



PROPOSTA DE PROCEDIMENTO PARA ANALISAR O EFEITO DA  
QUALIDADE DO AR NO ENTORNO AEROPORTUÁRIO: ESTUDO DE CASO NO  
AEROPORTO INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO

Patricia Ingrid de Souza Coelho

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transporte.

Orientadores: Suzana Kahn Ribeiro

Licínio da Silva Portugal

Rio de Janeiro

Março de 2011

PROPOSTA DE PROCEDIMENTO PARA ANALISAR O EFEITO DA  
QUALIDADE DO AR NO ENTORNO AEROPORTUÁRIO: ESTUDO DE CASO NO  
AEROPORTO INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO

Patricia Ingrid de Souza Coelho

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ  
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM  
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTE.

Examinada por:

---

Prof. Suzana Kahn Ribeiro, D. Sc.

---

Prof. Licinio da Silva Portugal, D. Sc.

---

Prof. Ronaldo Balassiano, Ph.D.

---

Prof. Paulo Cezar Martins Ribeiro, Ph.D.

---

Prof. Elton Fernandes, Ph.D.

---

Prof. Ricardo Rodrigues Pacheco, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2011

Coelho, Patricia Ingrid de Souza

Proposta de procedimento para analisar a qualidade do ar no entorno aeroportuário: estudo de caso no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro/ Patricia Ingrid de Souza Coelho. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011.

XVIII, 172 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Suzana Kahn Ribeiro

Licínio da Silva Portugal

Tese (Doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transporte, 2011.

Referências Bibliográficas: p. 155-170.

1. Qualidade do ar. 2. Aeroporto. 3. Acessibilidade. I. Ribeiro, Suzana Kahn, et al., II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transporte. III. Título.

Dedico esta Tese à minha mãe, **Vera Lucia Alfaia de Souza**, fonte de tranquilidade e incentivo. Sempre acreditou em mim, até quando eu mesma não acreditava mais.

## AGRADECIMENTOS

Diversas pessoas colaboraram, direta ou indiretamente, de forma desinteressada, na elaboração deste trabalho. Cumpre-me, portanto, expressar minha imensa gratidão a estes colaboradores abaixo relacionados:

À Professora **Suzana Kahn Ribeiro**, que aceitou mais uma vez ser minha orientadora, agregou a melhor qualidade possível ao presente trabalho e indicou o co-orientador mais dedicado e incansável que conheço.

Ao querido Professor **Licínio da Silva Portugal**, sempre disposto e com uma palavra amiga, orientador e psicólogo nas horas vagas. Muito obrigado por tudo. Aos membros da banca, **Carlos Nassi, Ronaldo Balassiano, Elton Fernandes e Ricardo Pacheco** que aceitaram o convite para participar deste momento tão importante na minha vida profissional.

A todos os Professores e amigos adquiridos no PET. Ao pessoal da administração/secretaria do PET, ao CEDOC e ao LAMIPET.

Aqueles que colaboraram de uma maneira ou de outra: **Denise** do LIMA, **Paulina** do INEA, **Fued** da INFRAERO, ao pessoal do TransportNET, entre outros, sempre dispostos e com a paciência para ajudar na medida do possível. Ao **CNPq**, pela bolsa de incentivo, fundamental para a minha plena dedicação nesta Tese.

A todos, que não foram citados em nomes, mas estão em meu coração, meus sinceros agradecimentos.

Patricia Ingrid de Souza Coelho

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

PROPOSTA DE PROCEDIMENTO PARA ANALISAR O EFEITO DA  
QUALIDADE DO AR NO ENTORNO AEROPORTUÁRIO: ESTUDO DE CASO NO  
AEROPORTO INTERNACIONAL DO RIO DE JANEIRO

Patricia Ingrid de Souza Coelho

Março/2011

Orientadores: Suzana Kahn Ribeiro

Licínio da Silva Portugal

Programa: Engenharia de Transporte

A acessibilidade aeroportuária é um tema ainda pouco estudado. Porém, já é encarado como um problema pelos administradores nos grandes aeroportos internacionais. O impacto na qualidade do ar e os congestionamentos na vizinhança do aeroporto são elementos percebidos por quem frequenta este local. Esta Tese trata do impacto na qualidade do ar ocasionado pelo aumento do tráfego aéreo, gerando, como consequência, um aumento no tráfego terrestre. Às vésperas de dois megaeventos no Brasil, Copa do Mundo de 2014 e Olimpíadas de 2016, faz-se necessária a divulgação de um procedimento de análise que aborde esta problemática. Embora, na maioria das vezes, o aeroporto seja construído em áreas afastadas do centro da cidade, deve-se considerar em escala regional este empreendimento como fonte fixa de poluente atmosférico, e como tal deve ser agregado para a avaliação de estratégias de controle e gestão da qualidade do ar. Percebe-se que o uso dos transportes de maior capacidade (BRT e modos metro-ferroviários) no acesso a tais aeroportos tende a proporcionar benefícios significativos não só para o meio ambiente como para todos que residem no entorno deste Polo Gerador de Viagens (PGV).

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

PROPOSAL OF PROCEDURE TO ANALYZE THE EFFECT OF THE AIR  
QUALITY AROUND THE AIRPORT: CASE-STUDY OF THE INTERNATIONAL  
AIRPORT OF RIO DE JANEIRO

Patricia Ingrid de Souza Coelho

March/2010

Advisors: Suzana Kahn Ribeiro

Licínio da Silva Portugal

Department: Transport Engineering

Accessibility is a challenge for many researchers. However, it is already faced as a problem for the managers in the biggest international airports. The impact in the air quality and the congestions in the neighborhood of the airport are perceived by the users and inhabitants. This Thesis deals with the impact in the air quality caused for the increase of the air traffic, generating, as consequence, an increase in the traffic flow. The city of Rio de Janeiro is waiting for two mega-events: World Cup in 2014 and Olympic Games in 2016. Then, it becomes necessary an analysis procedure that approaches this problematic one. Although, most of the time, the airport is constructed far away of downtown, this enterprise must be considered in regional scale as fixed source of atmospheric pollutant, and it must be added for the evaluation of strategies of control and management of the air quality. It perceives that the use of the transports of high capacity (BRT, metro/train) brings significant benefits to the environment as for the inhabitants around of this Traffic Generating Pole (TGP).

<b>Sumário</b>	
<b>Resumo</b>	<b>vi</b>
<b>Abstract</b>	<b>vii</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de Tabelas</b>	<b>xiv</b>
<b>Lista de Siglas</b>	<b>xvii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 HIPÓTESE E OBJETIVO.....	4
1.2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	5
1.3 CONTRIBUIÇÕES E RESTRIÇÕES.....	9
1.4 ESTRUTURA DA TESE.....	12
<b>2. CARACTERIZAÇÃO AEROPORTUÁRIA.....</b>	<b>15</b>
2.1 AEROPORTO COMO PGV.....	16
2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS AEROPORTUÁRIOS.....	20
<b>2.2.1 Os principais impactos ambientais aeroportuários.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.2 Fatores que influenciam as emissões de poluentes atmosféricos aeroportuários.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.3 Efeitos na qualidade do ar.....</b>	<b>27</b>
2.3 ACESSIBILIDADE AEROPORTUÁRIA.....	33
2.4 DIMENSÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS.....	39
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
<b>3. IMPACTO DO AEROPORTO NO SISTEMA RODOVIÁRIO.....</b>	<b>47</b>

3.1 PROCEDIMENTOS EXISTENTES PARA ANÁLISE DE PGVs.....	48
3.2 O CASO DOS TRANSPORTES URBANOS DE MAIOR CAPACIDADE.....	51
3.3 O CASO DOS TRANSPORTES TERRESTRES NOS AEROPORTOS.....	60
3.4 ANÁLISE COMPARATIVA.....	67
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
<b>4. VARIÁVEIS E MODELOS PARA A PREVISÃO DE IMPACTOS NA QUALIDADE DO AR.....</b>	<b>76</b>
4.1 FONTES DE EMISSÃO – Definição e procedimentos de controle.....	77
4.2 QUALIDADE DO AR.....	80
4.3 MODELOS DE QUALIDADE DO AR.....	85
4.4 SIMULADORES.....	95
4.5 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DOS MODELOS E SIMULADORES.....	99
4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	102
<b>5. PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DO IMPACTO DO ACESSO AEROPORTUÁRIO NA QUALIDADE DO AR.....</b>	<b>105</b>
5.1 DEFINIÇÃO DO PROCEDIMENTO.....	105
5.2 CARACTERIZAÇÃO DO AEROPORTO.....	109
5.3 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	112
5.4 ESTUDO DO SISTEMA DE TRANSPORTES.....	115
5.5 QUALIDADE DO AR.....	117
5.6 GERAÇÃO E ANÁLISE DE CENÁRIOS.....	119
5.7 MODELO DE PREVISÃO DE QUALIDADE DO AR.....	121
5.8 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	123

5.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	124
<b>6. ESTUDO DE CASO – AIRJ.....</b>	<b>126</b>
6.1 CARACTERIZAÇÃO DO AEROPORTO.....	126
6.2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	127
6.3 ESTUDO DO SISTEMA DE TRANSPORTES.....	129
6.4 QUALIDADE DO AR.....	136
6.5 GERAÇÃO, ANÁLISE DE CENÁRIOS E APLICAÇÃO DO MODELO DE QUALIDADE DO AR.....	140
<b>6.5.1 Avenida 20 de Janeiro.....</b>	<b>143</b>
<b>6.5.2 Estrada do Galeão.....</b>	<b>144</b>
<b>6.5.3 Linha Vermelha.....</b>	<b>145</b>
6.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	146
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>150</b>
7.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	153
7.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	155
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>157</b>

## LISTA DE FIGURAS

### 1. INTRODUÇÃO

Figura 1.1 – Reclamações da população do RJ relacionadas à poluição.....7

Figura 1.2 – Delimitação e contextualização da pesquisa.....12

### 2. CARACTERIZAÇÃO AEROPORTUÁRIA

Figura 2.1 – Estrutura do Capítulo 2.....15

Figura 2.2 – Contribuição das Atividades da Air France.....23

Figura 2.3 – Tipos de emissões por atividade.....24

Figura 2.4 – Categorias de um serviço aeroportuário.....24

Figura 2.5 – Serviço Típico para Boeing 737-500.....25

Figura 2.6 – Regulamento da Qualidade do ar: elementos e suas interações.....27

Figura 2.7 – Principais fontes de poluentes atmosféricos na região aeroportuária.....29

Figura 2.8 – Emissões atmosféricas por fonte.....29

Figura 2.9 – Alguns fatores que influenciam a dispersão de poluentes.....31

Figura 2.10 – Sistema de acesso aeroportuário.....35

### 3. IMPACTO DO AEROPORTO NO SISTEMA RODOVIÁRIO

Figura 3.1 – Estrutura do Capítulo 3.....47

Figura 3.2 – Variáveis relacionadas ao consumo de energia e as emissões atmosféricas no setor de transportes.....52

Figura 3.3 – Boston: 2.323 hab/milhas<sup>2</sup>.....54

Figura 3.4 - Nova York: 24.248 hab/milhas<sup>2</sup>.....54

Figura 3.5 - Los Angeles: 13.367 hab/milhas<sup>2</sup>.....54

Figura 3.6 – Comparação entre ônibus, auto, moto.....59

Figura 3.7 – Transporte de Passageiro Partindo de Paris-CDG.....64

Figura 3.8 – Circulo vicioso do congestionamento e da expansão urbana.....73

#### **4. VARIÁVEIS E MODELOS PARA A PREVISÃO DE IMPACTOS NA QUALIDADE DO AR**

Figura 4.1 – Estrutura do Capítulo 4.....	76
Figura 4.2 – Comparação Entre as Emissões de Fontes Fixas e Fontes Móveis.....	78
Figura 4.3 – Análise da qualidade do ar nas megacidades.....	84
Figura 4.4 – Estrutura de um modelo de qualidade do ar.....	86

#### **5. PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DO IMPACTO DO ACESSO AEROPORTUÁRIO NA QUALIDADE DO AR**

Figura 5.1 - Estrutura do Procedimento.....	109
Figura 5.2 - Perfis diários e semanais dos movimentos aéreos e do tráfego rodoviário	114

#### **6. ESTUDO DE CASO – AIRJ**

Figura 6.1 – Área de Influência do Aeroporto do Galeão.....	128
Figura 6.2 – Principais vias de acesso contido na área de influência do AIRJ.....	128
Figura 6.3 – Principais fluxos de viagens de Transporte Coletivo – Pico da Manhã....	130
Figura 6.4 – Principais fluxos de viagens de Transporte Individual – Pico da Manhã.	130
Figura 6.5 – Impacto no sistema de transporte coletivo.....	131
Figura 6.6 – N° de veículos/(1000) habitantes.....	131
Figura 6.7 – Rede de metrô (km).....	131
Figura 6.8 – Quantidade de ônibus.....	132
Figura 6.9 – Quantidade de táxis.....	132
Figura 6.10 – Principais acessos em estudo para o AIRJ.....	133
Figura 6.11 – Estação intermodal de transportes.....	133
Figura 6.12 - Percurso Transcarioca.....	134
Figura 6.13 - Traçado esquemático das linhas do metrô.....	135
Figura 6.14 - Áreas prioritárias de monitoramento.....	138

Figura 6.15 – Participação da RMRJ no total das emissões das regiões (%)......139

Figura 6.16 – Distribuição espacial de monitoramento da qualidade do ar na RMRJ..139

## LISTA DE TABELAS

### 2. CARACTERIZAÇÃO AEROPORTUÁRIA

Tabela 2.1 – Comparação entre aeroportos e fontes industriais próximas.....	23
Tabela 2.2 – Estudos de Qualidade do Ar em Aeroportos Americanos.....	30
Tabela 2.3 – Maiores preocupações nos aeroportos americanos.....	37
Tabela 2.4 - Delimitação da área de influência.....	40
Tabela 2.5 - Critérios para caracterizar o aeroporto como PGV.....	44

### 3. IMPACTO DO AEROPORTO NO SISTEMA RODOVIÁRIO

Tabela 3.1 – Elementos considerados nas estruturas de modelos disponíveis.....	49
Tabela 3.2 - Etapas semelhantes nos modelos disponíveis.....	50
Tabela 3.3 - Taxa de emissão de poluentes atmosféricos (g/passageiro-km).....	52
Tabela 3.4 - Relação entre a indicação de cada modo e a demanda.....	54
Tabela 3.5 – Comparação comportamental.....	55
Tabela 3.6 – Variáveis relacionadas às emissões atmosféricas.....	55
Tabela 3.7 - Projetos que visam à redução de emissão de poluentes atmosféricos.....	56
Tabela 3.8 - Impacto do projeto Transmilênio em emissões locais.....	57
Tabela 3.9 - Opções de acesso aeroportuário.....	62
Tabela 3.10 – Divisão Intermodal: Passageiros e Funcionários.....	63
Tabela 3.11 - Itens do serviço considerados pelos passageiros europeus.....	65
Tabela 3.12 – Expectativa dos passageiros quanto ao serviço prestado.....	65
Tabela 3.13 – Emissões atmosféricas por modal em países desenvolvidos.....	68
Tabela 3.14 – Prós e Contras dos Transportes nos aeroportos.....	69
Tabela 3.15 – Dados aeroportuários.....	70
Tabela 3.16 – Etapas consideradas nos respectivos setores de transportes.....	75

### 4. VARIÁVEIS E MODELOS PARA A PREVISÃO DE IMPACTOS NA QUALIDADE DO AR

Tabela 4.1 – Limites Máximos de Emissão de Poluentes.....	79
Tabela 4.2 – Padrões de Qualidade do Ar.....	80
Tabela 4.3 – Principais Poluentes na Atmosfera – fontes, características e efeitos.....	81
Tabela 4.4 – Estrutura do IQA.....	82
Tabela 4.5 - Classificação dos modelos de acordo com a aplicação.....	86
Tabela 4.6 – Variáveis utilizadas em modelos aplicados em aeroportos.....	94
Tabela 4.7 - Classificação dos simuladores.....	96
Tabela 4.8 - Levantamento das ferramentas computacionais.....	98
Tabela 4.9 – Parâmetros dos modelos analisados.....	100
Tabela 4.10 - Modelos específicos para aeroportos.....	101
Tabela 4.11 - Classificação dos simuladores em função do tipo de intervenção.....	101
<b>5. PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DO IMPACTO DO ACESSO AEROPORTUÁRIO NA QUALIDADE DO AR</b>	
Tabela 5.1 - Análises que sustentam o procedimento.....	106
Tabela 5.2 - Variáveis da acessibilidade aeroportuária (item 2.3).....	107
Tabela 5.3 - Maiores movimentos nos aeroportos brasileiros.....	111
Tabela 5.4 - Delimitação da área de influência para aeroportos.....	113
Tabela 5.5 - Aderência após a implementação modal nos aeroportos estudados.....	120
<b>6. ESTUDO DE CASO – AIRJ</b>	
Tabela 6.1 - Dados AIRJ.....	126
Tabela 6.2 – Frota Rodoviária em 2008.....	129
Tabela 6.3 - Critérios para Seleção de Sítios de Medição.....	138
Tabela 6.4 – Fatores Médios de Emissão (g/km) dos Veículos em Circulação na RMSP.....	141
Tabela 6.5 - Movimento de passageiros/mês no AIRJ.....	142

Tabela 6.6 - Níveis gradativos para os cenários sugeridos.....	143
Tabela 6.7 - Emissão de poluentes atmosféricos para ônibus, BRT e metrô.....	143
Tabela 6.8 - Fluxo de Tráfego Diário na Avenida 20 de Janeiro.....	144
Tabela 6.9 - Média de Emissão de Poluentes na Av. 20 de Janeiro.....	144
Tabela 6.10 - Fluxo de Tráfego Diário na Estrada do Galeão.....	145
Tabela 6.11 - Média de Emissão de Poluentes no Galeão.....	145
Tabela 6.12 - Fluxo de tráfego diário na Linha Vermelha.....	146
Tabela 6.13 - Média de Emissão de Poluentes na Linha Vermelha.....	146
Tabela 6.14 - Média de Contribuição de Poluentes (g/kmh).....	149

## LISTA DE SIGLAS

ACI	Airports Council International
AIRJ	Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
APTA	American Public Transportation Authority
APU	Auxiliary Power Units
ASAS	Airport Surface Access Strategy
BH	Belo Horizonte
BRT	Bus Rapid Transit
CBA	Código Brasileiro de Aeronáutica
CDG	Charles de Gaulle
CE	Comunidade Européia
CENTRAN	Centro de Excelência de Engenharia de Transportes
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPPE	Coordenação dos Programas Pós-graduação de Engenharia
DETRAN	Departamento de Trânsito
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EUA	Estados Unidos da América
FAB	Força Aérea Brasileira
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, atual INEA
GEF	Global Environmental Facility
GSE	Ground Support Equipment
HNO <sub>3</sub>	Ácido Nítrico
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido Sulfúrico
IATA	International Air Transport Association
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICAO/OACI	International Civil Aviation Organization
INEA	Instituto Estadual do Ambiente, antiga FEEMA
INFRAERO	Infraestrutura Aeroportuária
IPCC	International Panel on Climate Change
IQA	Índice de Qualidade do Ar
LASTRAN	Laboratório de Sistema de Transportes
LTO	Landing and Take Off
MP	Material Particulado
NMHC	Hidrocarbonetos Não Metano

NO	Monóxido de nitrogênio
NO <sub>x</sub>	Óxido de nitrogênio
O <sub>3</sub>	Ozônio
OMS	Organização Mundial de Saúde
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PDTU	Plano Diretor de Transporte Urbano
PGT/PGV	Polos Geradores de Tráfego/Viagens
PIB	Produto Interno Bruto
PKM	Passageiro por Quilômetro
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PPP	Parceria com grupos Privados ou Públicos
PROCONVE	Programa Controle Poluição do Ar de Veículos Automotores
PTS	Partículas Totais em Suspensão
QAV	Querosene de Aviação
RedPGV	Rede Ibero-americana de Estudo em Pólos Geradores de Viagem
RER	Réseau Express Régional (rede ferroviária urbana)
RIMA	Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente
RJ	Rio de Janeiro
RMRJ	Região Metropolitana do Rio de Janeiro
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RPK	Revenue Passenger Kilometers
SMTR	Secretaria Municipal de Transportes
SNEA	Sindicato Nacional das Empresas Aeroviárias
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Enxofre
SP	São Paulo
TDM	Travel Demand Model
TECA	Terminal de Carga
TGV	Train à Grande Vitesse (trem de alta velocidade)
THC	Hidrocarbonetos Totais
TP	Transporte Público
TRB	Transport Research Board
UCP	Unidades de Carro de Passeio
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
VEFM	Volume de Emissões de Fontes Móveis
VOCs/COV	Volatile Organic Compost/Composto Orgânicos Voláteis
VLP	Veículo Leve sobre Pneus
VLT	Veículo Leve sobre Trilho

## 1. INTRODUÇÃO

Existe ainda no setor aeroportuário a ideia tradicional de que este empreendimento é um lugar de partida e chegada de aviões, cargas e passageiros. Entretanto, há algumas atividades econômicas importantes, percebidas a partir da década de setenta, que geraram transformações urbanas traduzidas, principalmente, em congestionamentos e na deteriorização da qualidade ambiental no entorno dos aeroportos.

O primeiro fator econômico é o conceito de cidade-aeroporto ou aerotrópolis. No início, este termo estava relacionado aos centros de negócios e indústrias que surgiam vizinhos ao sítio aeroportuário (GÜLLER, GÜLLER, 2003 apud PENEDA et al., 2010). Mais tarde, a tendência internacional de transformar o sistema aeroportuário em um centro econômico onde se encontram hotéis, *shoppings* etc, consolidou este empreendimento como um Pólo Gerador de Viagens (PGV).

O segundo fator econômico é o aumento da taxa de movimentação aeroportuária que está em ascensão. Diversos autores afirmam que o tráfego aéreo tem aumentado a sua taxa de crescimento ao longo dos anos (HUMPHREYS, ISON, 2005 e ROMANI et al., 2010). Admitindo que o avião seja um grande consumidor de energia e que o aeroporto, além de ser o ponto de partida e chegada de aeronaves, é também o ponto de concentração e manutenção destes equipamentos, toda a infraestrutura aeroportuária deveria ser considerada como foco de emissões de poluentes atmosféricos.

Hoje em dia, um dos maiores desafios do setor é tornar eficiente o acesso/egresso aeroportuário que tem sido feito essencialmente por carros. Essa é uma questão de difícil solução, pois, apesar de um bom acesso ser de interesse do administrador aeroportuário, a gestão dos transportes não está sob a sua inteira responsabilidade.

A princípio, a grande distância dos centros urbanos parece ser o principal problema de acessibilidade. Porém, este fato persiste na maioria dos aeroportos

independente da distância e é reflexo, principalmente, da falta de planejamento (MAMEDE e ALVES, 2009).

Observa-se, que a questão do tráfego rodoviário no entorno de um aeroporto não é só um problema de geração de viagens e sim das consequências que podem ser sentidas por este empreendimento. Por exemplo, um acidente em uma via de acesso aeroportuário pode provocar filas no *check-in*, atrasos no voo e insatisfação dos clientes. O crescimento de uma cidade e o aumento no número de veículos nas redes de tráfego rodoviário no entorno do aeroporto reduz a confiabilidade deste empreendimento e aumenta a degradação ambiental do seu entorno.

Internacionalmente, já existem propostas que tentam contornar este problema: as autoridades americanas propõem a eficiência em seus veículos; os governos da Comunidade Européia (CE) estão fazendo acordos visando melhorias no transporte público (TP), na eficiência dos combustíveis e implementando os transportes de maior capacidade (IEA, 2009).

A divisão modal orientada para o transporte de maior capacidade pode ser uma estratégia para o desenvolvimento sustentável e base de planejamento para uma futura expansão aeroportuária. Por isso, os governos do mundo estão mudando o seu modo de agir tornando o aeroporto responsável pela sua área de entorno. Hong Kong, São Francisco, Heathrow, Manchester, Schipol, Oslo, Charles de Gaulle e Frankfurt, por exemplo, são aeroportos que estão implementando a divisão modal associada ao transporte de maior capacidade como melhor opção a ser seguida para o controle de tráfego terrestre e para o meio ambiente, especificamente na melhoria da qualidade do ar da região onde está inserido (HUMPHREYS, ISON, 2005). Na Inglaterra, o governo inglês criou, em 1998, o *Transport White Paper*, onde quase trinta administradores aeroportuários se reuniram a fim de rever e analisar as estratégias de acesso a este

empreendimento. O objetivo era reduzir em até 50% a dependência automobilística no acesso de superfície (HUMPHREYS, ISON, 2002). Porém, o *White Paper* representou o começo de um debate. A política nacional de integração trem-ar somente vingou nos nove aeroportos ingleses, dentre os 27 inseridos no *Paper*, que são os de maior movimentação de passageiros, cujos valores são entorno de (WAC, 2002): Heathrow (63 milhões/ano), Gatwick (30 milhões/ano), Manchester (20 milhões/ano), Stansted (16 milhões/ano), Birmingham e Glasgow (8 milhões/ano), Luton (7 milhões/ano), Belfast (4 milhões/ano) e Aberdeen (3 milhões/ano).

Enquanto isso, no Brasil, o rápido crescimento do número de usuários do transporte aéreo, somado à interrupção de projetos de modernização e ampliação de aeroportos está deixando o sistema próximo do ponto de ruptura (ALVAREZ, 2010). O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) da Copa 2014 prevê alguns projetos de acessibilidade para os aeroportos internacionais brasileiros: Bus Rapid Transit (BRT) para Bahia, Mato Grosso, Paraná e Rio de Janeiro; Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) para Brasília, e; eixo viário para Rio Grande do Norte (SINAENCO, 2010). Porém, nota-se que estes projetos estão aquém das reais necessidades brasileiras, pois existem aeroportos que produzem grande contingente de viagens terrestres e não estão inseridos no PAC, é o caso, por exemplo, dos aeroportos de Congonhas e Guarulhos, os mais movimentados do país.

Vale destacar que, seguindo a tendência internacional, grande parte da acessibilidade aeroportuária brasileira também é feita pelo modal rodoviário. Para ilustrar esta informação tem-se somente um único estudo desenvolvido por Goldner e Andrade (2001 e 2002) para o Aeroporto Salgado Filho e Hercílio Luiz onde cerca de 70% das viagens são em automóveis, complementado por ônibus, trens e vans.

No caso do Brasil, os aviões se tornaram os ônibus do ar e os aeroportos ficaram

barulhentos, lotados e desconfortáveis. A INFRAERO ou o governo talvez não tenham recursos ou técnicas para dar conta da demanda atual, quanto mais dos imensos desafios que se avizinham. Nas últimas décadas, enquanto a demanda por passageiro crescia a infraestrutura aeroportuária foi se deteriorando, sem receber, por parte dos sucessivos governos, os investimentos necessários para modernizá-la (ROMANI et al., 2010).

O crescimento econômico advindo da implantação de um aeroporto é muito importante para o desenvolvimento de uma cidade. Porém, quanto uma determinada região será agredida ambientalmente para a implantação ou expansão deste empreendimento e qual o impacto ambiental negativo que este irá acarretar são questões que devem ser consideradas.

## 1.1 HIPÓTESE E OBJETIVO

Esta Tese é resultado de uma pesquisa iniciada ainda no mestrado, na qual se chegou à conclusão que, dependendo da região onde um aeroporto se situa, o impacto na qualidade do ar pode ser maior fora do sítio aeroportuário.

