dez de 2010.

**SDM. Encuesta de movilidad 2005** [mensagem pessoal], Bogotá. Dados entregues ao autor por meio de comunicação direta com a Secretaria Distrital de Movilidad(SDM). 2005.

\_\_\_\_. **Secretaria Distrital de Mobilidad**, Bogotá. 2010a. Disponível em:

<<http://www.movilidadbogota.gov.co/?sec=7>>. Acesso em: Acesso em dezembro de 2010.

\_\_\_\_. **Dados parque automotor de Bogotá**. 2010b. Dados entregues ao autor por meio de comunicação direta com a SDM.

**SEADE. Sistema de Informações dos Municípios Paulistas**, São Paulo. 2010. Disponível em:

<<http://www.seade.gov.br/>>. Acesso em: 18 de jul de 2010.

**SEMPLA. Infocidade**, São Paulo. 2010. Disponível em:

<<http://sempla.prefeitura.sp.gov.br/infocidade/>>. Acesso em: 22 de jul de 2010.

**SHD. Sistema de Información de Estadísticas Comparadas: Bogotá en datos**, Bogotá. 2010.

Disponível em: <<http://www.shd.gov.co>>. Acesso em: 01 de dez de 2010.

SMTRJ. **Tarifas Únicas - Taxi**, Rio de Janeiro. 2010. Disponível em:

<[http://www0.rio.rj.gov.br/smtu/smtu/smtu\\_tarif\\_tax.htm](http://www0.rio.rj.gov.br/smtu/smtu/smtu_tarif_tax.htm)>. Acesso em: 12 de dez de 2010.

SOUZA, A. et al. **São Paulo Interligado: O Plano de Transporte Público Urbano em Implantação na Gestão 2001-2004**. São Paulo: Prefeitura da Cidade de São Paulo, 2004.

SPTRANS. **Indicadores**, São Paulo. 2010. Disponível em:

<<http://www.sptrans.com.br/indicadores/>>. Acesso em: dez de 2010.

STEG, L. Can Public Transport Compete with the Private Car? **IATSS Research**, v. 27, n. 2, 2003.

SVMA. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo - Síntese**. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br>>.

THOMSON, I. **Impacto de las tendencias sociales, económicas y tecnológicas sobre el transporte público: una investigación preliminar en ciudades de América Latina**. Santiago de Chile, mar. 2002. Disponível em: <<http://www.eclac.cl/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/6/10436/P10436.xml&xsl=/drni/tpl/p9f.xsl&base=/transporte/tpl/top-bottom.xslt>>.

TRANSMILENIO S.A. **Sistema TransMilenio - Componentes**, Bogotá. 2010. Disponível em:

<[http://www.transmilenio.gov.co/WebSite/Contenido.aspx?ID=TransmilenioSA\\_QuienesSomos\\_SistemaDeTransporte\\_Operacion](http://www.transmilenio.gov.co/WebSite/Contenido.aspx?ID=TransmilenioSA_QuienesSomos_SistemaDeTransporte_Operacion)>. Acesso em: 15 de nov de 2010.

TRANSPORT FOR LONDON. **Central London Congestion Chargin - Impacts monitoring Fourth Annual Report**. Londres, 2006.

[Http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/FourthAnnualReportFinal.pdf](http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/FourthAnnualReportFinal.pdf). Disponível em: <<http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/FourthAnnualReportFinal.pdf>>.

[//www.tfl.gov.uk/assets/downloads/FourthAnnualReportFinal.pdf](http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/FourthAnnualReportFinal.pdf)>.

TRANSPORT FOR LONDON. **Congestion Charging**, Londres. 2010. Disponível em:  
<<http://www.tfl.gov.uk/roadusers/congestioncharging/default.aspx>>.  
Acesso em: 12 de jan de 2011.

UN-HABITAT. **The Challenge of Slums: Global Report on Human Settlements 2003**, Nairobi. 2003. Disponível em: <<http://www.unhabitat.org/>>.

UNO. **Earth Summit. Agenda 21. The United Nations Programme Actions from Rio**. Rio de Janeiro, jun. 1992. Disponível em:  
<<http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/index.shtml>>.

\_\_\_\_\_. **World Urbanization Prospects: The 2009 Revision. Estimativas**, New York. 2010.  
Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm>>. Acesso em: 18 de jul de 2010.

U.S. CONGRESS. **Energy Independence and Security Act (EISA) 2007. Public Law 110-140**, Washington, D.C. 2007. Disponível em: <[http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=110\\_cong\\_bills&docid=f:h6enr.txt.pdf](http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=110_cong_bills&docid=f:h6enr.txt.pdf)>.  
Acesso em: 12 de janeiro de 2011.

WANG, M.; HUO, H.; JOHNSON, L. **Projection of Chinese Motor Vehicle Growth, Oil Demand, and CO<sub>2</sub> Emissions Through 2050**. Chicago, 2006. Disponível em:  
<<http://www.osti.gov/bridge>>.

WCED . **Our Common Future: Brundtland Report**. Oslo, mar. 1987. Disponível em:  
<<http://www.worldinbalance.net/intagreements/1987-brundtland.php>>.

WEC. **Policy Instruments on Cars Energy Efficiency**. Luxemburgo, 2007. Disponível em:  
<[http://www.worldenergy.org/publications/energy\\_efficiency\\_](http://www.worldenergy.org/publications/energy_efficiency_)

policies\_around\_the\_world\_review\_and\_evaluation/default.asp>.

WEGENER, M.; FÜRST, F. . **Land-Use Transport Interaction: State of the Art**. Dortmund, nov. 1997. Disponível em:

<<http://129.3.20.41/eps/urb/papers/0409/0409005.pdf>>.

WHO. **Air Quality Guidelines Global Update 2005**. Alemanha, 2006. Disponível em:

<[www.who.int](http://www.who.int)>.

WILLS, W. **O Aumento da Eficiência energética nos Veículos Leves e suas Implicações nas Emissões de Gases de Efeito Estufa - Cenários Brasileiros entre 2000 e 2030**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, mar. 2008.