Percebe-se que os aeroportos localizados nas grandes metrópoles e que possuem um movimento significativo de passageiros impactam com maior intensidade o seu entorno do que outros aeroportos de menor porte situados em regiões ainda pouco urbanizadas.

Sabendo que há um crescimento no movimento de passageiros e o acesso aeroportuário é uma questão pouco considerada, a hipótese que surge é que haverá uma melhora na qualidade do ar na área do entorno deste empreendimento se o uso do transporte de maior capacidade for implementado.

Visando tratar esta questão, o objetivo principal desta Tese é propor um procedimento para analisar o efeito na qualidade do ar em função da divisão modal no

acesso terrestre aeroportuário.

Tal procedimento estará voltado para aeroportos que possuam movimento de passageiros significativo e por isso são caracterizados como PGVs. Neste contexto, o procedimento visa abranger o transporte de passageiros contemplando duas situações: a atual e a futura, assumindo-se que os usuários dos automóveis e de outros modos rodoviários de menor porte serão transferidos e absorvidos pelas modalidades coletivas de maior capacidade e ambientalmente sustentáveis.

Os poluentes considerados serão aqueles que interferem diretamente na qualidade do ar: óxido de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), o material particulado (MP), o monóxido de carbono (CO) e os hidrocarbonetos (HC). O dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) não será levado em conta porque ainda não há regulamentação para a restrição de emissão nos veículos rodoviários.

O procedimento proposto será aplicado no aeroporto do Galeão, considerando como situação futura as Olimpíadas de 2016 e como modalidades de transportes de maior capacidade o metrô - Linha 5 Aeroportos Galeão-Santos Dumont (SMTR, 2005) e o BRT - Transcarioca Galeão/Barra (SIANENCO, 2009), conforme previsões governamentais.

## 1.2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Um dos problemas que os gestores aeroportuários enfrentam são as políticas internas do setor. Um administrador aeroportuário inglês declarou que é mais fácil conseguir subsídios para ampliação aeroportuária do que receber investimentos para promover um serviço de transporte para os seus funcionários. Outro declarou que é muito difícil a alta cúpula do setor aeroportuário entender que as melhorias no sistema de transportes terrestres podem influenciar positivamente a economia deste mercado.

Para estes, o centro do negócio são as aeronaves. E ainda, um administrador aeroportuário admitiu para os autores deste mesmo artigo que não sabia o que seria uma boa estratégia para melhorias no acesso de um aeroporto (HUMPHREYS, ISON, 2005).

Estimativas sugerem que durante a Copa de 2014 e as Olimpíadas de 2016, o tráfego aéreo no Brasil será 49% maior do que o atual (ROMANI et al., 2010). Considerando que a maioria das pessoas que acessam o aeroporto o faz de carro, este incremento é um fator preocupante para o entorno deste empreendimento. Para suprir esta demanda e ciente dos problemas que os aeroportos brasileiros enfrentam, o governo anunciou investimentos de até oito bilhões de Reais em dezesseis aeroportos. Porém, um estudo do Sindicato Nacional das Empresas Aeroviárias (SNEA) mostra que o problema vai continuar quase do mesmo tamanho, ainda que os projetos saiam do papel como planejado, ou seja, um déficit de 30% em sua capacidade operacional..

A degradação da qualidade do ar tornou-se um problema ambiental dos mais significativos tanto nos países industrializados como naqueles em desenvolvimento. Embora a qualidade do ar urbano, em países desenvolvidos tenha sido controlada nas duas últimas décadas, nos países em desenvolvimento está piorando tornando-se uma ameaça para a saúde e bem estar das pessoas e do meio ambiente (INEA, 2009).

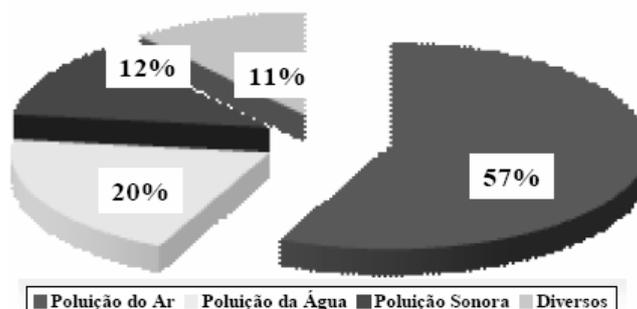
Ainda que haja pouco interesse tanto científico quanto político para a questão da poluição do ar ligada ao tráfego aéreo, sabe-se que (FABUREL et al., 2006):

- As atividades aéreas emitem, em número e volume, poucos poluentes quando comparados aos produzidos pelo tráfego de automóveis de uma aglomeração inteira;
- Há uma incerteza em relação ao impacto do aeroporto na qualidade do ar, porém, quando se avalia todo o sistema e ainda se contabilizam todas as atividades induzidas por esta infraestrutura, alguns questionamentos surgem.

Enquanto o transporte é uma fonte móvel de emissão de poluentes, o empreendimento de cada sistema modal pode ser considerado uma fonte fixa de emissão, uma vez que são nesses lugares ou muito próximos a estes que ocorrem a concentração e a manutenção destes transportes, dando origem a diversos outros tipos de poluentes.

Infelizmente, no Brasil, não existe um ponto de monitoramento de qualidade do ar em qualquer aeroporto (FEEMA, 2005) e, por isso, não é possível saber qual é a real emissão gerada por este tipo de empreendimento ou qual a intensidade de poluentes atmosféricos que a população que frequenta, trabalha e reside nesta região está exposta.

Além disso, a dependência exagerada do transporte rodoviário brasileiro (ALVAREZ, 2010) tem como uma das suas consequências a poluição atmosférica que já é contabilizada pelo INEA, como a que mais incomoda (57%) a população fluminense (Figura 1.1).



**Figura 1.1 – Reclamações da população do RJ relacionadas à poluição**

Fonte: INEA, 2009.

Mesmo com a existência de diferentes opções de sistemas de transportes em operação na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), a falta de planejamento estratégico não tem permitido o aproveitamento da potencialidade de cada um dos modais disponíveis. Observa-se que, além de racionalização, o sistema de transporte carece de informações para a realização de um diagnóstico preciso, a rede como um todo é desconhecida (ROCHA et al., 2010).

A acessibilidade é um dos pontos fracos dos aeroportos brasileiros, como é o caso do Aeroporto Internacional Antonio Carlos Jobim do Rio de Janeiro/Galeão (AIRJ), que sem linhas do metrô ou trem ligando os terminais ao Centro, deixará o passageiro à mercê de serviços de ônibus e táxis de qualidade duvidosa. Atualmente, motoristas enfrentam quarenta minutos de espera para sair do estacionamento do AIRJ, praticamente uma viagem Rio - São Paulo (MARQUEIRO, 2010).

Neste sentido, a escolha do AIRJ como objeto de estudo se define por:

- Aeroporto do tipo internacional, com potencial para movimentar quinze milhões de passageiros, operando atualmente com apenas 40% da sua capacidade (SILVA, 2008). Inclusive, a Associação Internacional de Transporte Aéreo (IATA) recomenda que as obras de ampliação e remodelação dos aeroportos sejam feitas para absorver sem traumas as demandas do tráfego aéreo (ROMANI et al., 2010).
- Uma das principais aeroportos do Brasil apresentando um movimento significativo de passageiros em nível nacional (MOREIRA, 2008);
- Localizado no Rio de Janeiro, cidade que sediará a Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas de 2016 – um aeroporto neste tipo de evento é considerado fundamental e por isso deve possuir uma infraestrutura eficiente.

A realização destes dois eventos representa riscos reais de colapso do transporte aéreo (ALVAREZ, 2010). Os congestionamentos aéreos, as pistas e/ou terminais lotados são problemas capazes de serem resolvidos com investimentos, mas podem falhar se estes não ultrapassarem as fronteiras aeroportuárias, transferindo as frustrações do ar para o solo. São diversas as possibilidades em modal o que não faz sentido é a inércia da maioria dos responsáveis pela gestão dos transportes em cidades onde predomina o congestionamento, o mau uso das vias, o precário gerenciamento dos meios e os elevados níveis de poluição (IACD, 2006).

### 1.3 CONTRIBUIÇÕES E RESTRIÇÕES

Os trabalhos que abordam os problemas de acessibilidade e dos impactos do aeroporto na qualidade do ar são recentes e ainda não apresentam uma solução clara. Eles aparecem apenas delineando um modelo de acessibilidade e, no máximo, apresentam os desafios a serem enfrentados pelos aeroportos (LEHRER e FEEMAN, 1998; YU et al., 2004; ALVES, 2005; UNAL et al., 2005; CARSLAW et al., 2006; GELHAUSEN e WILKEN, 2006; LANDSBERG, 2006; SCHÜRMAN, et al., 2007; CALDAS, 2008; GUEDES, 2008; HU et al., 2009; ADAMKIEWICZ et al., 2010; MATISZIW e GRUBESIC, 2010; SANTOS, 2010), sem preocupar-se em apontar uma solução ou as etapas básicas que contemplam os problemas já existentes.

Observou-se que existiram alguns trabalhos que tiveram a preocupação em analisar os diversos aspectos da divisão modal. Contudo, estes trabalhos ressaltaram critérios pontuais, não abordando o problema de forma ampla e poucas vezes associando os três pilares que sustentam este trabalho: aeroporto, divisão modal e qualidade do ar. Alguns exemplos mais recentes são:

- Divisão modal - TIWARI, 2008; LERNER, 2009; LITMAN, 2010; MAMUN et al., 2010; CARSE, 2011.
- Divisão modal e uso do solo - KNEIB, SILVA, 2005; SOARES, 2006; DAL PRÁ et al., 2008; LARRAÑAGA, CYBIS, 2010.
- Divisão modal e emissão de poluentes - CASTRO, STRAMBI, 2008; GOMES, FARIA, 2008; ROSA, 2008; GEF, 2009; CYBIS, ARIOTTI, 2010; DOLL et al, 2010; LIN et al., 2010; TOBIAS, PAIVA JUNIOR, 2010; KHANNA et al., 2011; MÄÄTTÄ-JUNTUNEN et al., 2011
- Divisão modal e qualidade do ar - LORA, 2000; REAL et al., 2001, MOREIRA, TIRABASSI, 2004; KIM et al., 2010; KOTA et al., 2010.

- Divisão modal e sustentabilidade/impacto ambiental - SHAPIRO, et al., 2002; GEF, 2009; CÁCERES, PÉREZ-MARTÍNEZ, 2010; KNEIB, TEDESCO, 2010; OCAÑA, MUNDÓ, 2010; RE, 2010; SANEINEJAD et al., 2010.

Notam-se com nitidez os impactos negativos que um PGV, como os aeroportos de maior porte, exerce sobre o sistema viário de uma cidade, especialmente em contextos com deficiências de planejamento. Inclusive há procedimentos destinados a prever e tratar os impactos de tais PGVs (MENEZES, 2000; CAVALCANTE, 2002; PORTUGAL, GOLDNER, 2003; CUNHA, 2009), entretanto verifica-se a incipiência de trabalhos que abordem explicitamente a qualidade do ar.

Por outro lado, os estudos que abordaram os aeroportos como agentes influentes no seu entorno são escassos e recentes: Rogers et al. (2002), Yoshinaga (2002), ITE (2005), Braga e Guedes (2008) e AIRPARIF (2009). Não obstante, existem algumas etapas que podem ser consideradas quando a abordagem é para PGVs de uso misto (Portugal e Goldner, 2003; e Vargas 2005), como será observado na Tabela 3.1 do Capítulo 3 desta Tese.

Talvez seja por este motivo que até então não tenha sido encontrada nenhuma formatação ou padronagem, tanto no que tange aos procedimentos, como nos modelos de análises adotadas para a qualidade do ar no entorno do aeroporto. Sem contar a necessidade de explorar e contextualizar o tema de acordo com a realidade brasileira através de métodos compatíveis com as condições locais e com o empreendimento em questão.

A partir da revisão bibliográfica e da análise de casos, o presente trabalho busca apontar etapas para analisar a qualidade do ar impactada pelo tráfego terrestre gerado por aeroportos. Observa-se que o acesso e o egresso do aeroporto têm um papel importante no estudo de planejamento do lado terra e na modelagem de tráfego na

vizinhança aeroportuária. Entretanto, tais decisões são influenciadas por diversos elementos, tais como aqueles que afetam os padrões de viagem e as opções disponíveis de transporte (TRB, 2008). Por isso, há a necessidade de um procedimento específico que represente o impacto na qualidade do ar que esta movimentação de passageiros gera no seu entorno.

Até agora, nenhum consenso emergiu para mostrar quais são as variáveis ou como os modelos de previsão de viagens podem ser implantados de forma significativa no estudo de PGVs. Outrossim, não se tem dado atenção à confiabilidade dos modelos utilizados. Percebe-se que estes são altamente especializados e não entendidos pelos planejadores e administradores de aeroportos. Com crescimento das conexões intermodais, há uma necessidade maior de melhorar as atuais práticas destas ferramentas que tratam da acessibilidade aeroportuária (TRB, 2008).

Além disso, no caso brasileiro, a restrição a maioria dos dados referentes à aviação civil dificulta a realização de pesquisas que possibilitariam à comunidade científica realizar análises e propor sugestões para os problemas do setor. E quando estes estão disponíveis faz-se necessário despender recursos financeiros que nem sempre os pesquisadores podem arcar.

Com a abordagem deste assunto pretende-se contribuir para uma aplicação efetiva de ações de intermodalidade no setor aeroportuário brasileiro. O propósito é apontar as etapas que devem ser seguidas para uma análise deste tipo e neste sentido contribuir de maneira positiva com o tráfego já prejudicado das grandes metrópoles brasileiras. Com a aplicação do procedimento será possível avaliar a melhor opção a ser seguida, evitando o aumento no número de viagens em carros particulares com a utilização de modais sustentáveis, sem prejudicar a acessibilidade e ao mesmo tempo garantir a qualidade de vida da população. Nesse contexto e a fim de garantir a melhor inserção

possível de um polo aeroportuário na malha viária existente e na sua área de influência imediata, faz-se necessário um procedimento para analisar o aeroporto como PGV enfatizando o seu acesso e o efeito da divisão modal na qualidade do ar.

#### 1.4 ESTRUTURA DA TESE

Além da Introdução, este trabalho contém mais seis capítulos. O esquema apresentado na figura 1.2 ilustra que esta Tese será desenvolvida em quatro blocos.

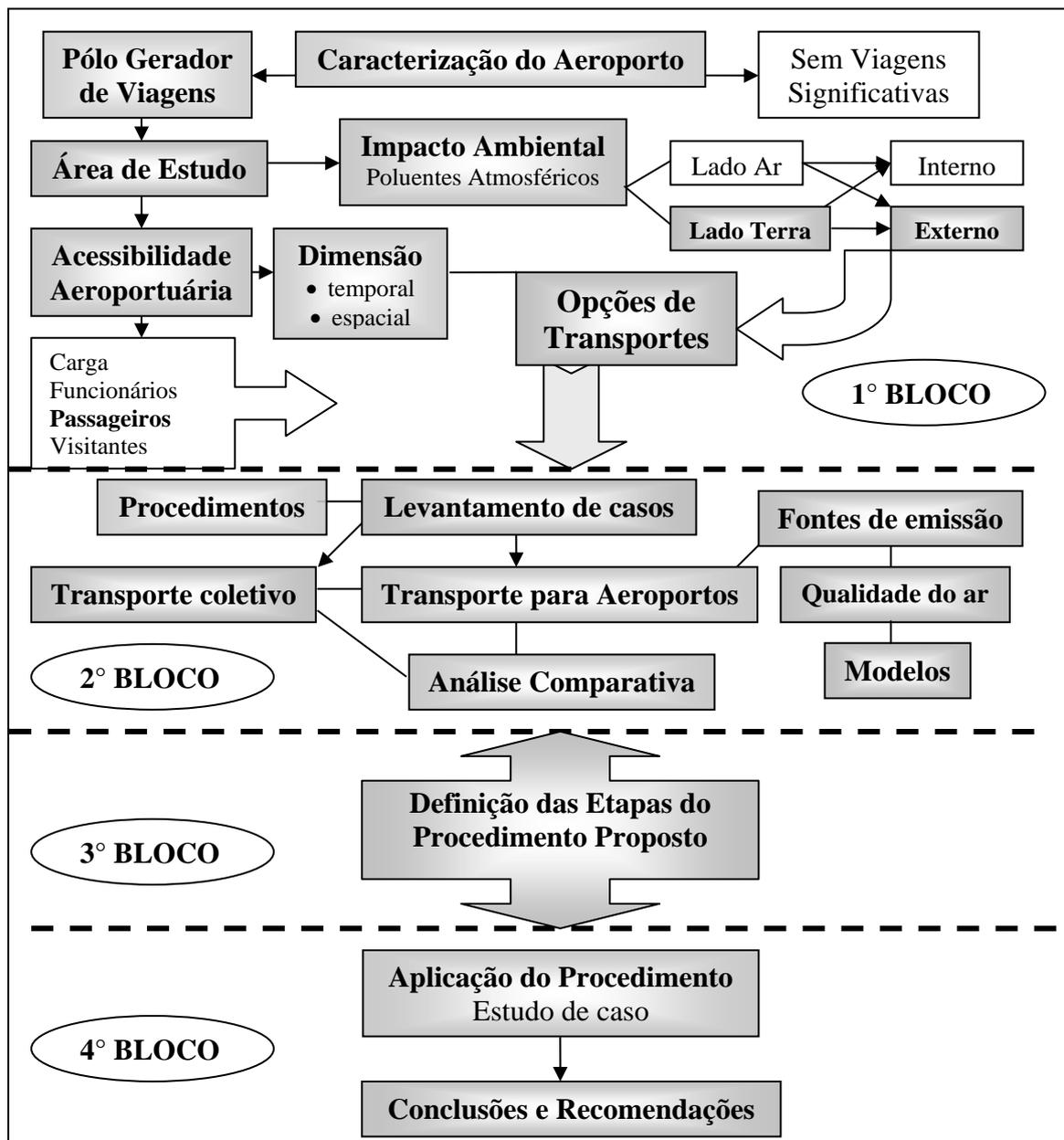


Figura 1.2 – Delimitação e contextualização da pesquisa

O primeiro bloco contextualiza e delimita o problema a ser tratado na Tese, contemplando não só o Capítulo 1 como o:

- Capítulo 2 - Caracterização Aeroportuária: abordagem do aeroporto como PGV; definição dos diversos impactos ambientais gerados por aeroportos focando nas fontes de emissão de poluentes atmosféricos; fatores intervenientes na acessibilidade deste empreendimento e na dimensão espacial e temporal.

O segundo bloco busca sistematizar o conhecimento através do levantamento dos procedimentos e modelos disponíveis destinados a estudar e prever os efeitos na qualidade do ar e sua relação com a divisão modal. Este abrange:

- Capítulo 3 – Impacto do Aeroporto no Sistema Rodoviário: elementos necessários para definir um PGV e estabelecimento de uma relação entre divisão modal e qualidade do ar;
- Capítulo 4 - Variáveis e Modelos Usados para a Previsão dos Impactos na Qualidade do Ar: embasamento dos problemas da poluição atmosférica e caracterização de variáveis e modelos usados para estimar a emissão de poluentes.

O terceiro bloco tem o propósito de descrever e sustentar o procedimento proposto no Capítulo 5 – Procedimento para análise do impacto do acesso aeroportuário na qualidade do ar. A partir daí serão traçados cenários que contemplarão a situação atual e futura. A primeira levando em conta o crescimento na demanda de passageiros e a manutenção das práticas atuais em termos de acessibilidade. A segunda considerando a substituição gradativa dos modos rodoviários usuais pelos transportes de maior capacidade.

O quarto e último bloco é a aplicação do procedimento e das conclusões deste trabalho:

- Capítulo 6 – Estudo de Caso: apresentação do AIRJ e da cidade do Rio de Janeiro

com sua topografia diversificada e o que se tem feito na gestão da qualidade do ar.

Aplicação do procedimento proposto;

- Capítulo 7 - Conclusão: considerações finais correspondentes às potencialidades, limitações deste trabalho e sugestões para pesquisas futuras referentes ao tema.

## 2. CARACTERIZAÇÃO AEROPORTUÁRIA

Um aeroporto pode ser fonte de diversos impactos, sejam negativos, sejam positivos. A magnitude na distribuição destes impactos repercute diferentemente ao longo do tempo e do espaço, de acordo com o contingente de viagens atraídas pelo ar e por terra, bem como pela sua localização. Portanto, apontar os parâmetros que definem quando o aeroporto será, de fato, um polo que provoca consequências no seu entorno se faz necessário para se alcançar o objetivo deste trabalho.

Nesse contexto, será dado destaque aos impactos ambientais do setor, mais especificamente os efeitos das emissões atmosféricas provenientes do acesso aeroportuário na qualidade do ar. Os aspectos que fazem parte desta pesquisa estão apresentados sucintamente na Figura 2.1.

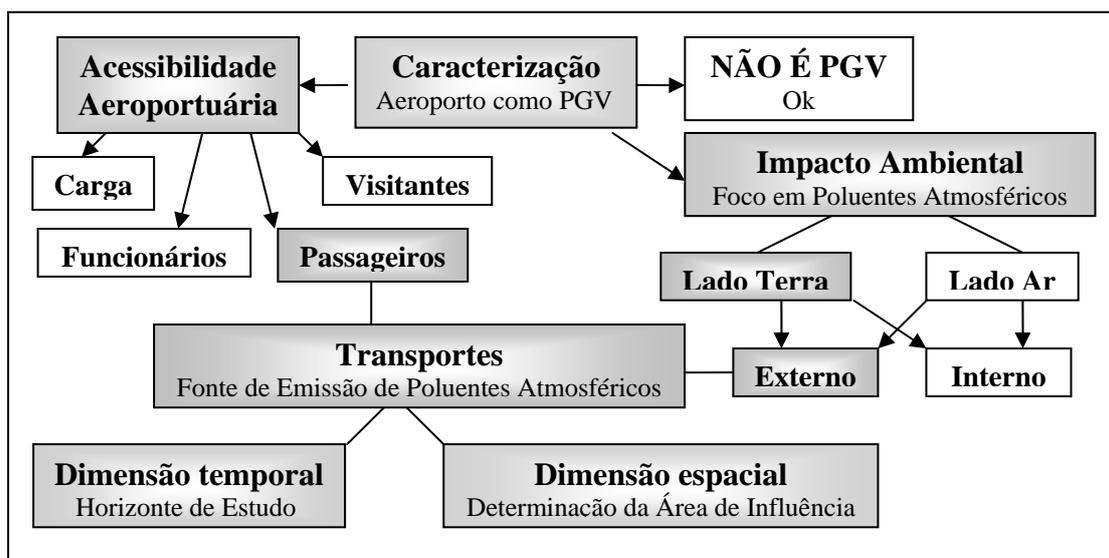


Figura 2.1 – Estrutura do Capítulo 2

Para desenvolver suas funções básicas, um aeroporto deve possuir alguns elementos essenciais, expostos no item 2.2.2. Tanto a infraestrutura do lado ar, quanto a infraestrutura do lado terra são determinantes na capacidade do tráfego de acesso (REYNOLDS-FEIGHAN, BUTTON, 1999).

Como a maior consequência do crescimento aeroportuário são os congestionamentos na rede viária no entorno do aeroporto e a deteriorização da

qualidade ambiental (HUMPHREYS et al., 2005; ANICETO, 2010), esta Tese irá se concentrar na infraestrutura aeroportuária do lado terra. No Heathrow, por exemplo, foi estimado que 80% da poluição do ar são derivados do tráfego rodoviário da região, enquanto 20% são das aeronaves.

Para os pequenos aeroportos a dominância dos carros particulares como opção de acesso se explica pela falta de fluxo de tráfego necessário para sustentar uma competitividade entre os serviços de TP. Já nos grandes aeroportos (item 2.3), são maiores as opções em transporte de maior capacidade (HUMPHREYS et al., 2005).

## 2.1 AEROPORTO COMO PGV

Pouco se vê na bibliografia algo sobre os aeroportos como PGV. Na realidade, o estudo destes é bastante complexo, devido ao comportamento diversificado dos seus usuários em relação às suas viagens de acesso e egresso (GOLDNER, GOLDNER, 2006).

Segundo a Rede Íberoamericana de Estudo em Polos Geradores de Viagem (2005 apud Silva, 2006), os PGVs necessitam ter sua concepção ampliada, considerando além de seus potenciais impactos nos sistemas viários e de transportes, os impactos na estrutura urbana, no desenvolvimento sócioeconômico e na qualidade de vida da população.

Kneib (2004) afirma que os conceitos existentes sobre PGVs os caracterizam como focos que causam impactos nos sistemas de transporte a curto e médio prazo. Estes conceitos são importantes para o planejamento operacional do sistema de transportes, possibilitando aos órgãos gestores a adoção de medidas mitigadoras para possíveis impactos negativos decorrentes da implantação deste empreendimento.

Apesar de haver várias definições, desde que o termo PGV surgiu, para uma

compreensão adequada será apresentado o conceito tradicional estabelecido por Portugal e Goldner (2003):

“Locais ou instalações de distintas naturezas que têm em comum o desenvolvimento de atividades em um porte e escala capazes de exercer grande atratividade sobre a população, produzir um contingente significativo de viagens, necessitarem de grandes espaços para estacionamento, carga/descarga, embarque/desembarque, promovendo, conseqüentemente, potenciais impactos.”

Para distinguir os PGVs e considerar os impactos causados por estes no ambiente urbano, é preciso notar que a implantação de um empreendimento do porte de um aeroporto atribui elementos de centralidade à sua área de influência. Devido ao fato de os PGVs gerarem aumento no fluxo de veículos nas vias de acesso e em seu entorno, é de extrema importância que se determine tal incremento e se especifiquem os impactos a serem provocados direta e indiretamente no entorno destes polos. É preciso analisar se as vias de acesso e do entorno podem absorver esse acréscimo veicular e de pedestres, de forma a não provocar externalidades indesejadas (CUNHA, 2009).

A amplitude dos impactos causados pela implantação e operação de empreendimentos geradores de viagens atinge o meio ambiente urbano de forma positiva e/ou negativa, segundo diferentes percepções dos atores envolvidos, o que mostra a complexidade desta tarefa.

Os parâmetros para analisar empreendimentos geradores de viagens são baseados, geralmente, na área construída e no número de vagas para estacionamento. Entretanto, o ITE (1992 apud PORTUGAL, GOLDNER, 2003; TOLFO, 2006) identificou, através de pesquisa por questionário efetuada nos Estados Unidos e no Canadá, 41 variáveis explicativas relacionadas a 120 tipos de usos de solo em diversos PGVs.

Com o aumento de tráfego aéreo os aeroportos cresceram e desenvolveram-se deixando de ser apenas *hubs* ou infraestruturas no sistema de transporte aéreo, para serem também espaços multifuncionais. Este conceito advém do fato dos aeroportos

atuarem com várias empresas de diferentes propósitos, onde confluem diversas infraestruturas e modos de transporte (ANICETO, 2010).

Segundo Stevens (2006), os aeroportos emergem como importantes centros de atividades no sistema urbano, com uma complexidade crescente de infraestruturas, transportes, uso do solo e de relações empresariais com impactos em todo o território metropolitano, tendo que ser analisados em conjunto com a região envolvente e não isoladamente. Em geral, é hoje consensual entre os diversos autores e estudos sobre transportes, que os aeroportos são um fator de crescimento urbano devido à sua capacidade de gerar emprego e negócios, de congregar infraestruturas e modos de transporte terrestre, os tornando pontos focais nas metrópoles (ANICETO, 2010).

De acordo com o *Institute of Transport Engineers* (2008), um aeroporto comercial é considerado polo quando sua capacidade gera 18,1 viagens diárias por empregado; 150,3 viagens diárias por voo, e 150,2 viagens diárias por aeronave. O ITE (2005) classifica ainda o porte das atividades em baixo (menos de 500 viagens veiculares na hora do pico), moderado (de 500 a 1000 viagens veiculares na hora do pico) e alto (acima de 1000 viagens veiculares na hora do pico). Os aeroportos que estão inseridos nessa classificação, como normalmente são os internacionais, serão os focos de atenção para o desenvolvimento deste trabalho.

Internacionalmente, a consciência de que o aeroporto é um PGV estimula estudos com o objetivo de incrementar a intermodalidade e assim reduzir os impactos ambientais deste sistema. De acordo com o tipo e a capacidade de geração de viagens associado à verticalização das áreas centrais, à ocupação da periferia e à crescente taxa de motorização, o PGV pode provocar uma série de transformações que podem ser classificados como (CUNHA, 2009):

a) impactos urbanos – alteração do valor de terrenos (valorização ou

descharacterização da área do entorno), alteração do uso do solo, da densidade ou da ocupação física deste;

- b) impactos histórico-culturais – considera os resultados sobre os bens de valores histórico e cultural nas áreas adjacentes. As modificações na estrutura da paisagem local devem buscar uma solução física de projeto, de modo a evitar o adensamento urbano;
- c) Impactos ambientais – aumento do fluxo de veículos nas vias de acesso e na área de influência do empreendimento, transtorno no tráfego da região do entorno ocasionando congestionamentos, alteração dos níveis de serviço das vias, diminuição da segurança de veículos e pessoas, aumento do número de acidentes envolvendo a população do entorno, incremento de ruídos e vibrações, intrusão visual, modificação do uso, valor ou ocupação do solo, poluição do ar e do solo, e perda de áreas verdes ou de lazer.

No Brasil, a classificação das atividades geradoras de tráfego é de responsabilidade do poder municipal que estabelece os parâmetros mais adequados para cada tipo de empreendimento e avalia seus impactos. A Associação Nacional dos Transportes Públicos (ANTP, 1995) afirma que o controle dos empreendimentos urbanos que atraem grande quantidade de deslocamentos de pessoas e/ou cargas é uma importante forma de minimizar ou eliminar os impactos indesejáveis que possam ter sobre o transporte e o trânsito da sua área de influência. Tal controle pode ser feito através de instrumentos legais (leis e regulamentos que definam a obrigatoriedade de que novas construções e ocupações com características que sejam submetidas à análise dos órgãos competentes de transporte e trânsito) e técnicos (associados aos instrumentos legais garantindo o convívio entre o tráfego de interesse local e o tráfego de passagem, bem como condições adequadas de segurança para os usuários, prevenindo situações de

risco para veículos e pedestres).

## 2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS AEROPORTUÁRIOS

Algumas vezes os impactos ambientais produzidos no setor de transporte atingem pessoas que não são, necessariamente, usuárias do sistema. No caso específico do setor aeronáutico brasileiro esta situação é agravada uma vez que grande parte da população não tem condições financeiras para usar este modal e ficam diretamente expostas aos impactos negativos do setor.

Na Europa e na Inglaterra, pesquisas sugerem que até 2030 o número de passageiros em aeroportos pode triplicar. Preocupados com este crescimento e com os impactos ambientais locais e globais a CE declarou (1999 apud UPHAM et al., 2003):

“A indústria do transporte aéreo está crescendo mais rápido do que produzimos e introduzimos tecnologias e avanços com o objetivo de reduzir o impacto ambiental na fonte. Tal impacto está no limite uma vez que as melhorias ambientais não estão conseguindo acompanhar as taxas de crescimento do setor resultando, por exemplo, no aumento das emissões de gases que contribuem para o efeito estufa.”

É grande a preocupação atual com o impacto ambiental gerado pelos aeroportos. Por isso, têm sido criados e adotados programas ambientais para atuação em variadas frentes, tais como: licenciamento ambiental, tratamento de resíduos, ruído, eficiência energética, controle de poluição, dentre outros. Soma-se a isto a importância da busca pela sustentabilidade que podem ser aplicadas às edificações aeroportuárias ao se considerar que, mais sendo espaços públicos ou semi-privados, eles passam a ser entendidos como cidades (cidades-aeroporto) e neste sentido são instrumentos utilizados no planejamento e na gestão urbana (TEIXEIRA, AMORIM, 2005).

### 2.2.1 Os principais impactos ambientais aeroportuários

A preocupação com o impacto ambiental causado por aeroportos surgiu nos EUA

e na Europa devido ao rápido crescimento das atividades da aviação civil com o início das operações de aeronaves a jato de grande porte.

A poluição do ar, da água e sonora são os três principais impactos mais comumente associados à operação deste sistema e mais preocupantes. Mas existem problemas relacionados à poluição do solo, causadas pela condução da chuva de produtos encontrados nos pátios e pistas dos aeroportos (produtos químicos usados para limpeza, vazamentos e armazenamentos de solventes, combustíveis, óleos e graxas das áreas industriais). Além de outros problemas ambientais, causados por acidentes aeronáuticos, incidentes ou procedimentos de emergência (despejo de combustível em vôo para tornar possível a aterrissagem com segurança), problemas resultantes da construção ou expansão dos aeroportos e das infraestruturas associadas (perda de terreno, erosão do solo, desvio dos cursos dos rios, drenagem dos solos, poluição visual e outros impactos durante as obras).

As diversas atividades realizadas nos aeroportos podem causar também impacto positivo na urbanização de uma área atraindo novas residências ou comércio. A área destinada a este propósito e para construção do aeroporto, às vezes, causa impacto negativo em construções histórico-culturais, assim como na flora, na fauna e até em campos arqueológicos. Em alguns casos, comunidades podem ter de ser realocadas (SIMÕES, 2003).

### **2.2.2 Fatores que influenciam as emissões de poluentes atmosféricos aeroportuários**

Na infraestrutura aeroportuária, a poluição do ar é oriunda de atividades de veículos de apoio em terra, dos sistemas de manipulação e armazenagem de combustíveis, dos testes de motores, do tráfego de acesso aeroportuário, da

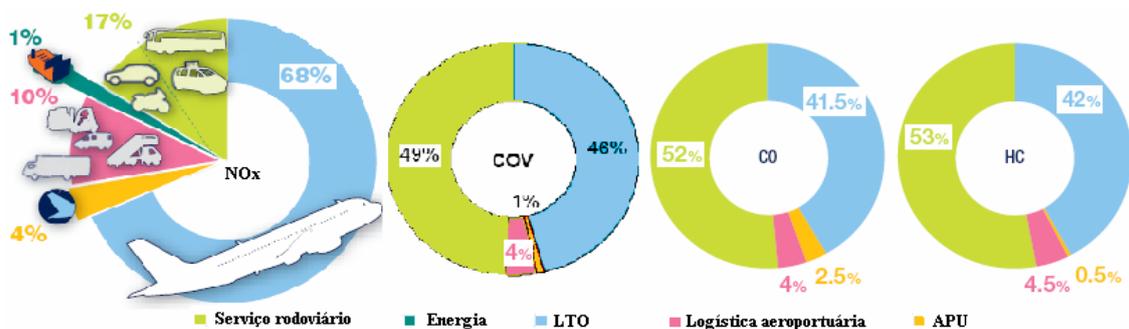
movimentação de aeronaves (táxi, aterrissagem e decolagem) e da incineração de resíduos sólidos (lixo).

A tendência em escala regional é o aumento de poluentes atmosféricos devido ao incremento na mobilidade dos cidadãos e a consequente utilização dos aviões como meio de transporte (NOVO AEROPORTO, 2004). Os efeitos ambientais globais se referem à destruição da camada de ozônio, a contribuição para o aumento do efeito estufa e a poluição do ar interfronteiras dos países.

Em geral, os maiores níveis de poluição em aeroportos, ocorrem nos pátios de manobras e nos estacionamentos para automóveis. Entretanto, eventuais “picos de poluição” podem ocorrer, dependendo das características meteorológicas, topográficas e do enquadramento regional que influenciam na qualidade do ar local (SIMÕES, 2003).

Os estudos que consideram o impacto do aeroporto nas zonas residenciais vizinhas mostram que as atividades da infraestrutura aeroportuária podem ser as principais fontes de concentração e emissão de poluentes excedendo até as normas máximas de emissão em vigor (YU, 2004 apud FABUREL et al., 2006).

Outro fator prejudicial ao meio ambiente é a formação de chuvas ácidas por meio da reação que transforma o  $\text{SO}_2$  em ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e também o monóxido de nitrogênio (NO) em ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), ambos oriundos também do sistema aeroportuário (ANDRADE, 2004). Quando se trata de poluição do ar neste sistema, o primeiro elemento que aparece como fonte principal é o avião. Contudo, no Relatório Ambiental da Air France (2004/5) desenvolvido para o Aeroporto Charles de Gaulle/Paris (Figura 2.2) observa-se que as aeronaves não são as que mais poluem e sim o serviço rodoviário.



Legenda: APU – Unidade Auxiliar de Energia.

LTO – De acordo com a ICAO o ciclo é definido em quatro módulos: aterrissagem, taxiamento, decolagem e subida.

**Figura 2.2 – Contribuição das Atividades da Air France**

Fonte: AIRFRANCE, 2005.

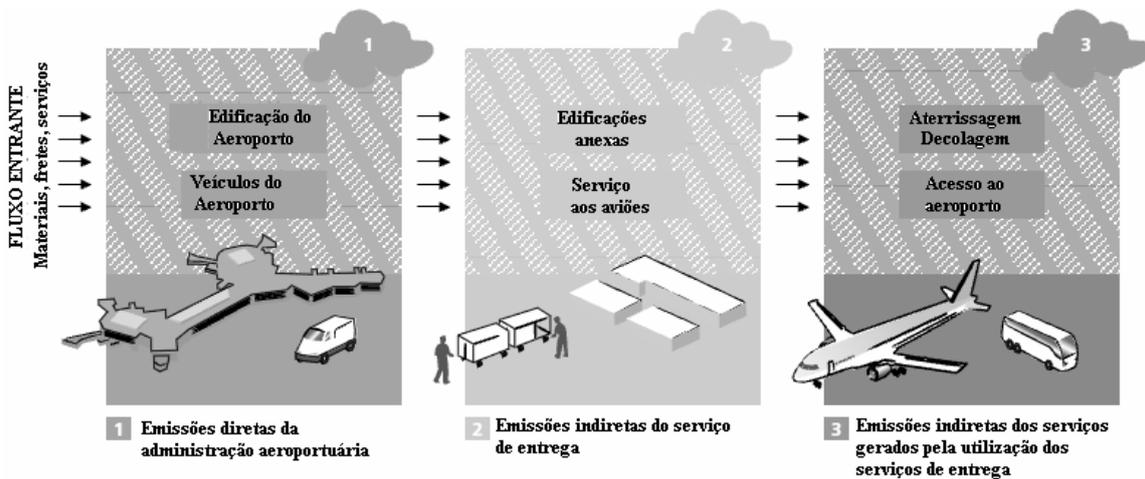
Na Tabela 2.1 comparam-se as emissões de NO<sub>x</sub> e Compostos Orgânicos Voláteis (COV) de três aeroportos norte-americanos de dimensões diversas, com as emissões de indústrias localizadas nas suas imediações, se um aeroporto for considerado como uma fonte única, verifica-se que as suas emissões são equivalentes à de unidades industriais clássicas de grande dimensão (STENZEL et al., 1996 apud NAER, 2006).

**Tabela 2.1 – Comparação entre aeroportos e fontes industriais próximas**

Aeroporto	Emissões de NO <sub>x</sub>	Indústria NO <sub>x</sub>	Emissões de COV	Indústria COV
Chicago O'Hare	4.650 ton/ano	Granite Steel Company 4.819 ton/ano	1.428 ton/ano	All Stell Inc. 1.367 ton/ano
Salt Lake City	955 ton/ano	Chevron Refinery 743 ton/ano	485 ton/ano	Magnesium Corp. 438 ton/ano
Bradley	342 ton/ano	Dexter 290 ton/ano	128 ton/ano	NE Petroleum 112 ton/ano

Fonte: STENZEL et al., 1996 apud NAER, 2006.

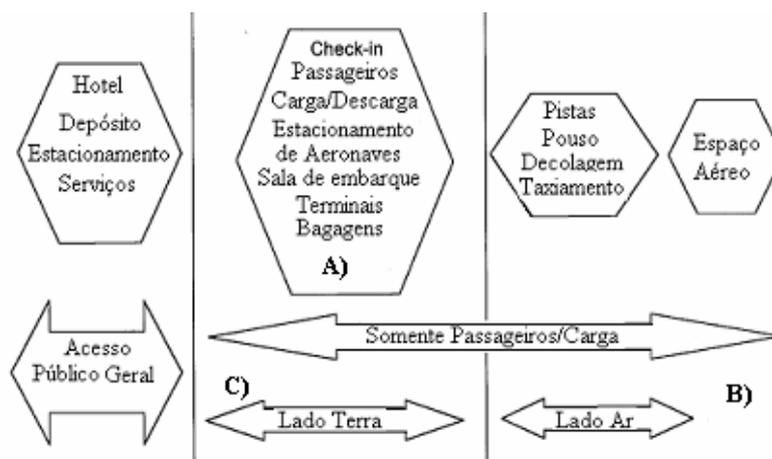
As emissões de poluentes atmosféricos aeroportuários podem se concentrar tanto na área interna do aeroporto como se dispersar em sua área de influência. As três principais emissões ligadas por atividades administrativas podem ser observadas na Figura 2.3 (AÉROPORTS DE PARIS, 2008).



**Figura 2.3 – Tipos de emissões por atividade**

Fonte: AÉROPORTS DE PARIS, 2008.

O Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA) contém diversas definições essenciais para a compreensão e funcionamento de um sistema aeroportuário e dividiu-o em três setores conforme Figura 2.4.



**Figura 2.4 – Categorias de um serviço aeroportuário**

Fonte: REYNOLDS-FEIGHAN, BUTTON, 1999.

a) área terminal – são as edificações dos terminais de passageiros e terminal de carga aérea;

Nesta área estão as fontes fixas de emissões de poluentes atmosféricos da área interna do aeroporto. Estas são constituídas, geralmente, em: caldeiras para fornecimento de energia e aquecimento (consomem óleo, gás natural e até QAV – querosene de aviação); geradores de emergência para energia adicional (consomem gasolina); incineradores onde são queimados os resíduos sólidos resultantes da



A utilização dos GSE inicia-se quando o avião chega ao terminal e é cercado por veículos que descarregam as bagagens, apóiam a limpeza dos banheiros e da cabine, além de geradores em operação que fornecem energia elétrica e ar. Quando o avião se prepara para partir haverá veículos que transportam as bagagens, alimentos usados em voo e combustível. Para a aeronave se afastar do terminal existem outras unidades que empurram e colocam na posição de taxiamento/decolagem. A frequência de uso destes equipamentos depende do tipo de avião e da planta aeroportuária. Devido à dimensão do aeroporto, existe ainda uma variedade de veículos equivalentes aos usados fora do aeroporto que servem para manutenção. Estes são direcionados para: serviços administrativos, emergência, departamento de polícia, engenharia e construções, manutenção mecânica, jardinagem, entre outros (NOVO AEROPORTO, 2004).

As APU são geradores a bordo da aeronave que fornecem energia elétrica quando os motores do avião estão desligados. Elas produzem eletricidade para operar instrumentos, os sistemas de iluminação e ventilação, aquecem os motores antes de ligarem e servem para outros equipamentos necessários quando os motores principais do avião estão desligados. Na ausência deste equipamento deve ser fornecida ao avião energia elétrica a 400MHz e ar pré-condicionado.

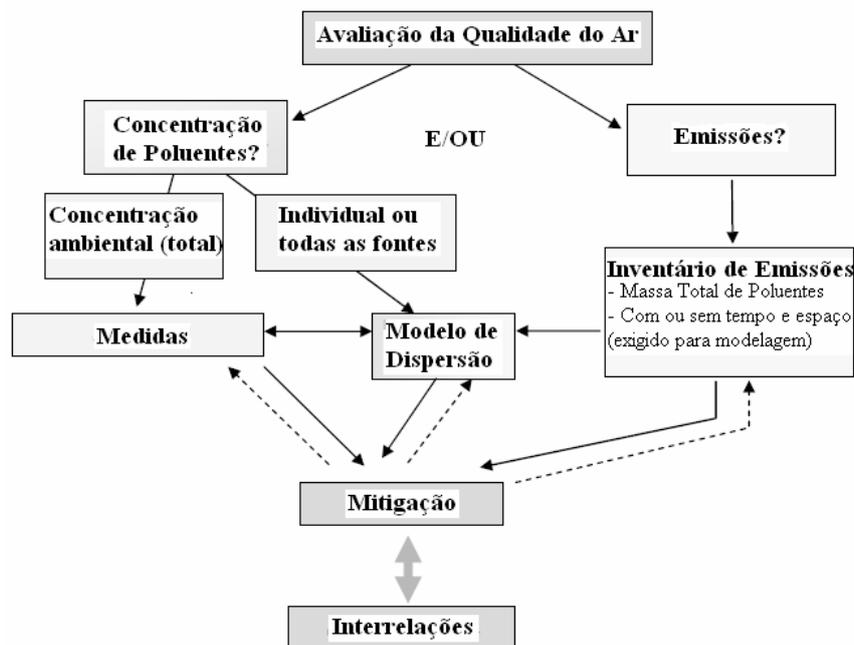
c) lado terrestre – área onde se desenvolvem as atividades ligadas aos transportes de superfície. Os principais componentes são: o sistema de vias de acesso, pontos de embarque e desembarque, áreas de estacionamento de veículos e conexões modais. Estes elementos serão explorados nos itens 2.3 e 3.3;

Todos os componentes supramencionados, tanto no lado terra quanto no lado ar, influem nos níveis de poluição do ar em um raio de até vinte quilômetros do aeroporto. É importante ressaltar que a ocupação do solo também interfere na qualidade do ar uma vez que há necessidade de disponibilizar área para a construção das pistas de

pouso/decolagem, terminais, estacionamento, áreas de serviços diversos e rede de transportes. Os aeroportos são comumente localizados perto do centro da cidade, e quanto maior a demanda do aeroporto, maior será a ocupação do solo, acarretando prejuízos não só aos habitantes, mas também a biodiversidade local (WHITELEGG e CAMBRIDGE, 2004).

### 2.2.3 Efeitos na qualidade do ar

A ICAO possui um esquema de análise de qualidade do ar específico para o setor aeroportuário (Figura 2.6). Os dois focos principais considerados para esta avaliação são: os inventários das emissões e a modelagem da dispersão de concentrações de poluentes. Não obstante, o modelo de dispersão não faz parte do escopo deste trabalho.



**Figura 2.6 – Regulamento da Qualidade do ar: elementos e suas interações**  
 Fonte: ICAO, 2007.

O inventário de emissão tem como resultado final a massa total das emissões liberadas no meio ambiente e fornece uma base para relatórios, dando conformidade, permitindo o planejamento para mitigação e pode ser usado como entrada em modelagem de concentrações de poluição atmosférica. Para se fazer uma relação entre

as emissões e às concentrações de poluentes, a distribuição espacial e temporal das emissões tem que ser avaliadas também. Esta abordagem permite a avaliação do histórico, a existência, e/ou concentrações futuras da poluição nas vizinhanças dos aeroportos ou da emissão individual por fontes. Tanto o inventário da emissão, quanto a modelagem da concentração e os elementos ambientais da medida de uma avaliação da qualidade do ar pode ser usada individualmente, e/ou combinados. Cabe ao especialista julgar o que pode ajudar no processo de entendimento, seja do planejamento do relatório, seja da conformidade e/ou da mitigação, fornecendo a informação total das condições assim como as contribuições específicas da fonte (ICAO, 2007).

Os efeitos do tráfego aéreo e do funcionamento do aeroporto sobre a qualidade do ar local são preocupações muito recentes (YU, 2004 apud FABUREL et al., 2006): o tráfego aéreo pode representar até 10% da concentração de poluentes no entorno do aeroporto e em regiões densamente urbanizadas (Amsterdam-Schipol, por exemplo); e 20% em regiões menos urbanizadas (Paris-CDG, por exemplo).

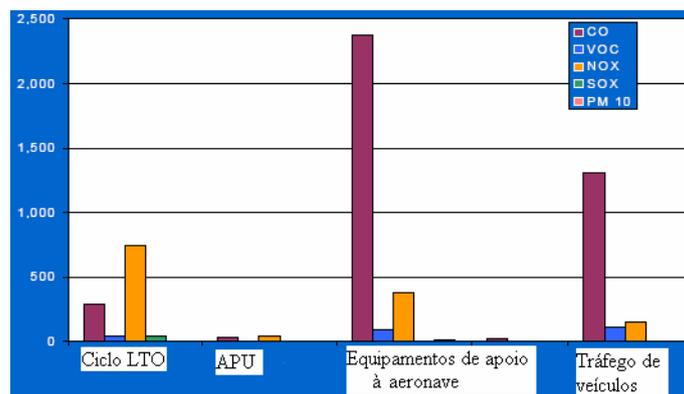
O Aeroporto de Toulouse, na França, recomenda uma primeira etapa no desenvolvimento de um trabalho de qualidade do ar em áreas vizinhas ao aeroporto que consiste em coletar todas as informações concernentes à natureza dos diferentes tipos de emissões de poluentes atmosféricos (Figura 2.7). Estas são de acordo com o número da figura (TOULOUSE, 2009):

1. Emissões de aeronaves no ciclo LTO e durante os testes de motores;
- 2 e 6. Tráfego rodoviário – público que acessa o aeroporto através dos diversos modais;
3. Veículos que apóiam as aeronaves em solo;
4. Centrais de energia térmica, instalações de climatização e refrigeração e, a rede de distribuição de gás;
5. Centros de estoque e distribuição de combustíveis;



**Figura 2.7 – Principais fontes de poluentes atmosféricos na região aeroportuária.**  
 Fonte: TOULOUSE, 2009.

O levantamento feito para a gestão da qualidade do ar no aeroporto de Vancouver (Figura 2.8) destaca as fontes de emissões atmosféricas, em toneladas, no setor. Mais uma vez é possível perceber o impacto significativo gerado pelos transportes terrestres.



**Figura 2.8 – Emissões atmosféricas por fonte**  
 Fonte: MURRAY, 2009

A partir deste levantamento as autoridades responsáveis pelo Aeroporto de Vancouver pretendem reduzir as emissões em relação ao ano de 2004 e aprimorar a eficiência energética. Estes objetivos podem ser atingidos reduzindo o tempo gasto para se chegar ao aeroporto, promovendo o uso dos transportes de maior capacidade ambientalmente sustentáveis e a utilização de combustíveis alternativos menos poluentes.

Em determinados aeroportos, como o de Miami, as emissões de NO<sub>x</sub> oriundos dos

veículos automotivos chegavam a ser cerca de 9% superiores as emissões deste mesmo poluente, resultantes das manobras dos aviões. Pesquisas similares, realizadas na China e países da Europa, chegaram à mesma conclusão, ou seja, o tráfego rodoviário próximo ao aeroporto é o fator dominante na influência da qualidade do ar. A poluição do ar local, devido à movimentação rodoviária de ingresso aos aeroportos, está em função do tipo de acessibilidade disponível. Quando o poder público incentiva o TP, a tendência é a minimização deste tipo de poluição (RIBEIRO, 2006).

Alguns estudos específicos para o setor aéreo indicam que as atividades de infraestrutura do sistema produzem um efeito considerável na qualidade do ar local (Tabela 2.2). As medidas sugerem que o aeroporto não é uma fonte insignificante de poluentes atmosféricos. Porém, tais estudos são insuficientes para quantificar a contribuição das atividades aeroportuárias devido ao tempo de monitoramento reduzido. O destaque fica por conta das contribuições que parecem ser mais dependentes da direção e velocidade do vento, do que a atividade aeroportuária em si (ENVIRON, 2008).

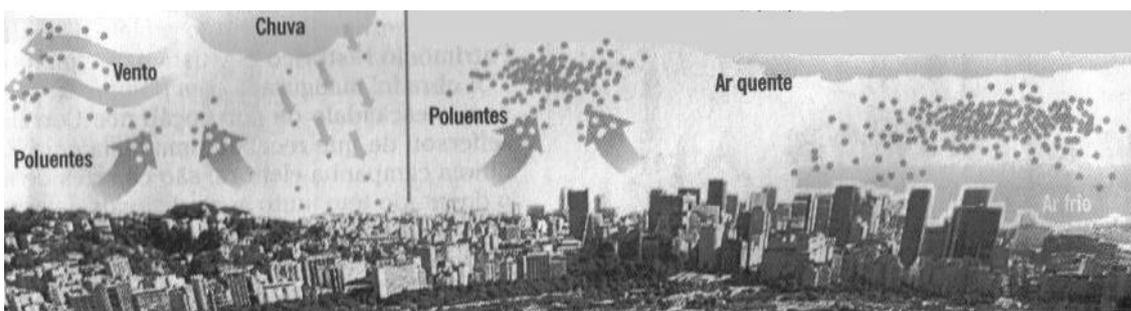
**Tabela 2.2 – Estudos de Qualidade do Ar em Aeroportos Americanos**

<b>Aeroporto</b>	<b>Duração do monitoramento</b>	<b>Poluentes atmosféricos</b>	<b>Observações</b>
Internacional de Los Angeles, Califórnia	2 semanas e 3 dias	PM <sub>10</sub> , Carbono orgânico e COV	Elevadas concentrações de fuligem no aeroporto e terminais.
Internacional O'Hare, Chicago	5 dias	PM, COV, Compostos orgânicos semi-voláteis e Hidrocarbono aromático policíclico.	Elevadas concentrações de PM <sub>2,5</sub> , aldeídos e COV no aeroporto.
Internacional Seattle-Tacoma, Washington	4 dias	COV, CO e Hidrocarbono	Aeroporto contribui com altas concentrações de benzeno.
TF Green, Warwick, Rhode Island	1 ano	COV, PM <sub>2,5</sub> e carbono negro	Concentração média de carbono negro variando de acordo com o vento no aeroporto; 5 tipos de COV excedendo a média permitida.

Fonte: ENVIRON, 2008.

A concentração real dos poluentes no ar depende tanto dos mecanismos de dispersão como de sua produção e remoção. Para a gestão da poluição do ar é preciso definir as áreas impactadas, identificar, qualificar e quantificar as fontes emissoras de poluentes. Por isso é importante considerar a Bacia Aérea, no caso brasileiro, a fim de avaliar a topografia local e as condições meteorológicas reinantes.

Os órgãos ambientais brasileiros utilizam o conceito de bacia aérea para gerir a qualidade do ar. É a interação entre as fontes de poluição e a atmosfera que vai definir a qualidade do ar; as condições meteorológicas determinam uma maior ou menor diluição dos poluentes, mesmo que as emissões não variem (FEEMA, 2004). Na Figura 2.9 podem-se observar os diversos fatores que contribuem para a dispersão ou concentração dos poluentes atmosféricos.



**Figura 2.9 – Alguns fatores que influenciam a dispersão de poluentes**

Fonte: BRANDÃO, 2005.

De acordo com Santos (2003), os principais fatores que influenciam a dispersão de poluentes são:

- a) velocidade do vento – causa a diluição devido à mistura dos poluentes com o ar limpo. Em condições de pouco vento, a diluição será lenta. Outro fato importante é que o vento deve ser turbulento, caso seja em um único sentido só ocorrerá deslocamento da massa para outra região, sem dispersar o poluente.
- b) relevo – a formação dos ventos depende das condições meteorológicas e dos obstáculos que irá encontrar na superfície da terra, tais como, construções, edificações, montanhas, entre outros, que podem contribuir para a diminuição da

- c) estabilidade atmosférica – o movimento vertical do ar sofre influência direta das condições de estabilidade da atmosfera. Convecção e turbulência são intensificadas quando o ar é instável, e inibido quando o ar é estável;
- d) profundidade de mistura – é a distância vertical entre a superfície da terra e a altitude das correntes de convecção. Quando a mistura em profundidade é grande, observa-se uma grande quantidade de ar limpo misturada ao poluído;
- e) inversão térmica – o ar resfria-se com a altitude. Ao longo do dia, normalmente, o ar frio tende a descer e o ar quente tende a subir, criando correntes de convecção que renovam o ar junto ao solo. Existem vários tipos de inversão térmica, em algumas ocasiões locais (encostas de montanhas e vales, por exemplo) a camada de ar frio se interpõe entre duas camadas de ar quente, evitando que as correntes de convecção se formem. Dessa forma, o ar junto ao solo fica estagnado e não sofre renovação;
- f) chuva – é responsável pela remoção de muitos poluentes. Partículas suspensas no ar absorvem as gotículas de chuva e são removidas da atmosfera pela precipitação. A neve é outro processo natural de limpeza do ar.

Na área de influência do aeroporto devem ser consideradas as emissões decorrentes do tráfego de veículos nas vias próximas, do intenso movimento na área de estacionamento, além da tendência mundial de incrementar o ambiente aeroportuário, visando um impulso na renda deste empreendimento, com lojas, restaurantes etc. Tal atitude pode trazer consequências diretas ao tráfego e a qualidade do ar. Bernardes (2006) afirma que o crescimento urbano das aerotropolis (cidades-aeroporto), induzirá transformações urbanas e ambientais num raio de até quarenta quilômetros do aeroporto.

Em termos de poluição do ar local devido à movimentação aeroportuária, observa-se que o principal contribuinte é o tráfego de acesso ao aeroporto. Esta característica de epicentro de diversos modos de transporte e de concentração/dispersão de usuários e mercadorias é a origem dos problemas de congestionamentos rodoviários que a maioria dos aeroportos internacionais já conhece. Este fenômeno se amplia pela urbanização de entorno, onde o tráfego local se mistura com o tráfego de ingresso a este empreendimento. Portanto, se faz necessário que o acesso terrestre se desenvolva simultaneamente ao crescimento da capacidade aeroportuária, caso contrário, os diversos impactos que surgirão podem impedir a utilização do sistema em sua totalidade (FABUREL et al., 2006).

### 2.3 ACESSIBILIDADE AEROPORTUÁRIA

A relação da cidade com a infraestrutura aeroportuária é essencial para a multiplicação das vantagens e minimização das desvantagens desta atividade dinâmica, indutora e catalisadora que é o transporte aéreo (ESPIRITO SANTO Jr., 2003).

Um aeroporto é um equipamento urbano, em geral o maior deles, que tem como principal objetivo a transferência de pessoas e/ou bens entre os diversos modais para o modal aéreo e vice-versa. Sendo assim, possui variáveis determinantes para a sua existência e localização sobre o sítio natural, que estão em função da distribuição espacial dos usuários potenciais, correlacionando a demanda deste modal às condições de acessibilidade - definidas pela flexibilidade de acesso para o usuário, onde o tempo de percurso é prioritário em relação à distância (REIS, 2004).

Contudo, somente na década de setenta é que o acesso aos aeroportos se tornou tema de discussão na América do Norte. Os problemas com as viagens aéreas, com os congestionamentos e com o meio ambiente cresceram significativamente a partir do

final do século passado.

Psaraki e Abacoumki (2002) afirmam que as condições e implicações no acesso de um aeroporto dependem: da natureza e do volume de tráfego aeroportuário; da localização, da posição geográfica, das áreas urbanas servidas e da economia local, e; das estruturas sócio-políticas da cidade.

Foi observado que, atualmente, o acesso aeroportuário é feito primordialmente por veículos particulares, seguido pelo TP - Transporte Público (trens e ônibus) que não ultrapassam os 20% (WELLS, 2003). Desde então, o planejamento para um acesso multimodal tem se tornado um tópico muito importante no setor.

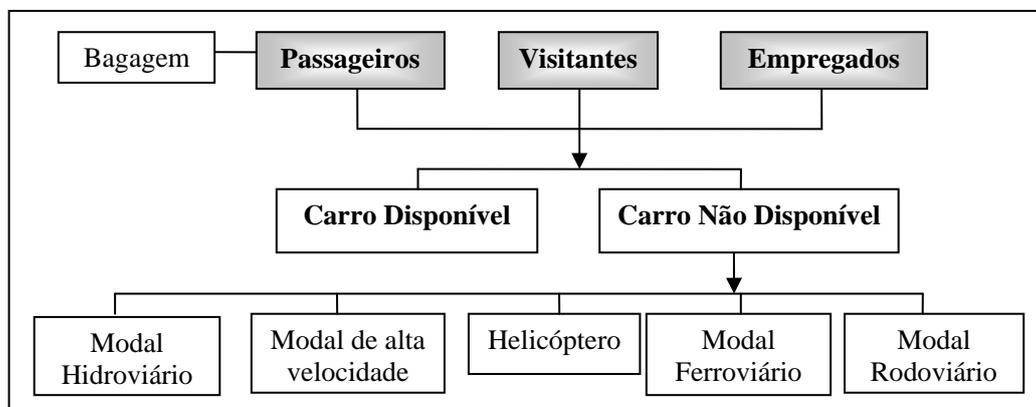
O ASAS (*Airport Surface Access Strategy*), criado no *Transport White Paper* de 1998, propõe a intermodalidade como item que irá beneficiar a longo prazo o meio ambiente e a qualidade de vida da população. De maneira geral, os modais mais utilizados para o acesso aeroportuário são (WELLS, 2003):

- veículos particulares - de propriedade privada;
- carros de aluguel - usados pelo período que durar a viagem, se este prazo ultrapassar três meses já pode ser considerado como carro particular;
- veículos cortesia – transporte porta-a-porta oferecido por hotéis, agencia ou outros serviços;
- veículos da tripulação aérea – ônibus, mini-ônibus ou vans que transportam a tripulação entre aeroportos ou entre estes e o hotel, com encargos somente para a companhia aérea;
- táxis – serviço porta-a-porta, sob demanda. Taxas calculadas de acordo com a distância e/ou tempo de viagem, embora existam alguns lugares que cobram extras por passageiro e por bagagem;
- ônibus e vans fretados – serviço exclusivo porta-a-porta reservado. Está incluído

turismo pela cidade além do transporte aeroporto-hotel;

- viagem compartilhada por vans – serviço porta-a-porta sob demanda por passageiro ou zona;
- ônibus – serviço com paradas pré-estabelecidas, horários e rotas fixas. Geralmente, existem dois tipos: Express (operado, na maioria das vezes, por empresa particular entre o aeroporto e os principais pontos da cidade) e multiparadas (ônibus tradicional operado por empresa pública);
- serviço ferroviário – trens leves, metrô e trens de alta velocidade. Taxas cobradas por zonas ou por passageiro, com paradas e horários pré-estabelecidos.

Outro fator importante para se considerar na análise deste tema são os grupos que, normalmente, frequentam um aeroporto. Ashford e Wright (1992) segmentaram as viagens em três categorias que possuem diferentes características: empregados; passageiros e visitantes (Figura 2.10).



**Figura 2.10 – Sistema de acesso aeroportuário**

Fonte: ASHFORD e WRIGHT, 1992.

Apesar de saber que o setor de carga do sistema aeroportuário produz e necessita de uma infraestrutura terrestre eficiente e os funcionários representarem um terço das viagens produzidas no acesso aeroportuário, o que se pretende é verificar a relação do tráfego aéreo de passageiros com o tráfego rodoviário do entorno. Por isso, o setor de carga e os funcionários não farão parte do escopo deste trabalho.

Loo (2008) destaca que o acesso aeroportuário é um fator importante que afeta a escolha do passageiro, independente do motivo da viagem e da classe do passageiro. Desta forma, o acesso pode ser dividido em três dimensões: modo, custo e tempo. Dentre estes, a variável tempo é a mais significativa. Na pesquisa feita pelo autor, os passageiros estão mais preocupados com o tempo gasto para se chegar ao aeroporto, do que com o número de modais existentes para acessá-lo ou o custo. O fundamental para as autoridades aeroportuárias é a confiabilidade de determinado modal e não o custo que este transporte causará. Adicionalmente, o autor destaca que a relação acesso-aeroporto é um atributo interligado. Por exemplo, uma melhor integração ferroviária com transporte aéreo pode significar uma redução de tempo no acesso, prover uma melhor escolha modal e melhorar a qualidade ambiental no entorno do aeroporto.

Já é possível perceber que qualquer pessoa que, por qualquer motivo, se dirija a um aeroporto o faz, na maioria dos casos, através de veículos motores (ônibus e automóveis, basicamente). A poluição gerada pelas emissões devido à queima do combustível de tais veículos constitui-se, normalmente, no fator que mais potencializa os níveis de poluição atmosférica nos aeroportos e/ou proximidades (RIBEIRO, 2006).

Para Kasarda (2008), são os padrões de tráfego aéreo, a conectividade às infraestruturas de transporte terrestres e o uso do solo que definem a forma como o aeroporto se desenvolve e quais as atividades que nele ocorrem. Esta interação é fundamental para garantir o planejamento eficiente das infraestruturas de transporte que são essenciais para criar ligações rodoviárias e ferroviárias rápidas aos centros empresariais e residenciais, e para escoar o tráfego entre o aeroporto e o seu entorno; para reduzir os impactos ambientais nas comunidades locais promovendo qualidade urbana aos trabalhadores do aeroporto e das atividades associadas (ANICETO, 2010).

O *Airports Council International - North America* (ACI-NA) conduziu uma

pesquisa de fatores críticos no acesso de superfície dos aeroportos nos Estados Unidos. Neste estudo, passageiros dos 73% dos aeroportos pesquisados relataram atrasos ou congestionamentos no acesso comparados com 20% de atrasos dos aviões. Tais congestionamentos (Tabela 2.3) estão relacionados à demanda veicular gerado por este empreendimento. Foi observado que os aeroportos que servem turistas possuem mais táxis no seu entorno, assim como viajantes oriundos de hotéis usam mais os modos de maior capacidade. A baixa proporção de passageiros de negócios ou viajantes por motivos diversos justifica o insucesso dos modos metro-ferroviários que servem os aeroportos americanos. Outro fator que influencia a escolha modal é a quantidade de bagagens e o tempo do dia. Este último está relacionado à: disponibilidade de alguém levar o viajante ao aeroporto; táxi à disposição; congestionamentos típicos de dada região; horários de funcionamento do transporte público e a segurança do passageiro (RUHL, TRNAVSKIS, 1998).

**Tabela 2.3 – Maiores preocupações nos aeroportos americanos**

<b>Congestionamentos</b>	<b>Grandes hubs</b>	<b>Hubs de médio porte</b>	<b>Pequenos hubs</b>
Acesso rodoviário fora do sítio aeroportuário	79%	63%	41%
Acesso rodoviário dentro do sítio aeroportuário	68%	69%	72%
No meio-fio	89%	92%	72%

Fonte: RUHL, TRNAVSKIS, 1998.

Os grandes *hubs* são os aeroportos considerados de primeiro nível, internacionais cobrindo distâncias maiores que três mil quilômetros. Os *hubs* de médio porte são os aeroportos considerados de segundo nível, também internacionais, porém cobrindo distâncias menores que dois mil quilômetros. Os pequenos *hubs* são os aeroportos de terceiro nível, com ligações nacionais e/ou internacionais cobrindo distâncias de até setecentos quilômetros. De maneira geral, os *hubs* concentram grande parte do volume

de tráfego rodoviário em sua vizinhança. Os resultados são: congestionamentos e o grande volume de poluentes emitidos devido ao tráfego de acesso (POSTORINO, 2010).

Verifica-se, atualmente, que a infraestrutura aeroportuária possui uma rede não interligada e de capacidades sub-aproveitadas. Se as aeronaves continuarem excluídas da rede de transportes dificilmente se conseguirá sustentabilidade neste campo (DUARTE, 2008). Neste sentido, não se pode admitir a concepção de um edifício mais sustentável sem o estabelecimento de conexões urbanas.

As conexões com o entorno, sejam elas ambientais, de mobilidade, de interação com o funcionamento da cidade existente; são as primeiras a determinar as condições para a maior sustentabilidade do empreendimento. A localização deste determina as diversas possibilidades de deslocamento dos usuários e traz várias conseqüências (DAL PRÁ et al., 2008):

- ambientais: emissão de poluentes oriundos dos meios de transporte;
- econômicas: horas de trabalho ou descanso perdidas em congestionamentos e;
- sociais: qualidade de vida do cidadão que passa boa parte do seu dia em deslocamentos.

O crescente aumento na demanda de passageiros deve ter um paralelo com os investimentos na acessibilidade através dos modos sustentáveis de transportes. Isto trará melhorias ambientais e, conseqüentemente, beneficiará passageiro e companhias aéreas. A acessibilidade aeroportuária cresceu, não somente devido ao usuário do modal aéreo, mas pelo fato dos aeroportos terem se transformado em cidades atraindo todos os tipos de usuários (BOB, 2001).

Sabendo que um aeroporto é fonte de desenvolvimento econômico na região onde estão inseridas as autoridades locais e vizinhas, no mundo, trabalham em conjunto para

o desenvolvimento de propostas de implementação de transportes de maior capacidade para o acesso aeroportuário. É importante destacar que o financiamento para este tipo de projeto parte tanto do setor público como do setor privado e as estratégias são revistas a cada três anos (JONES, 2004).

As relações entre cada modalidade e os respectivos índices de emissão de poluentes serão discriminados no item 3.2 deste trabalho, assim como as modalidades mais utilizadas no acesso aeroportuário serão destaque no item 3.3, percebe-se que quanto maior a demanda mais são explorados os transportes de maior capacidade.

#### 2.4 DIMENSÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS

A magnitude na distribuição de emissões em níveis espacial e temporal é determinada através da atividade do tráfego (quantidade do fluxo medido pelo volume e viagens - veículo-quilômetro) e do seu desempenho (qualidade do fluxo e quantificado através das velocidades, número de paradas e tamanho das filas) (SMIT, 2006).

Para se analisar o impacto que o aeroporto gera na qualidade do ar de uma região, é necessário o estabelecimento de uma dimensão espacial. Para tanto, determina-se a área de influência e descreve-se a região onde se encontra o objeto de estudo.

A delimitação da área de influência é um dos requisitos para a avaliação de impactos ambientais e base fundamental para a condução dos processos de amostragem e coleta de dados, necessários ao diagnóstico e prognósticos ambientais (SOARES, 2006). De acordo com Silva (2006), quando se trata de delimitação da área de influência, a maioria da literatura disponível aborda o caso dos *shoppings centers*, assim como será observado para o caso da análise de PGVs no próximo capítulo. Os critérios mais recentes para delimitação da área de influência, assim como as variáveis usadas para sua definição se alteram como pode ser observado na Tabela 2.4.

**Tabela 2.4 - Delimitação da área de influência**

<b>Metodologia</b>	<b>Área de influência</b>
Silveira (1991 apud ANDRADE, 2005 e KNEIB et al., 2010).	Área primária (até 10 minutos), área secundária (de 10 a 20 minutos), área terciária (de 20 a 30 minutos) para <i>shopping center</i> e faculdade.
Marco (1994 apud ANDRADE, 2005 e KNEIB et al., 2010)	Área imediata (até 5 minutos), área primária (de 5 a 10 minutos) e área de expansão (mais de 10 minutos) para <i>shopping center</i> .
Keefer (1996 apud ANDRADE, 2005 e KNEIB et al., 2010).	Até 20 minutos ou 8 quilômetros para <i>shopping center</i> .
Correa e Goldner (1999 apud ANDRADE, 2005 e KNEIB et al., 2010)	Área imediata (de 5 a 10 minutos), área primária (de 10 a 20 minutos) e área terciária (de 20 a 30 minutos) para <i>shopping center</i> .
Figueredo Ferraz (2003)	Para a expansão do Aeroporto Santos Dumont/RJ o RIMA estabeleceu os seguintes critérios: Área de Intervenção (AI) - local de obras e ações, permanentes e temporárias, (intervenções ambientais), caracterizado pelo sítio aeroportuário; Área de Influência Direta (AID) - Região Administrativa do Centro (II RA Centro), onde poderão ser sentidas as alterações ambientais, somadas as áreas de manifestação dos fenômenos (impactos) ambientais diretamente derivados destas alterações, decorrentes das atividades das obras de ampliação e de sua atividade pós-expansão; Área de Influência Indireta (AII) - é o restante do Município do RJ que pode ser influenciado com impactos ambientais secundários, derivados de impactos primários, tanto na fase de construção como na operação do projeto de ampliação em função do inter-relacionamento social e econômico existente entre o bairro do Centro e outras localidades.
Kneib e Silva (2005)	Área que sofre alterações decorrentes da implantação do empreendimento, seja na estrutura urbana (uso e ocupação do solo), seja no sistema viário e na circulação (geração de viagens).
Silva (2006)	Primária (até 10 min de viagem entre o ponto de partida/chegada), secundária (até 20 min de viagem entre o ponto de partida/chegada) e terciária (até 30 min de viagem entre o ponto de partida/chegada).
Braga e Guedes (2008)	A acessibilidade é o indicador e o fator limitante é qualquer ponto distante duas horas do aeroporto em estudo. Para o Galeão as regiões limítrofes foram: Mangaratiba, Barra Mansa, Três Rios, Silva Jardim e Araruama.
AIRPARIF (2009)	Para a análise da qualidade do ar aeroportuário foi considerada a área inclusa a uma distância de até 5 km do aeroporto

Na maioria dos estudos sobre empreendimentos geradores de viagens, a área de influência é calculada e representada geograficamente, com o objetivo de delimitação física onde o sistema viário e de transportes será impactado pelo tráfego gerado (KNEIB, 2004). É importante destacar que os critérios e métodos para a delimitação desta área referem-se a tipos específicos de PGV, com características próprias, não devendo, portanto, ter sua aplicação generalizada, exceto para polos similares,

guardando a devida atenção para tais comparações (TOLFO, 2006).

Não obstante, ressalta-se uma outra dimensão de delimitação da área de estudo que se restringe às condições críticas, contemplando apenas os impactos mais significativos e visíveis provocados pelos PGV. Essa é a região que compreende tipicamente a rede viária adjacente ao estabelecimento para onde todo o tráfego converge, havendo os maiores problemas de fluidez e circulação viária devido à instalação do empreendimento e que necessita de estudos detalhados quanto ao desempenho do sistema viário (Grando, 1986 apud Macedo, 2001; TOLFO, 2006).

Dentre os conceitos e valores apresentados ressalta-se que, para a definição da área de estudo são consideradas apenas influências relativas à geração de viagens do empreendimento. Isto contribui para análise dos impactos nos sistemas viários e de circulação e, para o planejamento operacional do sistema. A classificação reflete o grau de atração de viagens e, conseqüentemente, o grau de impacto no sistema viário causado pelo empreendimento. Outras variáveis tais como: acessibilidade, natureza e tamanho do empreendimento, densidade, características sócio-econômicas da população, barreiras físicas, limitações de tempo, distância de viagem, poder de atração e competição do empreendimento, distância ao centro da cidade, são também utilizadas para o cálculo das áreas de influência primária, secundária e terciária (KNEIB, 2004).

O ITE (2005) relaciona os aeroportos, a partir da geração de viagens, com o horizonte de estudo e a sua área de abrangência:

- Projetos com geração acima de 100 veículos/hora pico e inferior a 499 viagens/hora pico - o horizonte de estudo é o ano de abertura do empreendimento e a área de abrangência está em torno de 800 metros;
- Projetos com geração acima de 500 veículos/hora pico e inferior a 999 viagens/hora pico - o horizonte de estudo está entre o ano de abertura do

empreendimento e cinco anos após a sua inauguração e, a área de abrangência está entorno de 1.600 metros;

- Projetos com geração acima de 1000 veículos/hora pico - o horizonte de estudo está entre o ano de abertura do empreendimento e cinco anos após a inauguração e, a área de abrangência está entorno de 3.200 metros.

Os estudos realizados até agora não têm analisado suficientemente a questão do impacto em vias livres e arteriais, nem definiram adequadamente o problema das demandas das vias no entorno de aeroportos brasileiros. Em um estudo feito no Aeroporto Heathrow em Londres foi encontrado  $\text{NO}_x$ , poluente oriundo das aeronaves, a uma distância de quase três quilômetros deste aeroporto (HU et al., 2009). Para os aeroportos de média e grande dimensão, a sua influência pode alcançar um raio de vinte quilômetros; enquanto para os maiores aeroportos, como os *hubs*, o impacto pode chegar a cerca de sessenta quilômetros (ANICETO, 2010). Em todos os casos, há uma área mais crítica de menor extensão, que abrange os principais corredores de acesso associados a rede estruturadora de transportes.

Na dimensão temporal é permitida a incorporação de fatores causais que afetam a relação entre mobilidade populacional, meio ambiente e uso do solo, e que se estendem no tempo (BARBIERI, 2007). Nesta dimensão existem dois aspectos ressaltados na bibliografia (VILLAVICENCIO, 2006; LEMOS, 2008; SILVA et al., 2009): os dias e horários de carregamento que ocorrem com certa frequência, e o horizonte de projeto que reflete a vida útil da instalação do sistema de transporte. Para este último aspecto existem duas considerações (ITE, 2008):

- Tamanho de um empreendimento - o que interessa é o pico de gerações de viagens que este irá provocar;
- Impacto no entorno de um PGV - o que importa é o pico no tráfego externo a este

empreendimento.

De acordo com a INFRAERO, não há um dia específico de pico em movimentação de passageiros ocorrendo apenas uma redução no fim de semana e um leve aumento nos meses típicos de férias brasileiras. Entretanto, o ITE (2008) define para aeroportos comerciais alguns dias e horários típicos que apresentaram as maiores taxas de geração de viagens, apontando o domingo com o maior índice (137,71 de taxa média de geração de viagens por voo comercial):

- Dias de semana - entre onze e doze horas e, entre 17 e dezenove horas;
- Sábado - entre onze e quatorze horas;
- Domingo - entre doze e treze horas e, entre dezenove e vinte horas.

O alcance temporal pode ser visto como um efeito histórico. Na definição da abrangência do estudo a dimensão temporal se insere como elemento que caracteriza os períodos de análises (presente; futuro próximo - cinco anos; e futuro distante - vinte anos). Esta delimitação pode ser feita através de estudos de crescimento populacional (LIMA, 2003).

Na fase da dimensão temporal são examinados os efeitos das condições passadas sobre as atuais. No estudo desenvolvido para a expansão do aeroporto de Viracopos, em São Paulo, Souza (2008) admite que: “Não é possível uma análise intermediária de um projeto, sem vislumbrar o futuro e como este poderá afetar a vida das pessoas”.

A importância estratégica que, atualmente, um aeroporto tem no sistema regional, nacional e mundial, se traduz em grandes impactos territoriais. Por isso, torna-se importante prever as consequências que o funcionamento deste empreendimento tem, no mínimo, em seu entorno. No âmbito do planejamento e do ordenamento do território o processo de avaliação é fundamental para prever comportamentos futuros de modo a tomarem-se estratégias e medidas mais adequadas para o território (ANICETO, 2010).

## 2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A permanência do modelo atual de transporte brasileiro, embasado nos modos rodoviários, é incompatível não apenas com uma melhor qualidade de vida, mas com a preparação do país para as novas exigências relacionadas às grandes transformações econômicas. A acessibilidade aeroportuária é um critério significativo na escolha em regiões onde existem vários aeroportos com características de serviço competitivas. O modo de acesso de um sistema aeroportuário afeta um grande número de planejadores e tomadores de decisão, incluindo o desenvolvimento de facilidades no lado terra, estacionamentos e outros serviços em solo, além de programas que reduzem o crescimento na geração de veículos e as emissões associadas a estes (TRB, 2008).

A capacidade que um aeroporto tem de gerar economia e aglomeração repercute direta e indiretamente no território. Os critérios que podem ser usados para a classificação do aeroporto como PGV giram em torno do porte, localização e do número de movimentos de passageiros (Tabela 2.5).

**Tabela 2.5 - Critérios para caracterizar o aeroporto como PGV**

<b>Característica</b>	<b>Descrição</b>
Hub (item 2.3)	Voos entre 40 ou mais cidades redistribuindo para outras localizações, em 3 ou mais momentos do dia. Os grandes <i>hubs</i> são os internacionais cobrindo distâncias maiores que 3.000km. Os <i>hubs</i> de médio porte são os que cobrem distâncias menores que 2.000km. Os pequenos <i>hubs</i> possuem ligações nacionais e/ou internacionais cobrindo distâncias de até 700 km.
Movimentação de passageiros (Capítulo 1)	Mais que 1,3 milhões pax/ano (IAC, 2000).
PGV - aeroporto comercial (item 2.1)	18,1 viagens diárias por empregado; 150,3 viagens diárias por voo, e; 150,2 viagens diárias por aeronave (ITE, 2008). Porte aeroportuário: baixo (< 500 viagens veiculares na hora do pico), moderado (de 500 a 1000 viagens veiculares na hora do pico) e alto (> 1000 viagens veiculares na hora do pico) (ITE, 2005).

Foi possível perceber no item 2.2 que o fluxo de tráfego gerado pelo sistema aeroportuário pode interferir na qualidade do ar mais do que as emissões oriundas da área interna do aeroporto.

De acordo com Souza (2008), um aeroporto não deve se desenvolver alheio ao crescimento da cidade. Se assim fosse, prevaleceria o ônus gerado pelas operações aeroportuárias, tais como: impactos ambientais, acidentes, perdas na qualidade de vida e em investimento provocados pelo aumento de fluxo e de uma única forma de acesso. E complementa: “A rede de transportes aérea, com fins de facilitar os deslocamentos, exige uma rede de transportes e infraestrutura de suporte e deslocamentos, neste caso, de transportes terrestres”.

Por isso, os modos de maior capacidade já estão sendo apresentados pelos grandes aeroportos internacionais como a opção a ser seguida, não só para melhorar a acessibilidade, mas também a qualidade do ar onde estão inseridos (item 2.3). Neste sentido, o transporte ferroviário é a melhor opção do ponto de vista ambiental para se alcançar este objetivo.

Outro fator a destacar neste capítulo é a delimitação espacial e temporal necessária para o desenvolvimento deste tipo de estudo. A primeira é entendida através da determinação da área de influência. Como foi visto no item 2.4, esta pode ser garantida pelo tempo ou pela distância percorrida. Não obstante, só foi encontrado um único estudo neste sentido que relacionasse aeroporto e qualidade do ar: AIRPARIF (2009). Já na delimitação temporal, a indicação de cenários com o intuito de vislumbrar possibilidades no que tange a acessibilidade e qualidade do ar é a melhor opção.

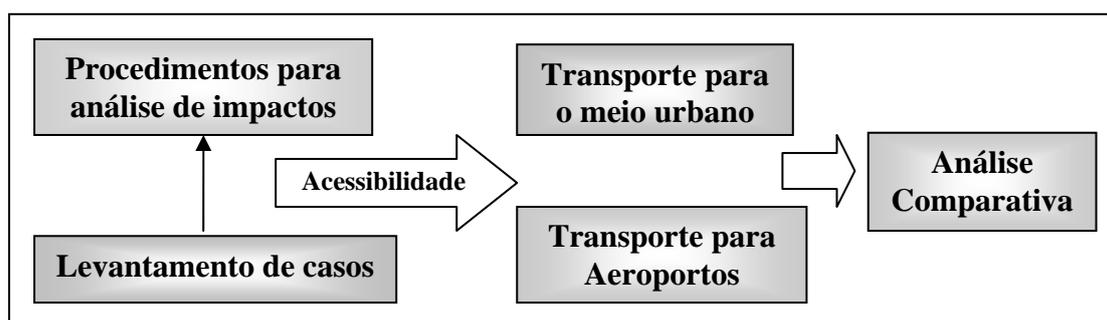
No próximo capítulo serão discriminados os diversos trabalhos que abordam PGVs, o caso dos transportes urbanos e dos transportes terrestres nos aeroportos. Este levantamento tem o objetivo de apresentar a falta de estudos que consideram o aeroporto como PGV corroborando com a necessidade da contextualização de um procedimento de análise. Além disso, pretende-se mostrar quais os parâmetros que os gestores urbanos e do sistema aeroportuário consideram quando indicam um transporte

específico menos impactante à qualidade do ar.

### 3. IMPACTO DO AEROPORTO NO SISTEMA RODOVIÁRIO

Neste capítulo (Figura 3.1) serão elencados os elementos básicos, não só para analisar o aeroporto como PGV, mas os parâmetros utilizados para escolher os transportes terrestres tanto no meio urbano como para acessar os aeroportos.

Com o intuito de estabelecer uma relação entre a divisão modal e a qualidade do ar, o acesso aeroportuário pode ser embasado desde uma proposta predominantemente rodoviária (somente automóveis ou uma combinação em uso misto e não segregado de carros e ônibus) até chegar a uma divisão orientada aos transportes de maior capacidade (como o BRT e as modalidades metroferroviárias). Será importante entender os fatores que influenciam a escolha das diversas modalidades e a interferência destas na qualidade do ar, assim como os procedimentos adotados nestes estudos.



**Figura 3.1 – Estrutura do Capítulo 3**

Os procedimentos apontados estão relacionados ao que se têm feito para mitigar os impactos dos aeroportos na qualidade do ar do seu entorno. Após conhecer os critérios para a implementação dos transportes visando à acessibilidade e a minimização da emissão de poluentes atmosféricos, para uma cidade e para aeroportos, compara-se: o tipo de transporte utilizado para a melhoria da qualidade do ar; o nível de abrangência, e; os indicadores contemplados.

A intenção com esta análise comparativa é obter mais alguns elementos de abordagem que complementarão e fundamentarão a estrutura do procedimento proposto.

### 3.1 PROCEDIMENTOS EXISTENTES PARA ANÁLISE DE PGVs

Visando comparar os impactos das viagens geradas sobre o meio ambiente urbano Menezes (2000) agregou diversos tipos de PGV. Foi constatada a importância de determinar a área de influência de um PGV para a delimitação do espaço onde os impactos destes se manifestam. Contudo, ele alega que não foi observado semelhança entre o padrão de viagens de pólos com diferentes atividades e complementa:

“Mesmo pólos com a mesma atividade apresentam padrões de viagem discrepantes em função de diferenças entre eles, como seu porte, características socioeconômicas de seus usuários e atendimento de transporte público. Portanto, a aplicação de um determinado modelo de previsão de geração e distribuição de viagens deve ser feita apenas para pólos que tenham características semelhantes, observando-se as peculiaridades. Quando não houver modelos de geração e distribuição de viagens que representem o pólo que se pretende analisar, devem-se desenvolver modelos específicos para eles”.

Para Cavalcante (2002), a análise de impactos produzidos por PGVs compreende duas etapas básicas:

- a) definição do problema – produtos que se espera obter ao final da aplicação da metodologia proposta e os consequentes resultados, e;
- b) especificação do modelo – escolhe-se, dentre os modelos existentes, quais são os parâmetros essenciais para a construção do modelo de previsão.

Em função do tipo e porte do PGV, o procedimento de análise pode ser dividido em quatro etapas:

- 1° Delimitação do problema no tempo (época, dia e hora) e no espaço (delimitação da área crítica e da área de influência);
- 2° Estimativa de demanda (geração de viagens, distribuição de viagens e escolha modal) e oferta (caracterização da oferta viária e de transportes);
- 3° Alocação e simulação do tráfego com o objetivo de estabelecer o desempenho, e;
- 4° Promoção das melhorias necessárias.

No levantamento de procedimentos para avaliação de impactos de PGV nos

sistemas viários e de transportes feito por Portugal e Goldner (2003), resumido na Tabela 3.1, foi abordado PGVs em geral, mas nenhum contempla, especificamente, aeroportos, divisão modal e qualidade do ar.

**Tabela 3.1 - Elementos considerados nas estruturas de modelos disponíveis**

<b>Metodologia</b>	<b>Tipo de PGV</b>	<b>Etapas consideradas</b>
Consultores (1984)	<i>shopping centers</i>	avaliação de desempenho do sistema viário; índice de desempenho e; dimensionamento do estacionamento.
Americana do Departamento de Transportes (1985)	novos empreendimentos	projeto de estudo; estimativa futura sem o PGV e do horário de pico do tráfego a partir do funcionamento do PGV; identificação e análise de alternativas de acesso ao PGV; negociação entre órgãos locais e planejadores e implementação de melhorias.
Grando (1986)	diversos	caracterização do problema; oferta; escolha modal; levantamento da situação atual; análise de desempenho; soluções alternativas e tomada de decisão.
ITE (1991)	diversos	modelos de distribuição (o mais utilizado é o gravitacional) e dados circunvizinhos (base de dados sócio-econômicos e demográficos detalhados por zona).
Espanhola (década de 90)	<i>shopping centers</i>	Análise da situação atual; demanda de veículos e dimensionamento do estacionamento; análise e proposições.
ITE (1991)	diversos	Modelos de distribuição (o mais utilizado é o gravitacional) e dados circunvizinhos (base de dados socioeconômicos e demográficos detalhados por zona).
Cybis et al. (1991)	diversos	Prognóstico do crescimento do tráfego; caracterização da demanda por viagens e do sistema viário e; avaliação dos cenários.
Menezes (2000)	diversos	determinação do fluxo de veículos; capacidade e níveis de serviço da rede viária; capacidade ambiental e proposta de níveis ambientais da rede viária; n° de viagens geradas pelo PGV; determinação e verificação dos níveis ambientais e de serviço para a situação anterior e pós implantação do PGV; distribuição e alocação das viagens geradas pelo PGV; níveis de serviço das vias incluídas na área de influência.
Sinay e Quadros (2002)	diversos	Localização; determinação da área de influência e caracterização da rede; matriz O/D, distribuição e alocação de viagens; determinação do nível ambiental da rede; instalação do PGV.
Cavalcante (2002)	Uso misto	contexto e objeto de estudo; definição do modelo; coleta de dados; estimação e validação do modelo e; aplicação.
Vargas (2005)	-	Início (necessidade identificada e transformada em um problema estruturado a ser resolvido); planejamento (detalhamento do que será realizado pelo projeto); execução (materialização do que foi planejado); controle e monitoramento (ocorre paralelamente ao planejamento operacional e à execução do projeto); encerramento (avaliação para que erros similares não ocorram novamente).

Fonte: adaptado PORTUGAL e GOLDNER, 2003.

Durante a análise dos procedimentos disponíveis, pôde ser verificado que existem etapas em comum (Tabela 3.2), independente do pólo gerador em questão, e outras expostas na Tabela 3.1 consideradas importantes pelos autores pesquisados.

**Tabela 3.2 – Etapas semelhantes nos modelos disponíveis**

Delimitação da área de influência	Abrange a região onde os impactos da implantação do PGV se manifestam com intensidade. É dividida em primária, secundária e terciária, conforme aspectos de mercado e distância de viagem.
Geração de viagens	definidas pelo tipo e tamanho do empreendimento, uso de taxas ou índices por unidade de medida, estabelecimento de viagens geradas pelo PGV considerando: o modal utilizado, o dia e a hora.
Distribuição de viagens	viagens geradas levando em conta o zoneamento (origem e destino), a demanda, a população, o tempo, as facilidades de acesso e outros aspectos econômicos.
Alocação do tráfego	considera o comprimento da viagem, o melhor acesso, a demanda e os horários de pico.

Fonte: PORTUGAL e GOLDNER, 2003.

Cunha (2009) identificou um procedimento típico direcionado à análise de impactos de transportes nos PGVs (item 3.1), contemplando cinco etapas:

1. Identificação do problema - levantamento da situação atual e propostas futuras; identificação dos empreendimentos relevantes quanto ao impacto viário no entorno do local considerado; caracterização do uso do solo; delimitação da área crítica e da área de influência do empreendimento; identificação e análise das características temporais e de sazonalidade; estabelecimento do horizonte de estudo e identificação dos tipos de impactos;
2. Estimativa da demanda - previsão da geração de viagens; distribuição e escolha modal; previsão do crescimento da área; estimativa da demanda atual e futura;
3. Estudo da oferta viária - dimensão das vias de entorno e suas características operacionais; identificação da malha hierarquizada, de interseções e pontos críticos; capacidade das vias, e; estabelecimento da rede viária atual e futura;
4. Análise do desempenho - alocação e simulação do tráfego, e; análise do desempenho de capacidade, nível de serviço, desempenho dos componentes e da

rede viária para a situação atual e futura, e; identificação dos trechos viários, interseções críticas e análise do desempenho para os dois cenários;

5. Estabelecimento das medidas de melhorias necessárias a rede viária; estabelecimento do ônus do empreendedor, de responsabilidades, de prazos e cronogramas; implemento de medidas de mitigação para os impactos causados, e; acompanhamento da execução do projeto, controle e monitoramento operacional.

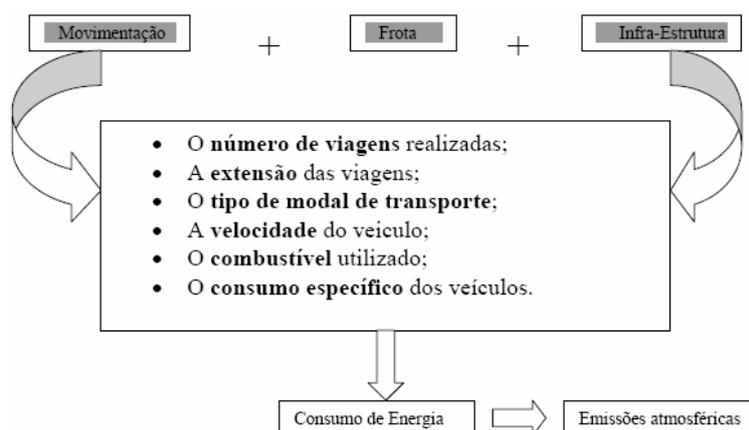
Silva (2006) admite que existe um grande número de empreendimentos com diferentes atividades e características que precisam ser melhor analisados. Desta forma seria possível complementar a bibliografia que aborda este tema. E acrescenta que a delimitação da área de influência e a geração de viagens (os dois primeiros itens da Tabela 3.1), presentes na maior parte das metodologias supramencionadas, se colocam como alicerce na análise de impactos de PGVs.

Observa-se a especificidade em empreendimentos do porte de um aeroporto, por isso seria interessante verificar a demanda, a geração de viagens e os modais utilizados, para o caso específico destes PGVs. Visando contemplar o objetivo deste trabalho recomenda-se uma análise da qualidade do ar, que não foi destaque em nenhum dos PGVs supramencionados e é fundamental para um estudo deste tipo.

### 3.2 O CASO DOS TRANSPORTES URBANOS DE MAIOR CAPACIDADE

O transporte é necessário para o desenvolvimento da economia e seu crescimento deve ser feito de maneira planejada de forma a minimizar os impactos que este sistema provoca. No entanto, o setor de transportes cresce, muitas vezes, de forma desordenada, causando diversos impactos ambientais. A partir do esquema apresentado na Figura 3.2 é possível concluir que os diferentes modos de transporte possuem variações relacionadas ao uso de energia e consequente na emissão de poluentes atmosféricos

(MATTOS, 2001).



**Figura 3.2 - Variáveis relacionadas ao consumo de energia e as emissões atmosféricas no setor de transportes**

Fonte: RIBEIRO, 2003 apud LOUREIRO, 2005.

Dentre os diversos modais que compõem o sistema de transportes, muitos autores (CÁCERES, PÉREZ-MARTÍNEZ, 2010; CYBIS, ARIOTTI, 2010; KNEIB, TEDESCO, 2010, OCAÑA, MUNDÓ, 2010, SANEINEJAD et al., 2010) concordam que os veículos rodoviários automotores são os maiores responsáveis pela poluição atmosférica nos centros urbanos (ABREU, 2003). Por outro lado, nota-se que as emissões de passageiro-quilômetro são as mais baixas para o transporte de maior capacidade (Tabela 3.3). Em termos de emissão para o BRT são aplicados os padrões Euro desde 1996. O mais recente é o padrão Euro 5 (2008) (ITDP, 2008).

**Tabela 3.3 - Taxa de emissão de poluentes atmosféricos (g/kmh)**

Poluentes	Carros	Ônibus	BRT*	Metro-ferroviário
CO	12,9	0,30	1,50	0,03
HC	1,90	0,10	0,40	-
NO <sub>x</sub>	0,80	1,20	2,00	0,30
SO <sub>x</sub>	0,05	0,02	-	0,15
MP	0,04	0,02	0,02	n.d
CO <sub>2</sub>	197,00	89,00	-	91

Fonte: adaptado RATTON NETO et al., 2006.

\* ITDP, 2008.

A implantação de um sistema de transporte eficiente democratiza a mobilidade,

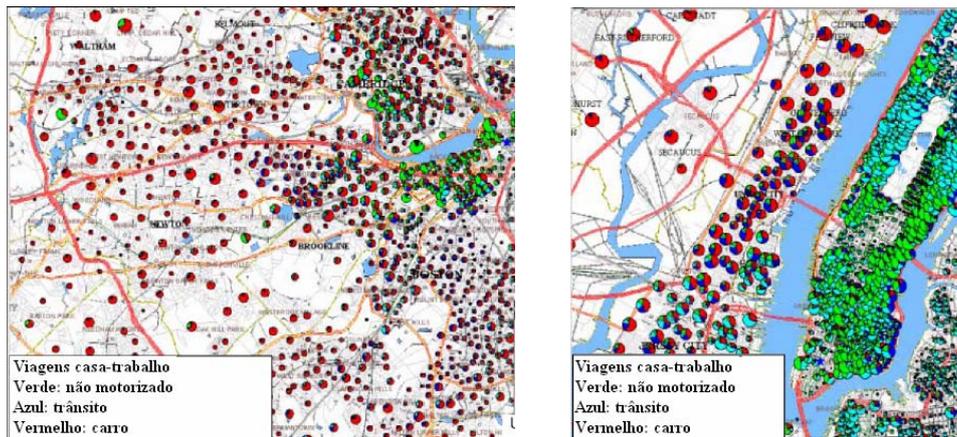
assegurando que a população possa circular com facilidade pelos centros urbanos, independente de qual seja o motivo da viagem. Uma rede de transportes bem estruturada tem alguns benefícios, como a redução dos índices de congestionamento e, conseqüentemente, a mitigação de vários impactos ambientais (SILVA, SORRATINI, 2010).

A CE desenvolveu uma estratégia fixando objetivos e medidas voltadas para mitigar a poluição do ar. A proposta é integrar as autoridades urbanas, visando melhorar a gestão do tráfego e reduzir as emissões de poluentes. Esta diretiva se apresenta em dois níveis (CÁCERES, PÉREZ-MARTÍNEZ, 2010):

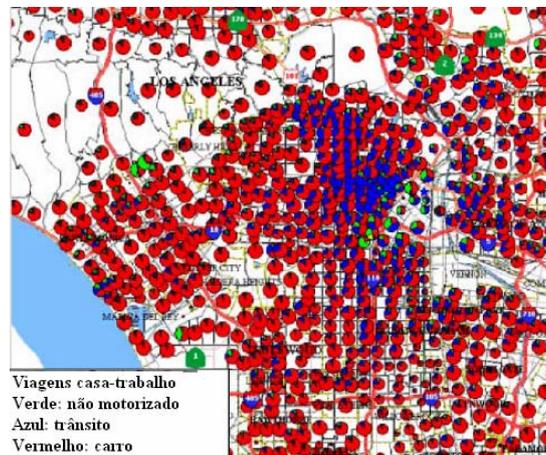
- Estratégico – multimodalidade entre passageiros e entre mercadorias, e;
- Tático – melhorias tecnológicas, desincentivos fiscais para coibir o uso de automóveis particulares; taxas e impostos que facilitam a competência modal; potencialização das infraestruturas para o TP, tais como, zonas de pedestres e ciclismo com a restrição à circulação de veículos particulares.

Percebe-se que a preocupação na aplicação dos TPs ocorre de maneira mais efetiva nas grandes metrópoles, devido principalmente, à alta taxa de motorização, o que prejudica diretamente a mobilidade dos grandes centros urbanos. A demanda por transporte tende a ser distinta entre áreas urbanas e rurais, devido às necessidades de transporte de cada região (SANTOS, 2009). Na Europa a alta densidade populacional é percebida a partir de 150hab/km<sup>2</sup> (MACARIO, 2008). No Brasil a densidade média é de 22,4hab/km<sup>2</sup>. Contudo, a população brasileira se distribui de forma muito irregular tendo o litoral com áreas mais densamente povoadas (o Rio de Janeiro possui 366,01hab/km<sup>2</sup>) (IBGE, 2010). As Figuras 3.3, 3.4 e 3.5 ilustram a relação entre a densidade populacional e a divisão modal tendo como exemplo algumas cidades americanas.

**Figura 3.3 - Boston: 2.323 hab/milhas<sup>2</sup> Figura 3.4 - Nova York: 24.248 hab/milhas<sup>2</sup>**



**Figura 3.5 - Los Angeles: 13.367 hab/milhas<sup>2</sup>**



Fonte: SILVA, 2008.

A ANTP (1997) indica que os sistemas de transportes integrados e baseados nas modalidades de maior capacidade se tornam mais necessárias na medida em que as cidades têm populações maiores (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Relação entre a indicação de cada modo e a demanda

Porte do município (habitantes)	Tipo de rede de transporte
Até 100.000	Rede de ônibus sem troncalização.
Até 500.000	Rede de ônibus com troncalização.
Até 2.000.000	Rede de ônibus com troncalização e integração com trem/metrô.
Mais de 2.000.000	Integração multimodal.

Fonte: ANTP, 1997.

O TP faz melhor uso do espaço urbano, por ter maior capacidade. Por exemplo,

em uma hora duas mil pessoas podem fazer até cinco metros de carro, nove mil em ônibus e mais de vinte dois mil com TP de maior capacidade - BRT ou um modal metro-ferroviário (RATTON NETO et al., 2006).

Shapiro et al. (2002) fizeram uma análise comparativa quanto ao uso do TP entre americanos, canadenses e europeus. A Tabela 3.5 mostra os seguintes resultados: canadenses e europeus utilizam quase dez vezes mais TP do que os americanos; se estes fizessem uso deste tipo de transporte haveria uma redução significativa equivalente às emissões industriais, e a contribuição para o aquecimento global reduziria consideravelmente.

**Tabela 3.5 - Comparação comportamental**

		<b>Canadenses</b>	<b>Europeus</b>
<b>Uso do TP</b>		7 vezes mais que EUA	10 vezes mais que EUA
<b>Emissões industriais*</b>	CO	Reduziria em 2 vezes	Reduziria em 3 vezes
	NO <sub>x</sub>	Redução em 1/4	Redução em 1/3
	COV	Redução de quase 60%	Redução de mais de 84%
<b>Queda na contribuição do aquecimento global</b>		Mais de 50 milhões de toneladas métricas de CO <sub>2</sub>	Cerca de 74 milhões de toneladas métricas de CO <sub>2</sub>

Legenda: \* Foi considerando quatro grupos industriais – manufatura química, produção de gás e petróleo, processamento de metais e uma indústria que utiliza carvão para a sua produção.

Fonte: SHAPIRO et al., 2002.

Na tabela 3.6 estão, de maneira resumida, alguns trabalhos que consideraram a divisão modal e a qualidade do ar. Pode-se notar que as variáveis mais comuns são os levantamentos de dados sócio-demográficos seguido pelas características veiculares e/ou viagens.

**Tabela 3.6 - Variáveis relacionadas às emissões atmosféricas (cont.)**

<b>Estudos</b>	<b>Variáveis</b>
O papel dos trens na redução veicular em Hong Kong (LIN et al., 2010).	Dados sócio-demográficos, característica veicular, custos monetários das emissões.
Estimativa de emissões futuras do transporte urbano brasileiro (ROSA et al., 2008).	População urbana, padrões de mobilidade, alterações nos combustíveis.
Avaliação da poluição atmosférica oriunda de veículos em cidades pequenas (GOMES, FARIA, 2009).	Contagem volumétrica de veículos, condições operacionais de trânsito, informações do sistema de TP da área em estudo, aspectos demográficos, média climática anual, características das vias.

**Tabela 3.6 - Variáveis relacionadas às emissões atmosféricas**

<b>Estudos</b>	<b>Variáveis</b>
Avaliação de emissões para corredores de ônibus (CASTRO STRAMBI, 2009).	Fluxos veiculares, frotas, velocidades médias e ciclos de condução, tecnologias mais modernas, alteração na divisão modal, programas de renovação da frota.
Desafios do TP na Índia (TIWARI, 2008).	Acessibilidade, mobilidade, custo, características das viagens, segurança, fluxo do tráfego.
Estímulo ao uso do TP (MUNDÓ, OCAÑA, 2010).	Volume de veículos, velocidade, índices de qualidade do ar.
Impacto da estrutura urbana na escolha modal (LARRAÑAGA, CYBIS, 2010).	Densidade populacional, uso do solo, desenho viário, acessibilidade e oferta de estacionamentos.

Ocaña e Mundó (2010) alegam que a estratégia para reduzir o número de veículos em circulação e mitigar o impacto ambiental está na melhoria dos sistemas de TP e no estímulo ao seu uso. E destacam que a concentração de CO, por exemplo, é maior ao longo das vias no período de fluxo de trânsito. O GEF (*Global Environmental Facility*) contribui com diversos projetos no mundo que seguem a idéia da implementação do transporte de maior capacidade como melhor opção para a população e para o meio ambiente. Na Tabela 3.7 estão, resumidamente, as opções seguidas em cada país e o resultado pretendido com este projeto.

**Tabela 3.7 – Projetos que visam à redução de emissão de poluentes atmosféricos**

<b>Região</b>	<b>População da Cidade</b>	<b>Projeto</b>	<b>Redução de poluentes</b>
Indonésia - Jacarta	Mais de 8,3 milhões	Gerenciamento da demanda do tráfego para reduzir o uso de carros particulares; Implantação de corredores de BRT; Racionalização dos ônibus; Facilidades para pedestres e transportes não motorizados; Disseminação dos resultados para as outras cidades do mesmo país.	Expectativa de 7,7 Mt de CO <sub>2</sub>
América Latina – México, Argentina e Brasil (SP, BH e Curitiba).	-	Integração do transporte com o uso do solo e o gerenciamento ambiental; Implementação do gerenciamento da demanda de tráfego para racionalizar o uso de carros privados criando incentivos para o uso do TP e modos não-motorizados; Gerenciamento do transporte de carga; Melhorias no TP.	Expectativa de 2,4 Mt de CO <sub>2</sub>
Gana	Mais de 20 milhões	Aumentar a relação entre os Ministérios, autoridades locais, agencias e operadores para o uso do TP; Renovar a integração entre os planos de desenvolvimento urbano e de transporte; Gerenciar as regras de tráfego e a educação no trânsito; Implementação do BRT.	Expectativa de 240kt de CO <sub>2</sub>

Fonte: adaptado GEF, 2009.

A resposta dos gestores públicos para enfrentar o nó nas cidades tem sido cada vez mais oferecer opções de transporte coletivo de maior capacidade, boa qualidade e custos moderados. O BRT tem sido uma solução encontrada por países como o México, que tem um programa de transporte massivo por ônibus, promovido pelo governo federal. O mesmo se repete na Colômbia e no Peru. Na África do Sul o governo local também implementou o BRT para a Copa do Mundo de 2010. A implantação de sistemas de transporte por ônibus está em curso em outras cidades de maior porte da África. Da mesma forma o governo chinês tem um programa de implantação de BRTs e de otimização das malhas de transporte coletivo. Nova York ganhou o prêmio de mobilidade com um programa de apoio ao transporte sustentável baseado na implantação de BRTs, ciclovias e na restrição ao uso do automóvel (RE, 2010).

Não obstante, o caso do Transmilênio, em Bogotá, não teve o sucesso esperado. Percebeu-se que o número de usuários foi menor do que o previsto. Isto ocorreu devido à (MOTTA et al., 2010):

- a) superlotação em algumas rotas no horário de pico, e;
- b) Concorrência - as tarifas do BRT são maiores do que os ônibus que passam na pista paralela ao Transmilênio.

No entanto, percebe-se que ocorreu uma redução nas emissões locais (Tabela 3.8), apesar de a previsão ter sido mais otimista.

**Tabela 3.8 – Impacto do Projeto Transmilênio em Emissões Locais**

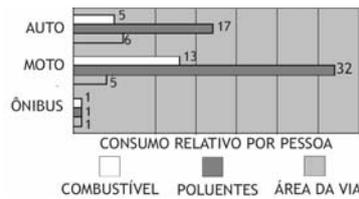
	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>MP</b>
<b>Redução prevista em 2006 (ton)</b>	47	2.853	362
<b>Redução monitorada em 2006 (ton)</b>	46	1.838	243
<b>% de redução em 2006</b>	2% menor do que o esperado	35% menor do que o esperado	33% menor do que o esperado
<b>Redução prevista em 2007 (ton)</b>	64	4.032	511
<b>Redução monitorada em 2007 (ton)</b>	54	2.257	296
<b>% de redução em 2007</b>	16% menor do que o esperado	44% menor do que o esperado	42% menor do que o esperado

Fonte: MOTTA et al., 2010.

Poucos serviços são tão essenciais para a população quanto os TPs urbanos. Estes podem ser feitos, em sua maioria, por ônibus, bonde, metrô, trem, balsa, avião e táxi. Os mais tradicionais no Brasil são feitos por ônibus e operados dentro de um modelo institucional, baseado na regulamentação dos serviços pelo Poder Público, com a definição de itinerários, frequência, tipo de veículo e tarifa.

Segundo Soares (2006), o TP democratiza os deslocamentos urbanos para quem não possui carro (adolescentes e idosos, por exemplo) ou para aqueles que não desejam ou não possam utilizá-lo, como as pessoas deficientes. Ao possibilitar os deslocamentos, o TP é uma ferramenta importante na democratização da acessibilidade e na formação espacial das cidades. Por outro lado, a pesquisa qualitativa sobre o desempenho de sistemas de ônibus urbanos brasileiros, realizada por Cadaval (2006, apud SOARES, 2006) em 47 cidades com população acima de 300.000 habitantes, compreendendo a quase totalidade das capitais brasileiras, retratou problemas que contribuem para dificuldades de integração com o transporte regional, tornando-se impeditivos à plena mobilidade e acessibilidade (SOARES, 2006).

Em Porto Alegre, a introdução de ônibus em um corredor permitiu menos veículos rodando, menos acidentes de trânsito e menos poluição. Estes valores são em muitos casos superiores aos obtidos com ferrovias urbanas leves e a custos muito menores (IACD, 2006). O TP pode ser uma boa opção para a redução das emissões porque oferece mobilidade a quem não tem acesso ao carro particular além de ser atrativo economicamente (IPCC, 2007). Os ônibus podem ser os vilões do tráfego e da poluição atmosférica, mas quando comparados com carros e motos (Figura 3.6), ocupam o espaço na via de maneira mais eficiente, poluindo menos (ANTP, 2002).



**Figura 3.6 - Comparação entre ônibus, automóvel e moto**

Fonte: ANTP, 2002

Soares (2006) destaca que os sistemas de transporte de maior capacidade sobre trilhos desempenham um papel também importante. No geral, observa-se que o planejamento de redes de transportes, em particular metroviárias, tem como critério de análise potencializar o desenvolvimento do espaço socioeconômico, atender a grandes contingentes de demanda e minimizar altos custos de implantação/operação e impactos ambientais (CARMO et al, 2002 apud SOARES, 2006). Cada passageiro a mais neste modal é um passageiro a menos demandando o transporte sobre pneus. Os trens e metrô geram, portanto, externalidades positivas para os usuários da infraestrutura viária, o que fundamenta as políticas públicas de subsídios aos sistemas sobre trilhos, adotadas na maioria dos países. No entanto, para a infraestrutura ser construída, trens e metrô de superfície concorrem com veículos sobre rodas pelo espaço das cidades (LACERDA, 2006 apud SOARES, 2006).

Às vezes, limitações geográficas impedem o uso de tecnologias mais adequadas ao meio ambiente. Porém, a redução nos níveis de poluentes é significativa quando comparados com outros modais. Foi o caso percebido no metrô de São Paulo. Apesar de não ter sido discriminado os tipos de poluentes atmosféricos mitigados foram contabilizados uma redução de 747.564 toneladas na emissão destes (RATTON et al., 2006).

Constata-se que não são muitas as alternativas tecnológicas passíveis de serem utilizadas nos transportes em países em desenvolvimento. A principal restrição é a financeira. Dificilmente estes países têm capacidade de suportar, em escalas desejáveis,

os investimentos necessários à implantação dos modernos sistemas de transporte de maior capacidade. Ao alcance imediato estão as tecnologias rodoviárias, que possibilitam amplo conjunto de possibilidades de melhoria operacional em relação ao quadro predominante na grande maioria dos países. O bom uso dos ônibus poderá melhorar de forma substancial a qualidade de vida e o meio ambiente urbano. Para que isso ocorra, exigem-se vontade, planejamento e o adequado gerenciamento dos transportes e do trânsito (IACD, 2006).

O fator cultural também é um destaque. Uma pesquisa realizada em Manchester mostrou que 11% dos passageiros trocariam seus próprios carros pelo modal ferroviário. Enquanto que no Japão até 30% fariam a mesma troca (IPCC, 2007).

A redução nas emissões dos transportes só pode ser atingida minimizando a necessidade dos automóveis particulares, melhorando a eficiência energética dos diversos modais e combustíveis ou equilibrando a distribuição modal (SCHIPPER et al., 1997; STEENHOF et al., 2006 apud CÁCERES, PÉREZ-MARTINEZ, 2010). Percebe-se que os transportes de alta capacidade emitem menos poluentes, principalmente os modais metro-ferroviários.

A partir das experiências supracitadas (SOARES, 2006; IPCC, 2007; GEF, 2009; MUNDÓ, OCAÑA, 2010; SILVA, SORRATINI, 2010) e do levantamento do caso aeroportuário, no próximo item, será possível concluir que a redistribuição modal orientada para o transporte de maior capacidade é a opção mais indicada para se manter a qualidade do ar na área de entorno do aeroporto.

### 3.3 O CASO DOS TRANSPORTES TERRESTRES NOS AEROPORTOS

Duarte (2008) aconselha que, para analisar a acessibilidade do setor, é necessária a avaliação de estudos em que se proceda a um levantamento da evolução e das

densidades populacionais, em confronto com plano rodo-ferroviário das regiões em foco. O cruzamento de toda a informação urbanística e econômica disponível permitirá soluções viáveis que podem favorecer não só as acessibilidades indispensáveis aos aeroportos, mas também, o desenvolvimento sustentável de regiões e países.

Apesar de o processo de avaliação de impactos ambientais estarem consolidado na legislação de diferentes esferas governamentais, as metodologias de cálculo desses impactos em projetos de transportes é um tema incipiente e ao mesmo tempo possui um grande potencial de desenvolvimento. A legislação estabelece o que deve ser examinado, mas não há um consenso ou normas quanto aos métodos ou procedimentos utilizados. A razão dessa indefinição ocorre em função de fatores que determinam a magnitude e a natureza dos impactos. Tais fatores estão relacionados ao meio ambiente e o comportamento de transportes, à tecnologia veicular e as características intrínsecas das áreas de estudo (TOBIAS, PAIVA JUNIOR, 2010).

O ideal de transporte para o acesso aeroportuário é difícil de definir. Os grandes aeroportos são lugares de trânsito, seja de passageiros, seja de mercadorias, para onde convergem fluxos importantes. Os usuários e os funcionários estão dispersos em toda a região metropolitana onde a infraestrutura aeroportuária está inserida. Quando a cidade possui um significativo sistema de transporte ferroviário, é este que se torna o principal modal de acesso para este setor, caso contrário e em geral, os aeroportos precisam prover novas vias e facilidades no estacionamento (NEUFVILLE e ODONI, 2003).

No momento de se avaliar qual o transporte de superfície mais viável para os aeroportos, apenas se consideram aceitáveis viagens com durações máximas de quarenta minutos, considerando a distância total dos percursos a realizar. Entende-se também ser indispensável a possibilidade de uma ligação através de uma linha férrea dedicada, frequente, rápida e econômica. Porém, esta regra nem sempre é respeitada, como

acontece em vários casos na Europa (Roma, Milão) e nos Estados Unidos da América (Nova Iorque). A realidade deve, contudo, aproximar-se ao máximo possível desta recomendação, de modo que as áreas de influência dos aeroportos possam abranger o maior número possível de usuários (DUARTE, 2008).

Na Tabela 3.9 pode-se verificar alguns exemplos em aeroportos no mundo que estão tentando minimizar o impacto que esta infraestrutura gera no seu entorno.

**Tabela 3.9 - Opções de acesso aeroportuário**

<b>Aeroporto</b>	<b>Internacional Madrid-Barajas, Espanha.</b>	<b>Internacional Jebel Ali, Dubai</b>	<b>Internacional Narita, Japão (2)</b>
<b>Distância do centro da cidade</b>	13 km	4 km	60 km de Tóquio
<b>Movimento de passageiros/ano</b>	Cerca de 50 milhões (1)	Cerca de 40 milhões	Cerca de 30 milhões
<b>Opções de acesso</b>	Auto-estradas; táxis e ônibus de 10/15 em 10/15 minutos; metrô que faz a ligação com o centro da cidade.	Rede integrada de eixos rodoviários (160 km de vias principais para transportes públicos e cerca de 90 km para acessos secundários) e ferroviários (metrô)	Trem, ônibus, táxis e helicóptero.

Fonte: (1) AENA, 2008; (2) NAA, 2006; DUARTE, 2008.

Em termos quantitativos para a redução de emissão de poluentes atmosféricos não pode ser verificado a ocorrência devido à falta de dados disponibilizados. Entretanto, foi divulgado em alguns países europeus (Inglaterra, França e Alemanha) o resultado da aplicação de sistema de maior capacidade para acesso aeroportuário mostrando consequências significativas na transferência modal e, conseqüentemente, reduzindo o impacto em emissões de poluentes atmosféricos. Estes são:

### **Inglaterra**

Em 2009, a movimentação anual de passageiros em Londres ficou em cerca de 66 milhões, o que o coloca como a principal cidade européia em termos de tráfego aéreo (ACI, 2010). Talvez, por isso, seja o país mais preocupado com as consequências dos impactos no entorno de seus aeroportos.

Em Manchester foi desenvolvido um Plano Diretor para 2030. Em 2003, foi feito um levantamento da aplicação deste entre os funcionários e passageiros. O processo de implementação que começou em 1996 evoluiu conforme a Tabela 3.10.

**Tabela 3.10 – Divisão Intermodal: Passageiros e Funcionários**

	Passageiros (sem transferências)		Funcionários	
	14,5 milhões	19,5 milhões	14.500	16.500
<b>Modal</b>	<b>1996</b>	<b>2003</b>	<b>1996</b>	<b>2003</b>
Táxi	23%	30%	1%	1%
Trem	5%	7%	1%	2%
A pé	-	-	0%	2%
Ônibus cortesia do hotel/agência	-	4%	-	-
Bicicleta	-	-	2%	2%
Motocicleta	-	-	1%	2%
Ônibus	4%	2%	4%	7%
Carro particular/cortesia aeroporto	65%	39%	-	-
Carro alugado	3%	2%	-	-
Carro com passageiro	-	-	6%	4%
Carro (motorista como passageiro)	-	-	2%	8%
Carro (motorista sozinho)	-	-	83%	72%

Fonte: MANCHESTER AIRPORT, 2006.

No Aeroporto de Gatwick, as iniciativas tomadas para a aplicação da divisão modal foram associações entre o TP e o transporte de maior capacidade (JONES, 2004):

- rede de ônibus ligando as cidades inglesas ao aeroporto;
- melhorias nas estações de trem e ônibus;
- incentivo das companhias de viagem no uso do TP e no compartilhamento dos veículos particulares;
- redução nos preços dos ônibus e trens para funcionários do aeroporto.

Em 2005, a divisão modal ocorria da seguinte forma: 51,3% veículo particular; 2,3% veículo alugado; 14,1% táxi; 6,7% ônibus e 25,2% de trens (DUARTE, 2008).

No Aeroporto de Heathrow em três anos o *Express* (rede ferroviária) já levava cinco milhões de passageiros ao centro de Londres. Isto é equivalente a 26% na divisão modal, restando 24% para o metrô e 50% para o modal rodoviário (CDG Express,

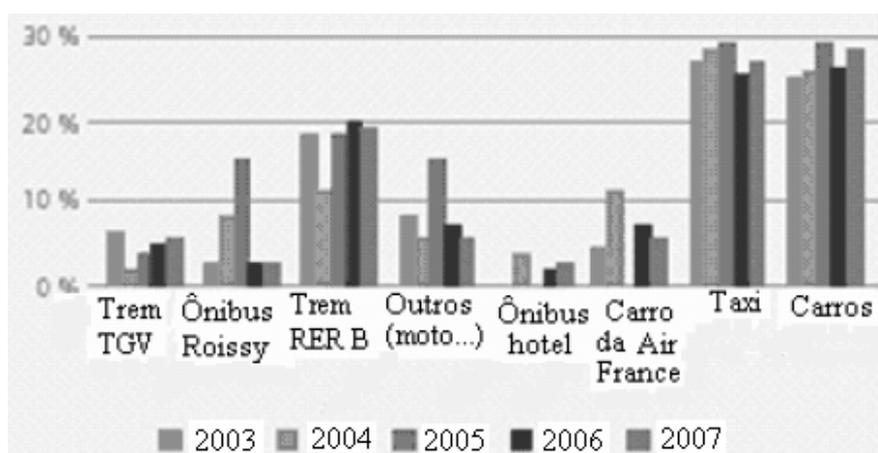
2003).

O sistema ferroviário se aplicou em nove aeroportos da Inglaterra após a implantação do *Transport White Paper* (HUMPHREYS, ISON, 2002). Destes, quatro estão acima de dez milhões pax/ano. Estes são (WAC, 2002): Heathrow (63 milhões/ano), Gatwick (30 milhões/ano), Manchester (20 milhões/ano), Stansted (16 milhões/ano). Neste caso, pode-se concluir que uma determinada demanda estimula mais a introdução de um sistema de maior capacidade com maior chance de sucesso.

### França

Paris possui o segundo maior aeroporto Europeu em movimentação de passageiros. Em 2009, o Aeroporto Charles de Gaulle (CDG) movimentou anualmente quase sessenta milhões de passageiros (ACI, 2010).

A administração deste aeroporto também desenvolve uma política de divisão modal e o transporte de passageiros está evoluindo conforme a Figura 3.7. Apesar desta implementação, pode-se observar que a parcela de carros particulares ainda é considerável quando comparado com os outros modais.



**Figura 3.7 – Transporte de Passageiro Partindo de Paris-CDG**  
Fonte: AÉROPORT DE PARIS, 2007.

Para a implementação de um novo serviço ferroviário de acesso ao aeroporto foi feita uma pesquisa declarada e os seguintes elementos da Tabela 3.11 foram apontados como fundamental para os passageiros.

**Tabela 3.11 - Itens do serviço considerados pelos passageiros europeus**

<b>Itens</b>	<b>Elementos</b>
Confiabilidade/Pontualidade	Previsibilidade
Facilidade/liberdade de acesso	Acessibilidade
Frequência elevada/Permanência do serviço	Resposta instantânea face à necessidade da mobilidade, sem dependência de horário.
Rapidez no registro	Sem espera.
Simplicidade no uso	Evidência
<b>Objetivo</b>	
Ganho de tempo e certeza de não perder o voo	

Fonte: CDG EXPRESS, 2003.

### Alemanha

O aeroporto de Frankfurt é o terceiro na lista dos mais movimentados na Europa, com um pouco mais de cinquenta milhões de passageiros no ano de 2009 (ACI, 2010). A maneira encontrada pela administração deste aeroporto para superar os obstáculos do processo de implementação da intermodalidade foi buscar atender as expectativas de serviços de passageiros com relação aos pontos considerados críticos tanto para as empresas operadoras quanto para os usuários. A tabela 3.12 destaca as expectativas que nortearam a implementação (MARQUEZ, 2006).

**Tabela 3.12 – Expectativa dos passageiros quanto ao serviço prestado**

<b>Principais dificuldades</b>	<b>Solicitação</b>
Transporte de passageiros	Rápido, confortável, barato e confiável.
Transporte de bagagens	Confortável, barato, confiável e com o passageiro.
Informações	Fácil, completa, atualizada, confiável e em qualquer lugar.
Compras de bilhetes	Fácil, rápido, confiável e em qualquer lugar.
Orientação	Fácil, atualizada, confiável e uniforme.
Check-in	Fácil, rápido, confiável e em qualquer lugar.
Serviços de segurança	Fácil, rápido e em qualquer lugar.

Fonte: MARQUEZ, 2006.

Apesar de ainda 40% utilizarem o veículo particular, 16% táxi, 7% ônibus e 7% veículos alugados, a administração do aeroporto justifica que a intenção é mudar a escolha do usuário de avião em curtas distâncias para o trem. Desta forma a redução do

modal rodoviário ocorrerá naturalmente, uma vez que serão desnecessárias as pessoas levarem/buscarem os viajantes no aeroporto, pois estes chegarão ao destino final de trem. Por outro lado, com esta transferência serão abertas mais vagas para pousos e decolagens de voos intercontinentais, mais lucrativos, com taxas de operação mais rentáveis. As melhorias darão uma imagem positiva ao aeroporto, já que existe a preocupação com o bem estar da população e a responsabilidade social. O resultado será visível no entorno do aeroporto devido à redução dos congestionamentos de carros e ônibus e conseqüentemente na redução de impactos ambientais com a melhoria da qualidade do ar (MARQUEZ, 2006).

Nota-se que a preocupação com o acesso aeroportuário ocorre quando os aeroportos possuem grande movimentação de passageiros, o que reflete na movimentação do tráfego terrestre na vizinhança. Tais aeroportos caracterizam-se como o tipo internacional. Os procedimentos adotados estão relacionados à confiabilidade do passageiro que necessita chegar a este empreendimento sem imprevistos e com o mínimo de deslocamentos possíveis uma vez que eles possuem bagagens. Outrossim, o sucesso da aplicação do transporte metro-ferroviário se deu devido à viabilidade urbana e à cultura européia que facilitou a implementação deste modal. Este sucesso também foi percebido em culturas orientais, o que ainda não ocorreu nas Américas (TIRY, 2009).

Percebe-se, entre os diversos aeroportos, uma preocupação em fazer uma análise das vias de acesso no entorno deste empreendimento, além de um levantamento da oferta, da demanda e da viabilidade dos transportes disponíveis, sempre com destaque para o modal ferroviário. O sucesso na utilização deste modal ocorre, principalmente, devido à consolidação da malha ferroviária na Europa e de uma cultura local já habituada a este meio de transporte. No entanto, é possível tomar como exemplo as

etapas que foram adotadas para a implementação dos modais de maior capacidade. A seguir será feita uma comparação entre os elementos considerados para a aplicação do transporte de maior capacidade para o meio urbano e para os aeroportos, tendo como resultado as principais etapas que podem ser consideradas no procedimento proposto.

### 3.4 ANÁLISE COMPARATIVA

Com o crescimento econômico e a demanda da urbanização as atividades no setor de transportes irão multiplicar (GEF, 2009). O perfil dos deslocamentos no Brasil tem se modificado nos últimos anos: antes havia uma grande concentração de locais de trabalho e estudo nas zonas centrais; hoje há uma grande dispersão. Mesmo assim, o ônibus é, e continuará sendo por muito tempo ainda, o principal ou o único viável meio de TP para a maioria da população de nossas cidades. Os índices de qualidade de vida, hoje insatisfatórios, podem começar a mudar a partir da melhoria do TP (LERNER, 2009).

A melhoria do TP é apontada como uma das saídas para diminuir a emissão de poluentes atmosféricos nas grandes metrópoles. Mas deixar o carro na garagem e usar um ônibus, por exemplo, não é tão simples. O usuário precisa de um serviço de qualidade. Partindo desse pressuposto, empresas do setor estão investindo não só na renovação da frota, mas em serviços que minimizem a poluição do ar (DIARIODONE, 2008).

Observa-se o crescente interesse em diversos países na implementação do TP como forma de mitigar os impactos ambientais relacionados às emissões veiculares. A possível ocorrência da transferência modal tem influência significativa nas emissões de poluentes atmosféricos, uma vez que reduz o fluxo de automóveis e a consequente degradação do trânsito das grandes cidades (CASTRO e STRAMBI, 2008). Na Tabela

3.13 há uma estimativa feita pelo relatório do IPCC (2007) onde há as emissões de CO<sub>2</sub> por modal. Apesar do CO<sub>2</sub> não interferir na qualidade do ar é válido o destaque destas emissões para se ter uma idéia da contribuição de poluentes por modal que é inversamente proporcional à média de ocupação reforçando a ideia de que os modais de maior capacidade são mais eficientes.

**Tabela 3.13 – Emissões atmosféricas por modal em países desenvolvidos**

Modal	Média de ocupação	Emissão de CO <sub>2</sub> -eq/pax-km (ciclo completo de energia)
Carro (gasolina)	2.5	130-170
Carro (diesel)	2.5	85-120
Carro (gas-natural)	2.5	100-135
Carro (elétrico)	2.5	30-100
Scooter (dois tempos)	1.5	60-90
Scooter (quatro tempos)	1.5	40-60
Micro-ônibus (gasolina)	12.0	50-70
Micro-ônibus (diesel)	12.0	40-60
Ônibus (diesel)	40	20-30
Ônibus (gás natural)	40	25-35
Ônibus (célula de hidrogênio)	40	15-25
Trânsito sobre trilhos	75% cheio	20-50

Fonte: IPCC, 2007.

Em um estudo feito por Litman (2009) sobre as melhorias alcançadas com a eficiência do sistema do TP foi constatado que tal incremento traria credibilidade aos consumidores e a redução no uso dos automóveis. As viagens *per capita* feitas por carros apresentaram uma redução de cerca de 15% devido a políticas de uso de solo e de TP. Além disso, bons estímulos econômicos respondem a futuras demandas e ajudam a atingir objetivos econômicos, sociais e ambientais. Os benefícios podem ser percebidos em: redução nos congestionamentos e nos custos em estacionamento, melhorias na mobilidade e na acessibilidade, conservação de energia, redução da poluição, melhorias na qualidade de vida da população, etc.

Em um passado não muito distante, os projetos de infraestrutura eram conduzidos

seguindo uma visão imediatista e limitada. Atualmente, os órgãos financiadores impõem indicadores ambientais para alocar recursos a qualquer projeto desta envergadura. Através dos relatórios e estudos de impacto ambiental - que na maioria dos casos ainda são submetidos à apreciação da comunidade em audiências públicas; estuda-se a relação do projeto com o meio ambiente. Esse procedimento tem possibilitado a elaboração de propostas menos agressivas à natureza e de melhor qualidade técnica (IACD, 2006).

É interessante notar que, em um cenário previsto para 2030, não se espera nenhuma nova tecnologia no mercado para a redução de emissão de poluentes atmosféricos. A solução está na implementação das tecnologias comercialmente já disponíveis e a adoção das boas práticas nos transportes já oferecidos. Tais como: utilização de TP, transferência modal, gerenciamento da mobilidade, entre outros (RIBEIRO, 2007).

Embora o sistema rodoviário domine como opção de acesso aeroportuário, Ashford e Wright (1992) declararam que nenhuma modalidade de transporte se qualifica como a mais apropriada e expõe as vantagens e desvantagens dos diversos modais utilizados para o aeroporto (Tabela 3.14).

**Tabela 3.14 – Prós e Contras dos Transportes nos Aeroportos**

	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Automóvel</b>	Menor tempo de deslocamento; custo <i>per capita</i> pode ser menor quando a capacidade é máxima; flexibilidade e conveniência do porta-a-porta.	Congestionamentos, custo dos estacionamentos ou a falta destes, alto custo para um passageiro, emissão de poluentes atmosféricos.
<b>Táxis</b>	Conveniência, custo <i>per capita</i> pode ser menor.	Alto custo para um passageiro; congestionamento; perda de tempo no embarque e desembarque nos terminais; emissão de poluentes atmosféricos.
<b>Ônibus fretado</b>	Bom ao meio ambiente e evita congestionamentos já que transitam com a sua capacidade máxima.	Necessitam de um espaço reservado; por transitar no meio urbano contribuem com os congestionamentos aumentando a emissão de poluentes.
<b>Ônibus especial</b>	Razoavelmente barato para um passageiro; liga o centro da cidade ao aeroporto com poucas paradas;	Caro para um grande número de passageiros em conjunto; não param em qualquer lugar; mais sensível aos congestionamentos não sendo confiável.

**Tabela 3.14 – Prós e Contras dos Transportes nos Aeroportos**

	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Ônibus urbano</b>	Quando integrado à malha urbana agrega conveniência aos funcionários do aeroporto.	Inconveniente ao passageiro caso ele não conheça a cidade, além de não atender as suas necessidades (ex: espaço para bagagens); contribuem com os congestionamentos aumentando a emissão de poluentes; lento devido ao excesso de paradas.
<b>Trem convencional</b>	Confiável com poucos atrasos, acesso rápido ao centro da cidade, satisfatório somente quando há conexões com o sistema de trânsito urbano, menor emissão de poluentes.	Geralmente só o centro da cidade é servido por este sistema dificultando o acesso, nas horas de pico os passageiros/bagagens se misturam ao usuário comum.
<b>Trem rápido urbano convencional</b>	Confiável com poucos atrasos, acesso rápido ao centro da cidade, viável para funcionários e visitantes, menor emissão de poluentes.	Distância entre o terminal e a estação é longe o bastante dificultando o transporte das bagagens; inconveniência nas conexões.
<b>Sistema ferroviário especializado e transporte de alta velocidade</b>	Rápido, sem paradas, confiável, confortável; conveniente acesso ao centro da cidade; menor emissão de poluentes; viável para longas distâncias.	Caro; atraem passageiros de outros modais contribuindo com o congestionamento da cidade; infraestrutura cara ainda que se considerem as vantagens ambientais.
<b>Helicóptero</b>	Acesso rápido, sem inconvenientes com bagagens.	Acidentes; excessivamente caro; demanda inadequada; ruído.
<b>Transporte por via marítima</b>	Não compete com o modal rodoviário; cenário atrativo para os passageiros.	Serviço não confiável, inconveniente nas transferências modais.

Fonte: adaptado ASHFORD e WRIGHT, 1992.

Na Tabela 3.15 visualiza-se, de maneira resumida, os aeroportos anteriormente citados e como eles estão lhe dando com a acessibilidade no setor. Destaque para a variedade em opções no caso internacional e somente a oferta de transporte rodoviário no caso brasileiro.

**Tabela 3.15 – Dados aeroportuários**

	<b>Rio de Janeiro - AIRJ (1)</b>	<b>Londres Heathrow (3)</b>	<b>Frankfurt Flughafen (4)</b>	<b>Paris CDG</b>
<b>Superfície (ha.) e distância (km) ao centro urbano</b>	1,79×10 <sup>-3</sup> ha. 23,3 km	- 24 km	1,92×10 <sup>-3</sup> ha. 12 km	3,2×10 <sup>-3</sup> ha. 25 km
<b>População da Cidade (hab.)</b>	6.186.710	8.278.251	670.095	2.181.371
<b>Nº de Funcionários</b>	21.500	72.000 (4)	70.000 (5)	23.128
<b>Movimentação de aeronaves e passageiros/ano (2)</b>	130.597 10.754.689	478.518 66.037.578	485.783 50.932.840	559.816 57.906.866
<b>Rede de transporte externo</b>	Carro e ônibus	Carro, ônibus, metrô (50 min) e trem (15/20 min).	Carro, ônibus, trem regional (11 min) e TGV.	Carro, ônibus, RER (30 min) e TGV.

**Tabela 3.15 – Dados aeroportuários**

	<b>Rio de Janeiro - AIRJ (1)</b>	<b>Londres Heathrow (3)</b>	<b>Frankfurt Flughafen (4)</b>	<b>Paris CDG</b>
<b>Rede de transporte interna</b>	-	Trem entre os 4 terminais	Trem e Navette	Navette e ônibus

Legenda: Navette – ônibus especial de preço único que liga o centro da cidade ao aeroporto, não possuem catracas e o bilhete é comprado em pontos intermodais da cidade.

TGV (*Train à Grande Vitesse*): trem de alta velocidade francês.

RER (*Réseau Express Régional*): rede ferroviária urbana.

Fonte: TIRY, 2009; (1) INFRAERO, 2009;(2) ACI, 2010 ; (3) HEATHROW, 2009 ; (4) FRAPORT, 2009.

Do ponto de vista ambiental, é notável a vantagem dos transportes sobre trilhos. Mas, existem, frequentemente, imposições de ordem natural que impedem o seu desenvolvimento. Por exemplo, um país pode não ter rios que facilitem o emprego do transporte hidroviário; ou possuir uma extensa malha ferroviária, mas distante dos principais pontos de origem e destino das viagens, o que limita o emprego dos transportes metro-ferroviários. Essas e outras restrições impedem a adoção de um modelo universal para o planejamento dos transportes, que deve se apoiar em medidas adaptadas às circunstâncias locais (IACD, 2006).

Após o levantamento feito para a aplicação do transporte de maior capacidade, seja no meio urbano, seja para o acesso aeroportuário, foram observadas três etapas em comum:

- Análise da demanda/oferta (JONES, 2004; SOARES, 2006; MARQUEZ, 2006; SANTOS, 2009; GEF, 2009);
- Avaliação econômico-ambiental (SOARES, 2006; DUARTE, 2008; GEF, 2009; LIN et al., 2010);
- Formulação de medidas mitigadoras - configuração das vias que se definem pelo dimensionamento das ruas de acesso (CDG EXPRESS, 2003; JONES, 2004; MARQUEZ, 2006), e redução dos congestionamentos e melhorias ambientais (SOARES, 2006; MANCHESTER AIRPORT, 2006; IPCC, 2007; DUARTE,

2008; GEF, 2009; OCAÑA, MUNDO, 2010; CÁCERES, PÉREZ-MARTÍNEZ, 2010; SILVA, SORRATINI, 2010; RE, 2010).

O transporte de maior capacidade elimina do trânsito diário milhares de automóveis, do mesmo modo que sua velocidade e conforto constituem atrativos aos passageiros, que evitam utilizar outros meios. E o mais importante: não polui o ar. Nas grandes cidades dos países desenvolvidos o modal sobre trilhos, em geral o metrô, constitui a espinha dorsal dos sistemas de transportes, cabendo aos ônibus um serviço complementar, em geral alimentando as linhas ferroviárias. O que impede o uso de modo intenso é o investimento exigido para a sua implantação, cerca de quarenta milhões de dólares por quilômetro de via, podendo ultrapassar cem milhões de dólares como os metrôs de Caracas e do Rio de Janeiro. Mais baratos que estes, mas sem a mesma eficiência em termos de capacidade, os trens leves ou os veículos leves sobre trilhos (VLT) podem ser uma solução. Não necessitam de obras de grande porte, como os metrôs, e podem transportar volumes substanciais de passageiros por hora (IACD, 2006).

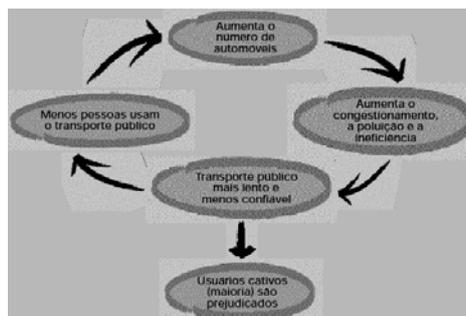
O excesso de veículos, tanto privados como de TP, degrada o ambiente. Mesmo que toda a frota utilizasse fonte energética totalmente limpa, ainda assim seriam fatores de deterioração, tanto ambiental como da qualidade da vida. Conclui-se que não é somente o uso de transporte individual que contribui para este desconforto, visto que muitos modos de transporte coletivo também podem ser pouco eficientes e bastante poluidores (rodoviário *versus* ferroviário). É necessário considerar que os modos de transporte urbano de passageiros atualmente disponíveis foram criados ao longo do século XIX. Durante o século XX, foram agregadas tecnologias a esses modos, mas estes não evoluíram conforme esperado e ainda predominam no século XXI, com modernização tecnológica restrita a componentes específicos, em decorrência da cultura

conservadora do setor transporte e da predominância dos veículos de transporte individual. Nos últimos quinze anos as discussões se mantiveram, mas suas aplicações foram incipientes. Há uma necessidade urgente de uma reavaliação do modelo atual de transporte e circulação das cidades, para uma busca de melhor distribuição das oportunidades de deslocamento, com uma maior eficiência geral dos sistemas e uma maior qualidade ambiental (KNEIB, TEDESCO, 2010).

Observa-se pouca divulgação dos procedimentos sistematizados, isso dificulta uma análise mais profunda das etapas que estes seguem. Para atingir o objetivo deste trabalho o procedimento proposto se apoiará em três pilares: aeroporto como PGV, impacto da divisão modal e da qualidade do ar. Neste contexto, o procedimento que se constrói neste trabalho e será proposto no Capítulo 5 visa expor todas as etapas que podem ser seguidas para um estudo deste porte.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, os engarrafamentos dos acessos aos aeroportos internacionais, principalmente europeus, aumentam os níveis de poluição atmosférica e somam-se às estradas que ficam, diariamente, bloqueadas pelos congestionamentos. Constata-se que os padrões de crescimento dos transportes atuais estão insustentáveis (DUARTE, 2008). Isto ocorre, principalmente, no Brasil onde a dominância rodoviária e os TPs não são eficientes provocando um ciclo vicioso (Figura 3.8).



**Figura 3.8 – Ciclo vicioso do congestionamento e da expansão urbana**

Fonte: ANTP, 1997.

Pessoas residentes até cem metros de avenidas de grande movimento respondem por um número maior de internações decorrentes de problemas cardiorrespiratórios (GUANDELIN, 2009). Logo, se faz necessário a implantação de medidas que melhorem os serviços no setor de transporte e fomentem um equilíbrio entre os diversos meios para que as pessoas não prefiram o automóvel em detrimento do TP ou de um transporte de maior capacidade. Isto passa pela construção de uma rede de transportes integrada, da qual também faz parte o avião e a sua infraestrutura (DUARTE, 2008).

As soluções até então adotadas, seja para melhorias urbanas, seja para o sistema aeroportuário, estão entre a implantação do TP ou de um transporte de maior capacidade. Este último, como foi observado no item 3.3 desta capítulo, se mostrou como a opção mais eficiente na questão da manutenção da qualidade do ar. Os indicadores que apontam a melhor opção são: dados sócio-demográficos, configuração das vias e características das viagens.

Outro ponto a destacar é a vocação de cada cidade para determinado transporte coletivo. É preciso observar que a escala do sistema de transporte deve ser compatível com a escala de demanda existente. Para as cidades com mais de meio milhão de habitantes (como o Rio de Janeiro), a questão de modalidade nos eixos principais é tão importante quanto a operação em forma de rede integrada, onde o passageiro pode escolher o trajeto (ou até modalidade) e realizar transbordos em ambientes confortáveis e seguros, com o menor custo possível (LERNER, 2009).

É possível implementar um transporte de maior capacidade em consonância com o sistema aeroportuário, pois este é um empreendimento que induz o desenvolvimento urbano e sócioeconômico, podendo possibilitar direta ou indiretamente, a manutenção, o monitoramento e o avanço para elevação da qualidade do ar da região onde está localizado, através de sua infraestrutura e da identificação dos aspectos estratégicos do

planejamento de engenharia aeroportuária. Os municípios podem ser beneficiados uma vez que os aeroportos possuem uma enorme força estratégico-financeira, podendo contribuir de forma positiva para a geração de recursos suficientes, próprios ou de Parcerias com grupos Privados ou Públicos (PPP), para arcar com os investimentos de capital necessários para a implementação de um transporte coletivo eficiente e sustentável.

Neste capítulo preocupou-se em estudar o sistema de transporte e o acesso aeroportuário. Algumas etapas merecem destaque, após esta revisão bibliográfica, para que possam ser introduzidas ao procedimento proposto (Tabela 3.16).

**Tabela 3.16 – Etapas consideradas nos respectivos setores de transportes**

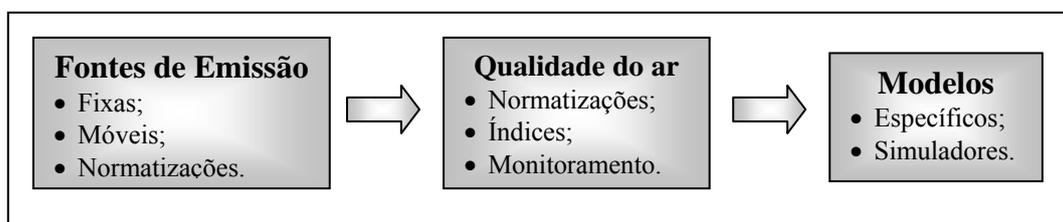
<b>PGVs</b>	<b>Transporte de maior capacidade</b>	<b>Aeroportos</b>
Identificação do problema	Determinação da taxa de crescimento populacional	Determinação da taxa de crescimento aeroportuário
	Avaliação econômico-ambiental	
Estimativa da demanda	Análise da demanda e oferta, configuração das principais vias e análise topográfica.	
Estudo da oferta viária		
Análise do desempenho	Determinação do comportamento de viagem	Índice de conforto, de rapidez e de confiabilidade.
Estabelecimento das medidas de melhorias necessárias à rede viária	Redução dos congestionamentos e melhorias ambientais	

Tendo em vista a necessidade de se compreender as variáveis e os modelos que definem os efeitos da divisão modal na qualidade do ar, será discriminada no próximo capítulo mais uma etapa. As fontes de emissão de poluentes atmosféricos e os índices de qualidade do ar serão outros elementos também necessários para a construção do procedimento a que se propõe este trabalho.

#### 4. VARIÁVEIS E MODELOS USADOS PARA A PREVISÃO DOS IMPACTOS NA QUALIDADE DO AR

Nos últimos trinta anos, a relação entre a emissão de poluentes na atmosfera e a infraestrutura aeroportuária vem se tornando objeto de maior atenção por parte das entidades ambientalistas, devido ao seu alcance e as incertezas relacionadas com as suas consequências. Os efeitos dos aeroportos na qualidade do ar local já é uma preocupação nas grandes cidades. As emissões de automóveis, indústrias, refinarias e outras fontes estão controladas ou até reduzindo. Por outro lado, o aeroporto surge como um contribuinte na poluição atmosférica, atingindo em diversos níveis os residentes próximos a este empreendimento (LEHRER e FEEMAN, 1998; YU et al., 2004; UNAL et al., 2005; CARSLAW et al., 2006; GELHAUSEN e WILKEN, 2006; LANDSBERG, 2006; SCHÜRMAN, et al., 2007; CALDAS, 2008; HU et al., 2009; ADAMKIEWICZ et al., 2010; SANTOS, 2010).

O presente capítulo destaca os determinantes da poluição do ar, tais como os agentes naturais, a necessidade do monitoramento e de modelos para o desenvolvimento de procedimentos para previsão e melhorias da qualidade do ar (Figura 4.1). O objetivo é levantar, caracterizar e analisar as variáveis e os modelos usados para estimar a emissão de poluentes através das diferentes modalidades de transporte, em particular os modos rodoviários.



**Figura 4.1 – Estrutura do Capítulo 4**

O TRB (2008) divulgou uma pesquisa sobre o uso dos modelos na prática da Engenharia de Transportes. Das 34 organizações que reportaram experiências com

modelos: 55% consideram adequados para as suas necessidades, 35% declaram que não é confiável o suficiente, 30% acham muito caro e 10% não usam devido à complexidade. Além disso, 22 organizações declararam não fazerem uso de modelos analíticos devido a: falta de necessidade (70%); inadequação na informação ou no guia para o uso do modelo (20%); os modelos não são confiáveis ou difíceis de usar (15%)<sup>1</sup>.

A modelagem destinada à previsão do efeito do transporte de acesso aeroportuário na qualidade do ar pode ser realizada a partir de diferentes abordagens. Neste contexto, serão ressaltadas as duas seguintes:

- a) o uso de modelos específicos expressos por equações (item 4.3);
- b) por meio de simuladores (item 4.4).

O uso potencial de um modelo deve prever os efeitos no modo de acesso, propor mudanças no sistema; determinar o impacto na qualidade do ar esperado ou ajudar a propor medidas mitigadoras e; melhorias em projetos de acesso aeroportuário (TRB, 2008). Para atingir o objetivo desta Tese, este levantamento se concentrará na determinação da qualidade do ar e nas possíveis medidas de atenuação dos poluentes atmosféricos.

#### 4.1 FONTES DE EMISSÃO – Definição e procedimentos de controle

Emissão é o ato de emitir ou lançar algo em circulação. As emissões de poluentes podem ser divididas em dois grupos (ENVIRONNEMENT, 2004):

- a) emissões antropogênicas – provocadas pela ação do homem, tais como, nas indústrias, no transporte e na geração de energia. Este tipo de emissão é mais concentrado nos centros urbanos;
- b) emissões naturais – ocorrem quando a natureza emite os poluentes, tais como, processos microbiológicos e vulcões. Na maior parte das vezes essa forma de

---

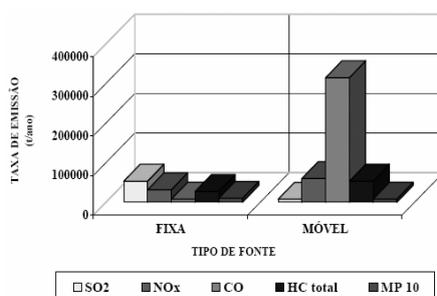
<sup>1</sup> Múltiplas respostas eram permitidas no questionário por isso o valor total final ultrapassa os 100%.

poluição é absorvida na natureza.

Fonte de emissão, ou simplesmente fonte, é qualquer processo ou atividade que libera poluentes para a atmosfera. Pode ser classificado, quanto à localização, em fontes móveis e estacionárias. A fonte móvel é representada, principalmente, pelo setor de transportes. São fontes fixas ou estacionárias as indústrias, plantas termelétricas, entre outras. Existem também as fontes fugitivas, oriunda da queima de gás natural nas tochas das unidades na produção e refino de óleo e gás, as perdas na distribuição de gás natural, entre outros (CABRAL, 2004).

As informações obtidas por meio do Inventário da FEEMA, atual Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA, 2009), para a RMRJ apontam que o equivalente a 77% do total dos poluentes emitidos para a atmosfera são de fontes móveis, enquanto 23% são das fontes fixas. Isto sem considerar as fontes naturais e as vias de tráfego não pavimentado, que alteram o percentual de contribuição destas fontes.

A Figura 4.2 ilustra a comparação entre emissões de fontes fixas e móveis dos principais poluentes considerados. Observa-se que há uma distribuição equilibrada nas emissões de Material Particulado Inalável (MP<sub>10</sub>). Este poluente é característico da queima de combustíveis fósseis mais pesados, utilizados tanto nos processos industriais (óleo combustível) quanto no sistema de transporte (diesel). Verifica-se para os dois tipos de fonte que cerca de 100% do CO é proveniente das vias de tráfego, enquanto que 88% do SO<sub>2</sub> são emitidos, basicamente, por atividades industriais (INEA, 2009).



**Figura 4.2 – Comparação Entre as Emissões de Fontes Fixas e Fontes Móveis**  
Fonte: INEA, 2009.

No sistema aeroportuário os principais poluentes atmosféricos são: SO<sub>2</sub>, COV, MP e O<sub>3</sub> em impacto local e, CO<sub>2</sub>, em impacto global (WHITELEGG e CAMBRIDGE, 2004). O NO<sub>x</sub> tem impacto local, regional e global.

Atualmente, os procedimentos de controle da poluição do ar para fontes móveis são desenvolvidos para os veículos automotores novos. A Tabela 4.1 do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) estabelece limites máximos de emissão de poluentes para motores destinados a veículos leves, nacionais e importados.

**Tabela 4.1 – Limites Máximos de Emissão de Poluentes**

	CO	THC (1)	NMHC (2)	NO <sub>x</sub>		HCO	MP	Teor de CO
				Otto	Diesel			
	g/km							% vol.
<b>17/05/2003</b>		2,0						
<b>01/01/2007 (3)</b>	2,0	0,30	0,16	0,25	0,60	0,03	0,05	0,50
<b>(4)</b>	2,0	0,30	0,16	0,25	0,60	0,03	0,08	0,50
<b>(5)</b>	2,7	0,50	0,20	0,43	1,00	0,06	0,10	0,50
<b>01/01/2009 (6)</b>	2,0	0,30	0,05	0,12	0,25	0,02	0,05	0,50
<b>(7)</b>	2,0	0,30	0,05	0,12	0,25	0,02	0,05	0,50
<b>(8)</b>	2,7	0,50	0,06	0,25	0,43	0,04	0,06	0,50

- Legenda: (1) Hidrocarbonetos Totais (THC) – total de substâncias orgânicas, incluindo frações de combustível não queimado e subprodutos resultantes da combustão, no gás de escapamento e que são detectados pelo detector de ionização de chama;
- (2) Hidrocarbonetos Não Metano (NMHC) – parcela dos hidrocarbonetos totais exceto a fração de metano;
- (3) Limites máximos de emissão de poluentes do escapamento dos veículos leves de passageiros PROCONVE L-4;
- (4) Limites máximos de emissão de poluentes do ar para veículos leves comerciais, com massa do veículo para ensaio menor ou igual a 1.700kg PROCONVE L-4;
- (5) Limites máximos de emissão de poluentes do escapamento dos veículos leves comerciais, com massa do veículo para ensaio maior que 1.700kg PROCONVE L-4;
- (6) Limites máximos de emissão de poluentes do escapamento dos veículos leves de passageiros PROCONVE L-5;
- (7) Limites máximos de emissão de poluentes do ar para veículos leves comerciais, com massa do veículo para ensaio menor ou igual a 1.700kg PROCONVE L-5;
- (8) Limites máximos de emissão de poluentes do escapamento dos veículos leves comerciais, com massa do veículo para ensaio maior que 1.700kg PROCONVE L-5.

Fonte: PROCONVE, 2004.

No sistema de transporte aéreo ainda não existem limites de emissões atmosféricas para a infraestrutura aeroportuária. Ainda que a contribuição do transporte aéreo seja

marginal na poluição atmosférica total, a INFRAERO considera que a forma mais efetiva de reduzir os poluentes atmosféricos é controlando as fontes de emissão.

#### 4.2 QUALIDADE DO AR

A qualidade do ar está associada não só as fontes emissoras de poluentes, mas também a dificuldade que o poluente tem para se dispersar.

A Resolução CONAMA 003, de 23 de junho de 1990, define padrões de concentração de poluentes. A Tabela 4.2 apresenta os níveis de concentração para os respectivos poluentes: partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, partículas inaláveis, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub>.

**Tabela 4.2 – Padrões de Qualidade do Ar**

Poluentes	Concentração						
	Padrão				Nível		
	Primário		Secundário		Atenção	Alerta	Emergência
	Média (µg/m <sup>3</sup> )						
	Ano	Horas	Ano	Horas	Horas		
PTS	80 (1)	240 (3)	60 (1)	150 (3)	375 (3)	625 (3)	875 (3)
Fumaça	60 (2)	150 (3)	40 (2)	100 (3)	250 (3)	420(3)	500 (3)
Partículas inaláveis	50 (2)	150 (3)	50 (2)	150 (3)	250 (3)	420 (3)	500 (3)
SO <sub>2</sub>	80 (2)	365 (3)	40 (2)	100 (3)	800 (3)	1.600 (3)	2.100 (3)
NO <sub>2</sub>	100 (2)	320 (5)	100 (2)	190 (5)	1.130 (5)	2.260 (5)	3.000 (5)
CO	-	10.000 (4) 40.000 (5)	-	10.000 (4) 40.000 (5)	17.000 (4)	34.000 (4)	46.000 (4)
O <sub>3</sub>	-	160 (5)	-	160 (5)	400 (5)	800 (5)	1.000 (5)

Legenda: (1) média geométrica (2) média aritmética (3) média de 24 horas (4) média de 8 horas  
(5) média de 8 horas

Fonte: BRASIL, 1990.

Tais concentrações são definidas em padrões primários e secundários:

- a) padrão primário - são concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população;
- b) padrão secundário - são concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, sobre a fauna, a flora, os

materiais e o meio ambiente em geral.

A determinação da qualidade do ar é limitada a poluentes definidos em função da importância e da disponibilidade de recursos materiais e humanos. Geralmente, o grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar são: SO<sub>2</sub>, MP, CO, O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>. A escolha desses indicadores está ligada à frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam ao meio natural. A Tabela 4.3 resume as fontes, características e efeitos à saúde e ao meio ambiente dos principais poluentes atmosféricos existentes (MENDES, 2004).

**Tabela 4.3 – Principais Poluentes na Atmosfera – fontes, características e efeitos.**

Poluentes	Características	Fontes principais	Efeitos na saúde	Efeitos ao meio ambiente
PTS <100micra	Material sólido ou líquido suspenso no ar (poeira, fumaça, fuligem, etc).	Naturais: pólen, solo. Artificiais: veículos (exaustão), queima de biomassa, poeira de rua suspensa.	Doença pulmonar, asma e bronquite. Quanto menor maior o efeito.	Contaminação do solo, danos à vegetação.
MP <sub>10</sub> e Fumaça. <10micra	Material sólido ou líquido no ar em forma de poeira, fumaça, fuligem.	Processo de combustão (indústria e veículos automotores)	Aumento de atendimento hospitalar e morte prematura	Contaminação do solo, danos à vegetação.
SO <sub>2</sub>	Gás incolor, com forte odor.	Processos que utilizam a queima de óleo combustível, refinaria de petróleo e veículos a diesel.	Desconforto na respiração, doenças respiratórias e cardiovasculares ou agravamento destas.	Danos à vegetação e a colheita, formação da chuva ácida e corrosão aos materiais.
NO <sub>2</sub>	Gás marrom avermelhado, com odor forte e irritante.	Incinerações, processos de combustão com veículos automotores.	Abaixa a resistência às infecções respiratórias, aumento da sensibilidade à asma e bronquite.	Danos à vegetação, a colheita. Formação da chuva ácida.
CO	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores	Prejuízo nos reflexos, capacidade de estimar intervalos de tempo, no aprendizado de trabalho e visual.	-
O <sub>3</sub>	Gás incolor e inodoro nas concentrações ambientais. Principal fator da névoa fotoquímica.	Produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os NO <sub>x</sub> e COV	Irritação nos olhos, vias respiratórias e redução da capacidade pulmonar. Aumento das admissões hospitalares.	Danos à vegetação natural, a colheita, plantações agrícolas e ornamentais.

Fonte: CETESB, 2004.

O índice de qualidade do ar (IQA) é obtido através de uma função linear segmentada, onde os pontos de inflexão são os padrões desta qualidade. Da função, resulta um número adimensional referido a uma escala com base em padrões de qualidade do ar. Para cada poluente medido é calculado um índice. Para efeito de divulgação é utilizado o índice mais elevado, isto é, a qualidade do ar de uma estação é determinada pelo pior caso. Após obter o valor do IQA, a qualidade do ar é classificada como boa, regular, inadequada, má, péssima ou crítica de acordo com os critérios de definição da cada classificação (Tabela 4.4) (OLIVEIRA, 2003).

**Tabela 4.4 – Estrutura do IQA**

Qualificação/Índice	0 Boa (0-50)	50 Regular (51-100)	100 Inadequada (101-199)	200 Má (201-299)	300 Péssima (301-399)	400 Crítica (>400)	500
Nível de qualidade do ar		50% PQAR	PQAR	Atenção	Alerta	Emergência	Crítico
SO <sub>2</sub> média de 24h µg/m <sup>3</sup>		80 PQAR (anual)	365	800	1600	2100	2620
Fumaça média de 24h µg/ m <sup>3</sup>		60 PQAR (anual)	150	250	420	500	600
PTS média de 24hµg/m <sup>3</sup>		800 PQAR (anual)	240	375	625	875	1000
Produto da média de O <sub>2</sub> xPTS média de 24h µg/m <sup>3</sup>				65.000	261.000	393.000	400.000
PI média de 24h µg/ m <sup>3</sup>		50 PQAR (anual)	150	250	420	500	600
CO média de 8h ppm		4,5	9	15	30	40	50
O <sub>3</sub> média de 1hµg/ m <sup>3</sup>		80	100	200	800	1.000	1.200
NO <sub>2</sub> média de 1h µg/m <sup>3</sup>		100 PQAR (anual)	320	1.130	2.280	3.000	3.750
<b>Descrição dos efeitos na saúde</b>			Leve agravamento na saúde e sintomas de irritação nos sadios.	Queda na resistência física e piora os sintomas de enfermidades cardio-respiratórias	Surge doenças e agrava os sintomas de doenças em saudáveis	Morte prematura (doentes e idosos). Os saudáveis podem ter sintomas que afetam a saúde	

Fonte: OLIVEIRA, 2003.

Para a população exposta aos índices 101-199, recomenda-se a limitação de atividades ao ar livre e aquelas que exijam esforço prolongado, principalmente para

crianças, idosos e pessoas com problemas cardio-respiratórios. No caso incluído entre os índices 201-299, as pessoas devem evitar atividades que exijam esforço ao ar livre. A partir do índice trezentos, idosos, crianças e pessoas portadoras de deficiências cardio-respiratórias devem permanecer em ambientes fechados, evitando a poluição local (OLIVEIRA, 2003).

O Termo de Referência para a Elaboração de Estudo de Impacto Ambiental para Aeroportos determina que os aeroportos comerciais acima de 1,3 milhões de passageiros/anual ou de 180.000 operações/ano do tráfego de aviação geral, necessitam de análise quanto à qualidade do ar (IAC, 2000). O AIRJ encerrou o ano de 2009 com um movimento total (doméstico e internacional) de passageiros em 11.828.656 e mesmo assim não se conhece ou não está divulgado de forma gratuita nenhum programa da INFRAERO que analise ou monitore o impacto deste aeroporto na qualidade do ar.

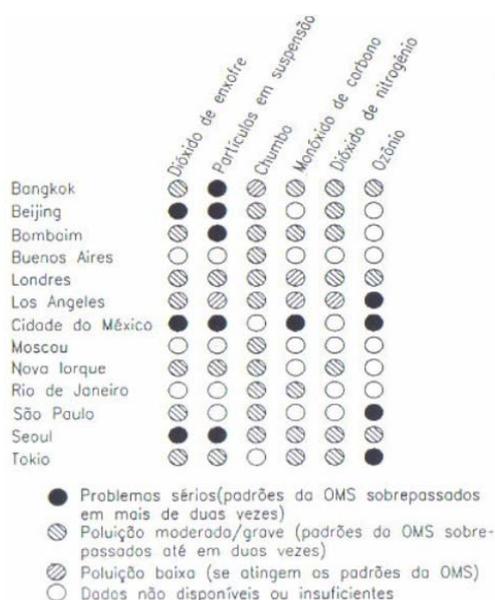
O Estado do Rio de Janeiro apresenta duas áreas críticas em termos de poluição do ar, consideradas prioritárias com relação a ações de controle: a Região Metropolitana e a Região do Médio Paraíba (FEEMA, 2004). Os problemas ambientais relacionados à poluição do ar na Região do Médio Paraíba se devem ao porte, tipo e localização das atividades industriais implantadas na região e não será abordado neste trabalho por não se encontrar na área de abrangência do Aeroporto em estudo. A RMRJ será tratada no Capítulo 6 referente à qualidade do ar na área de abrangência do AIRJ.

### **Determinantes e Monitoramento da Qualidade do Ar**

A qualidade do ar é diretamente influenciada pela distribuição e intensidade das emissões de poluentes atmosféricos de origem veicular e industrial, além da topografia e das condições meteorológicas das diversas regiões. Há vários anos as emissões veiculares contribuem no nível de poluição do ar dos grandes centros urbanos, ao passo

que as emissões industriais afetam significativamente a qualidade do ar em regiões mais específicas (CETESB, 2009).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) têm apoiado a criação de um sistema global de monitoramento ambiental (GEMS). Para este programa, definiu-se como megacidade uma aglomeração urbana com uma população atual ou projetada de dez milhões de habitantes ou mais para o ano 2000. A Figura 4.3 mostra uma análise da qualidade do ar destas megacidades baseada na avaliação subjetiva de dados de monitoramento e quantificação de emissões. As cidades do Brasil, China, Índia, Irã, Malásia, Tailândia e Indonésia apresentam uma concentração de particulados no ar de duas a oito vezes superiores às normas da OMS (LORA, 2000).



**Figura 4.3 - Análise da qualidade do ar nas megacidades**

Fonte: LORA, 2000.

Vale destacar que a grande maioria dos grandes centros urbanos brasileiros, talvez à exceção da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), não é coberta por uma rede de monitoramento da qualidade do ar que ofereça séries históricas consistentes da concentração de poluentes do ar.

Desde a década de 70, a CETESB mantém redes de monitoramento para avaliar os

níveis de poluição atmosférica em diferentes escalas de abrangência. Inicialmente, este era efetuado exclusivamente por estações manuais, as quais são utilizadas ainda hoje em vários municípios. Em 1981, foi iniciado o monitoramento automático que, além de ampliar o número de poluentes medidos, permitiu o acompanhamento dos resultados em tempo real. Em 2008, houve uma expansão significativa da rede automática que contou, em 2009, com 41 estações fixas localizadas em 26 municípios paulistas (CETESB, 2009).

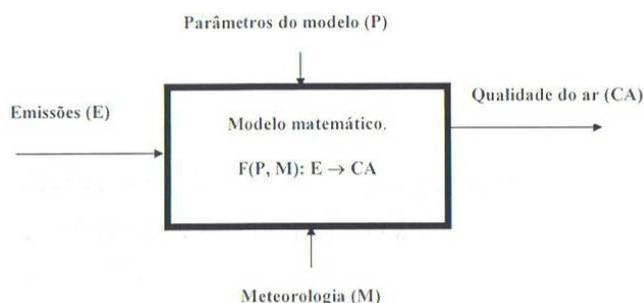
O monitoramento da qualidade do ar possibilita a tomada de decisão sobre episódios críticos de poluição conforme a legislação vigente prevê, e é fundamental no estabelecimento de estratégias de controle da poluição do ar. Por isso, é necessário apoiar e adequar os diversos órgãos ambientais com o objetivo de implantar redes otimizadas evitando a superposição de estações de amostragem em uma mesma área (MENDES, 2004).

#### 4.3 MODELOS DE QUALIDADE DO AR

Trata-se de modelos matemáticos que possibilitam o cálculo de diferentes concentrações de poluentes atmosféricos para uma determinada região simulando os processos físicos e químicos da atmosfera. Estes modelos são capazes de (MOREIRA e TIRABASSI, 2004):

- descrever e interpretar os dados experimentais;
- controlar em tempo real e/ou analisar a qualidade do ar;
- administrar as liberações acidentais e avaliar as áreas de risco;
- identificar as fontes poluidoras;
- Avaliar a contribuição de uma única fonte à carga poluidora, e
- Administrar e planejar o território.

De forma simplificada, a Figura 4.4 mostra o padrão na estrutura de um modelo de qualidade do ar. Os detalhes serão discriminados a seguir, entretanto, na prática é difícil considerar todos os elementos apresentados porque parcialmente não se conhecem os mecanismos de ação de alguns deles.



**Figura 4.4 – Estrutura de um modelo de qualidade do ar**  
 Fonte: LORA, 2000.

Onde: **E** (Fontes) – emissões antropogênicas e naturais.

**P** (Química) – processos heterogêneos e homogêneos; reações foto e termoquímicas; deposição superficial e; processos em aerossóis.

**M** (Meteorologia) – ventos; radiação solar; temperatura; altura de inversão e; turbulência.

**CA** (Resultado) – concentrações calculadas.

Os modelos de poluição do ar podem ser classificados de acordo com as suas aplicações (Tabela 4.5).

**Tabela 4.5 - Classificação dos modelos de acordo com a aplicação**

<b>Aplicação do modelo</b>	<b>Objetivos</b>
Pesquisa científica	Adquirir conhecimentos sobre os processos básicos da atmosfera; provar novas teorias, e; educação.
Gerência da qualidade do ar e tomada de decisões	Incorporar restrições com relação à qualidade do ar na planificação dos sistemas de utilização do solo e de transporte.
Impacto ambiental	Estudo do impacto da contaminação do ar por novas fontes.
Episódios de poluição do ar	Criar um sistema de alerta para episódios de poluição do ar, e; localizar áreas danificadas no caso de acidentes que contaminem o ar.

Fonte: LORA, 2000.

Em se tratando de modelos de qualidade do ar, às vezes, se determinam simulações que operam dados de entrada caracterizando emissões, topografia e meteorologia da região resultando na saída que descreve a qualidade do ar da zona estudada. Um modelo prático consiste em quatro níveis estruturais de função (SRIVASTAVA e SINHA, 2004):

Nível 1 – suposições e aproximações que reduzem o problema físico atual para idealizar um que preserve a característica mais importante do problema;

Nível 2 – relações de base matemática e condições auxiliares que descrevem o sistema físico idealizado;

Nível 3 – esquemas computacionais utilizados para resolver as equações básicas e;

Nível 4 – o programa do computador ou um código atualiza a performance dos cálculos.

Os modelos determinísticos abordam os diferentes tipos de aproximações numéricas (por exemplo, diferenças finitas e técnicas finitas) na solução de equações parciais representando o processo físico relevante na dispersão atmosférica. Neste processo, o inventário das emissões deve estar aprovado e as variáveis meteorológicas devem ser conhecidas.

Os modelos estatísticos se baseiam na identificação das relações entre as condições meteorológicas e as concentrações de poluentes medidas nas estações de monitorização de qualidade do ar através da análise do histórico de alguns anos (QUALAR, 2009). Este modelo é adequado para previsões de concentração a curto prazo e possibilita o cálculo das concentrações atmosféricas ambiente usando uma relação empírica estatística entre a meteorologia e outros parâmetros, o que gera conclusões semi-quantitativas. A vantagem é um menor esforço computacional simulando concentrações em um ponto ou em uma região específica não havendo necessidade de um inventário. A desvantagem é a necessidade de medir a concentração

de poluentes. Os dados provenientes de modelos macroscópicos e mesoscópicos de tráfego são adequados para utilização neste tipo de modelo.

No modelo físico, um processo real é simulado em escala menor em laboratório através de um experimento físico. Por ser a poluição do ar um processo muito complexo a sua reprodução se torna extremamente custosa. A vantagem é a escala geométrica que permite controlar e alterar as variáveis facilmente, além de ser uma ferramenta de pesquisa para processos atmosféricos específicos. Informações de modelos microscópicos e mesoscópicos podem ser incorporadas a este modelo.

Os resultados destes modelos de emissões podem também alimentar outros modelos de dispersão de poluentes. Porém, não está no escopo desta Tese discutir a dispersão de poluentes atmosféricos.

A escolha de um modelo está ligada ao problema a ser resolvido e às características meteo-climáticas e orográficas do sítio em análise. Por isso, os modelos podem ser subdivididos de acordo com a característica da fonte: pontual; volume, área e linear (modelo para auto-estrada). Para a orografia considera-se terreno plano ou montanhoso. E podem ser subdivididos também de acordo com a dimensão do campo que descreve: escala local (distância da fonte inferior a 50 km); mesoescala (campo de concentração da ordem de centenas de quilômetros), e; modelo de circulação continental e planetária. Finalmente, os modelos podem ser classificados de acordo com a resolução temporal da concentração produzida (MOREIRA, TIRABASSI, 2004):

- modelo episódico (resolução temporal inferior a uma hora);
- modelo de breve intervalo temporal (resolução temporal superior ou igual a uma hora e inferior ou igual a 24 horas);
- modelo climatológico (com resolução temporal superior a 24 horas).

No caso da acessibilidade aeroportuária a estimativa de um modelo consiste em

levantar exemplos representativos dos usuários do aeroporto em conjunto com suas características (por exemplo, renda familiar) ou tipos de viagens (início da jornada até a chegada no aeroporto e/ou propósito da viagem aérea) (TRB, 2008).

Apesar de os modelos utilizados para esta questão serem, normalmente, desenvolvidos na América do Norte e Europa estes são baseados em: especificações de combustíveis, tipos de veículos, padrões de condução, programas de fiscalização e manutenção, e características climáticas. Porém, não foi verificado nenhum modelo que utilizasse, em conjunto, o impacto do tráfego aéreo no tráfego rodoviário e suas implicações na qualidade do ar e na divisão modal.

Não obstante, para o desenvolvimento deste estudo serão apresentados alguns modelos que relacionam os transportes, seja rodoviário, seja aéreo, e seus respectivos impactos na qualidade do ar.

Janic (2003) desenvolveu um modelo que avalia o desempenho ambiental do transporte aéreo, especificamente poluição do ar local, onde:

$$\sum_{jkl/i \neq j} (b_{a/jkl} * X_{jkl} + b_{d/ijkl} * X_{ijkl}) \leq B_i \quad i \in N \quad (4.1)$$

$i, j$  são índices do aeroporto, da origem e do destino do voo, respectivamente ( $i \neq j, i, j \in N$ );

$k, l$  são índices do tipo de avião e da companhia aérea ( $k \in K, l \in L$ );

$b_{a/jkl}, b_{d/ijkl}$  são as quantidades de poluentes atmosféricos emitidos por tipo de aviões ( $l$ ), da companhia aérea ( $k$ ), no aeroporto ( $i$ ) e ao vir e sair para o aeroporto ( $j$ );

$X_{ijkl}$  são os números máximos de voos permitidos por tipo de avião ( $l$ ), de companhia aérea ( $k$ ) e entre aeroportos ( $i$ ) e ( $j$ );

$B_i$  é a quota de poluição do ar por aeroporto. No artigo do autor supramencionado a quota é calculada como o produto da concentração permitida de poluentes atmosféricos

dados e do volume da área relacionada em torno do aeroporto. Se a concentração permitida é  $gi$  (kg/km<sup>3</sup>) e o volume do espaço aéreo relevante é  $Vi$  (km<sup>3</sup>), o produto será  $B_i = giVi$ .

No relatório que apresentou os resultados da avaliação das contribuições das emissões originadas pelas atividades operacionais do AIRJ na qualidade do ar local e do entorno, foi desenvolvido o cálculo do Volume de Emissões das Fontes Móveis (VEFM) (REAL et al., 2001). Para tanto, foi necessário o Volume (V) de contribuição de cada uma das fontes, expresso pela quantidade de fontes móveis que passam pela região de estudo por unidade de tempo:

$$VEFM_{POL} = V \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot FE_{POL,i} \quad (4.2)$$

Onde:

$VEFM_{POL}$  é dado em unidade de massa por unidade de tempo;

$FE_{POL,i}$  é dado em unidade de massa por unidade de volume de contribuição da fonte;

$P$  é a participação relativa da fonte  $i$  no conjunto de emissões.

Em outro estudo de concentração de poluentes atmosféricos gerados pelo sistema rodoviário na cidade de Madrid a seguinte fórmula foi utilizada (MORAGUES et al., 1996):

$$C = N \cdot Q \cdot F \quad (4.3)$$

Onde:

$C$  é a concentração de poluentes considerados (mg/m<sup>3</sup>);

$N$  é o fluxo de veículos (veículos/hora);

$Q$  é a velocidade de emissão de poluentes (g/veículo-km);

$F$  é o fator de dispersão (sg/m<sup>3</sup>). Para as condições do estudo em questão este fator é percebido como:  $F = 1 / (3,6 \cdot 10^6 \cdot u \cdot s_2)$ , onde:

$u$  é velocidade do vento (m/s);

$s_z$  é o coeficiente Gaussiano de dispersão (m).  $\mathbf{s_z} = \mathbf{a} \cdot \mathbf{x_b}$ , onde o coeficiente  $\mathbf{a}$  e  $\mathbf{b}$  são parâmetros que irão variar com base na estabilidade e o tipo de terreno estudado.

Para o inventário de emissões em auto-estradas na Filadélfia (COOK et al., 2006), desenvolveu-se um modelo a partir de fatores de emissão multiplicados por milhas de veículo viajado:

$$\mathbf{E_i(s)} = \mathbf{E_f_i(s)} \times \mathbf{A(s)} \quad (4.4).$$

Onde:

$\mathbf{E_i(s)}$  é a taxa de emissão (massa por unidade de tempo) por poluente  $i$  da fonte  $s$ ;  
 $\mathbf{E_f_i(s)}$  é o fator de emissão (massa por unidade de atividade) por poluente  $i$  da fonte  $s$ , e  
 $\mathbf{A(s)}$  é o nível de atividade por fonte  $s$  (por exemplo, veículo por milhas viajadas) sobre um tempo dado.

Kota et al. (2010) desenvolveram um modelo tri-dimensional Euleriano (TAMNROM-3D) para medir a qualidade do ar em estradas no Texas. Este modelo simula a emissão, dispersão, transformação e remoção do gás e dos poluentes de ar emitidos dos veículos da estrada. O modelo ainda inclui um mecanismo fotoquímico que simula seis fontes móveis de poluentes: benzeno, 1-3 butadieno, formaldeído, acetaldeído, acroleína e MTBE (metil tri-butil éter). Os dados de entrada incluem: vento, temperatura e coeficientes de turbulência e difusão da atmosfera; taxas de emissão de poluentes,  $e_j$ ; velocidade e densidade relacionadas aos veículos. Como desvantagem este modelo não possui um módulo de simulação de tráfego necessitando assim de um simulador externo. A equação fundamental é:

$$\frac{\partial C_j}{\partial t} = -\frac{\partial(u_i C_j)}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left( K_i \frac{\partial C_j}{\partial x_i} \right) + R_j + S_j - L_j \quad (4.5)$$

Onde:

$C_j$  é a concentração (ppb  $s^{-1}$ ) de um poluente atmosférico arbitrário;

$\mathbf{j}$  é a função do tempo e espaço;

$\mathbf{t}$  é tempo;

**i** denota as três direções da coordenada cartesiana ( $i=1,2,3$ );

**u** é a velocidade do vento ( $m\ s^{-1}$ );

**K** é o coeficiente de difusão turbulento ( $m^2\ s^{-1}$ );

**S** é o aumento da concentração de poluente devido à emissão ( $ppb\ s^{-1}$ );

**R** é a taxa de formação de poluentes devido a reações químicas ( $ppb\ s^{-1}$ ), e

**L** é a taxa de perda ( $ppb\ s^{-1}$ ).

Mahendra (2010) calcula a deteriorização do ar causado pelo tráfego rodoviário em Bangalore, na Índia. Os poluentes considerados são: CO, HC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e MP. A área de estudo foi identificada através dos seguintes parâmetros:

- fluxo do tráfego – monitoramento através de video-camera. As seguintes categorias foram destacadas: duas rodas, riquexós, jipes e *vans*, ônibus e caminhões. O número de veículos que passavam no intervalo de quinze minutos era tomado como base para o cálculo em termos de número por minuto.
- velocidade dos veículos – determinado por radar na área de estudo;
- monitoramento da qualidade do ar – sensores digitais a três metros de altura gravavam a concentração dos poluentes no período entre oito da manhã e quatro da tarde;
- velocidade do vento – medido com anemômetro;
- direção do vento – foram utilizadas aletas de alumínio acopladas com um potenciômetro linear;
- temperatura do ar – medida com um sensor que tem a capacidade de variar entre 40°C a 60°C;
- umidade relativa – medida com um sensor de umidade variável entre 0 a 99%.

O MUNTANG (*Municipal Transportation And Greenhouse gases model*) foi desenvolvido pela Universidade de Toronto com o objetivo de ajudar os municípios a

estimar as emissões atmosféricas oriundas do sistema de transporte, traçar cenários, políticas e projetar ações futuras. Sete critérios foram considerados para a construção do modelo (DERRIBLE et al., 2010):

- poucos dados de entrada – dados econômicos, uso do solo e infraestrutura. Diversos municípios não possuem informações sobre os padrões de viagem e a divisão modal existente em sua região;
- facilidade no uso – conteúdo técnico compreensível;
- facilidade na implementação – um/dois dias de trabalho;
- viabilidade – introdução de estratégias onde o município tem o poder de tomar a decisão e agir;
- aplicabilidade universal – todos os componentes do modelo podem ser padronizados, principalmente na América do Norte;
- estimativas razoavelmente precisas – apropriado para o nível macroscópico;
- apresentação de alternativas e inovações – aplicável para casos existentes.

O modelo contém cinco estratégias (DERRIBLE et al., 2010):

- intensificação do uso do solo – calcula-se o total da população motorizada (transporte público e privado) *per capita* em função do PIB (Produto Interno Bruto) *per capita* e a densidade populacional;
- TP – o objetivo é calcular para cada modal a quantidade de passageiro por quilômetro transportado. Duas variáveis são consideradas: trajetória por quilômetro por hectare e número de veículos/vagões por milhões de pessoas operando com máxima ocupação;
- transporte ativo – a redução nas viagens motorizadas diminui as emissões de gases do efeito estufa. Foi criada uma tabela com três pesos: pequeno (abaixo de 1%), moderado (entre 1% a 5%) e significativo (acima de 5%). Os indicadores são:

facilidades para pedestres e bicicletas, melhorias nas rodovias e no trânsito, estacionamentos e chuveiros para os usuários de bicicletas, moderadores de tráfego, programas de segurança, integração trânsito-bicicleta, redução nas viagens diárias, reforma nos preços dos transportes e na política de uso do solo;

- políticas financeiras – pagamento por quilômetro dirigido, pedágios em auto-estradas ou em corredores específicos, pagamento para a entrada em uma determinada região, taxas de estacionamento e encargos de engarrafamentos;
- aprimoramento tecnológico dos veículos – três alternativas foram propostas: veículos elétricos, veículos à célula de combustível e veículos à biomassa.

O sistema de modelo de qualidade do ar integrada foi desenvolvido em diversos países para regiões urbanas densas, onde os poluentes gerados pelo tráfego rodoviário tendem a aparecer em concentrações elevadas. Este sistema inclui inventários de emissões e modelos de dispersão. O autor explica que outra forma de entender a relação entre concentrações de poluentes atmosféricos e uso do solo urbano é através do GIS (*Geographic Information Systems*). Contudo, destaca-se que este modelo é limitado, pois depende de grande quantidade de dados históricos e exigências computacionais para gerarem mapas urbanos em alta resolução afim de que seja possível a análise dos impactos e das propostas de mitigação.

O *Transport Research Board* (2008) elencou diversas variáveis consideradas nos modelos usados por alguns aeroportos internacionais que divulgaram seus relatórios. Estes estão expostos na Tabela 4.6.

**Tabela 4.6 – Variáveis utilizadas em modelos aplicados em aeroportos (cont.)**

<b>Aeroporto</b>	<b>Variáveis</b>
Hartsfield–Jackson (Atlanta)	Tempo de viagem e custo para cada modal.

**Tabela 4.6 – Variáveis utilizadas em modelos aplicados em aeroportos**

<b>Aeroporto</b>	<b>Variáveis</b>
Boston Logan	Tempo e origem da viagem, n°. de transferências, custos da viagem, n°. de bagagens, n°. de viagens aéreas nos últimos anos, se for funcionário do aeroporto considerar se este paga as despesas de deslocamento.
Chicago O'Hare	Tempo de viagem e custo para cada modal.
Miami	Tempo de viagem (dentro e fora do veículo) e custo para cada modal.
Oakland	Tempo de viagem para cada modal e renda familiar.
Portland	Tempo de viagem e custo para cada modal, renda familiar.
Norman Y. Mineta San José	Tempo de viagem e de espera para cada modal, custo para cada modal, incluindo estacionamento.
Toronto Lester B. Pearson	Tempo de viagem e custo para cada modal.

Fonte: TRB, 2008.

#### 4.4 SIMULADORES

Uma forma de avaliar os prováveis impactos causados por um PGV, como um aeroporto, e oferecer subsídios para a sua mitigação é através de ferramentas computacionais que simulam a realidade. Segundo Portugal (2005), o propósito da simulação é representar ou modelar o comportamento próprio e as interações dos elementos de um sistema para permitir uma avaliação prévia do seu desempenho. Portanto, é uma técnica prática e orientada para a aplicação, na qual uma versão simplificada de um sistema real é codificada e transferida para o computador de maneira que o mesmo seja capaz de simular o conjunto real.

Magagnin (2008) ressalta que existem muitas ferramentas computacionais de suporte à decisão e a definição destas depende: da disponibilidade da informação, do objeto de estudo, dos impactos mensurados e da definição de qual fase será utilizada no sistema. E conclui que a simulação integrada dos transportes com a questão do uso do solo possibilita ações integradas, mas adverte que muitas cidades não utilizam tais sistemas para dar suporte à tomada de decisão e ao planejamento. Neste caso, podem-se classificar os simuladores de acordo com a Tabela 4.7: simuladores de tráfego, de transportes e urbanos.

**Tabela 4.7 - Classificação dos simuladores**

<b>Simuladores de Tráfego</b>	Analisa o efeito de mudanças nas regras de circulação do trânsito urbano através de técnicas computacionais
<b>Simuladores de Transportes</b>	Considera os diversos meios de transportes e suas respectivas redes físicas
<b>Simuladores Urbanos</b>	Ferramenta para integração transporte e uso do solo.

Os simuladores podem também ser classificados através do nível de representação na rede: macroscópicos, mesoscópicos e microscópicos (TOLFO, 2006). De forma sucinta os simuladores possuem três propósitos: analisar o desempenho do tráfego, estimar a emissão veicular e analisar a qualidade do ar. Nesta Tese o objetivo é a melhoria na qualidade do ar a partir da divisão modal e serão estes simuladores que serão elencados.

Para se alcançar a seleção destes *softwares* foi feito, primeiramente, um levantamento das ferramentas considerando os seguintes pontos (COELHO et al., 2007):

- Disponibilidade de se obter informação sobre a ferramenta em questão;
- Foco ou disponibilidade para a previsão de poluentes atmosféricos e;
- A utilização, a aplicabilidade e a divulgação da ferramenta não só no meio acadêmico, mas também na prática.

Após a análise, algumas ferramentas apresentaram aplicações mais amplas e outras mais específicas para o estudo em questão. O critério para esta seleção prévia foi considerar que estes instrumentos possuem requisitos para a análise de emissão de poluentes atmosféricos (diretos – próprios, ou seja, já embutido na ferramenta; ou indiretos – combinação de dois instrumentos ou mais que serviram como base de análise das emissões). Alguns exemplos podem ser citados:

- Duchene et al. (2005) apresentam o ALAQS como ferramenta que captura as diversas fontes de poluição do ar interna e externa ao aeroporto e processa os

- diferentes tipos de emissão em um formato padrão para um modelo de dispersão;
- Mahmud et al. (2010) utilizam o VISSIM para mitigar as emissões em áreas urbanas em Rotterdam na Holanda. Contudo, para a modelagem das emissões foi necessária a aplicação do EnViVer, modelo agregado do VERSIT+.
  - TransSolutions (2002) apresentou o CORSIM como um modelo base para análise interna e externa do lado terra dos seguintes aeroportos: Intercontinental Houston George Bush (IAH), Internacional de São Francisco (SFO) e Aeroporto Internacional de Dallas Fort Worth (DFW);
  - SEA (2006) aplica DYMOS como auxiliar na análise de PGVs. O elemento de estudo em questão era a ampliação do Aeroporto de Malpensa na Itália no ano de 2000;
  - Silva (2006) apresenta o TRANSCAD como o único produto do mercado que contempla as quatro fases da modelagem de planejamento de transportes urbanos (geração de viagens, distribuição de viagens, divisão modal e alocação de tráfego);
  - Reymond (2003) desenvolveu um estudo para o transporte urbano e a poluição do ar em Bogotá utilizando o EMME2 como ferramenta de análise;
  - Ariotti e Cybis (2002) utilizaram o SATURN para avaliar a acessibilidade a uma instituição de ensino e o impacto no tráfego que esta traz à sua área de abrangência;
  - A empresa de consultoria em engenharia e planejamento SIMCO (2005) cita os seguintes *softwares*: HCM-CINEMA para análise de tráfego, e FREQ, CORSIM, SYNCHRO, para estudos de planejamento de corredores. Vale destacar dentre os vários projetos representativos estão: redimensionamento, reabilitação e melhorias de estacionamento em aeroportos.

Na Tabela 4.8 estão descritos, em ordem alfabética e de forma resumida, os tipos de simuladores existentes que correspondem aos critérios estabelecidos anteriormente e as características pertinentes a cada uma destas ferramentas. Não se tem a pretensão de levantar todos os simuladores existentes e sim destacar os mais significativos que abordam o tema desta Tese.

**Tabela 4.8 - Levantamento das ferramentas computacionais**

<b>Tipo</b>	<b>Nome</b>	<b>Definição</b>
Microscópico	ALAQs (Airport Local Air Quality Studies)	Aplicação GIS para capturar as fontes de emissão aeroportuárias.
	CORSIM (Corridor Simulation)	Modelo norte-americano com 2 módulos: NETSIM para redes e FRESIM para vias expressas.
	DRACULA (Dynamic Route Assignment Combining User Learning and Microsimulation)	Modelo de alocação de tráfego urbano.
	INTEGRATION	Modelo que integra a alocação e a simulação de tráfego.
	HCM/CINEMA (Highway Capacity Manual)	Programa de animação gráfica.
	PARAMICS (Parallel Microscopic Traffic Simulator)	Simulador de redes de tráfego que considera as características de cada veículo.
	VISSIM	Modela o tráfego em redes e vias expressas
	SIDRA (Signalised and Unsignalised Intersection Design and Research Aid)	Programa analítico para sinalizar interseções e desvios.
Mesoscópico	TRANSYT (Traffic Network Study Tool)	Simulador de tráfego de uma rede viária semaforizada.
	SATURN (Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks)	Simulador para alocação de tráfego
	CONTRAM (Continuous Traffic Assignment Model)	Modelo britânico desenvolvido para redes e vias expressas.
	DYMOS (Dynamic Models for Smog Analysis)	Sistema que permite a predição da difusão de partículas tanto em parâmetros meteorológicos quanto em condições de emissão e absorção.
	SIRI (Simulador de Redes de Semáforos)	Modelo brasileiro de programação semaforica.
Macroscópico	TRANUS (Transporte e Uso do Solo)	Modelo de simulação sobre a localização de atividades, uso do solo e transporte, que pode ser aplicado da escala regional à urbana. Simula os efeitos prováveis de políticas e projetos avaliando do ponto de vista social, econômico, financeiro, energético e ambiental.
	EMME/2 (Equilibre Multimodal/ Multimodal Equilibrium)	Programa para planejamento de transportes multimodal com ferramentas para modelagem, demanda, análise e avaliação da rede.
	FREQ	Ferramenta determinística.
	SYNCHRO (Windows que contem: HCS, CORSIM, PASSER II e TRANSYT-7F).	Modelo simplificado de simulação da quantidade de poluentes emitidos pelos veículos.
	TRANSCAD (Traffic Network Stud Computer Aided Design)	SIG para aplicações como gerenciamento, instalações, transporte público e logístico.

Fonte: adaptado, DUCHENE et al, 2005; JACONDINO, 2005; PORTUGAL, 2005; SABRA et al., 2000; VILANOVA, 2006 e TOLFO, 2006; DE LA BARRA, CASTRO, 2010.

#### 4.5 ANÁLISE DAS VARIÁVEIS DOS MODELOS E SIMULADORES

Os modelos (item 4.3) e simuladores (item 4.4) têm uma ampla utilização no âmbito dos processos de planejamento e gestão dos sistemas de transportes, mas a sua aplicação em casos reais é, geralmente, complexa e exigente do ponto de vista dos recursos envolvidos (VASCONCELOS, 2004).

De Nevers (2000, apud BARBON, 2008) afirma que um modelo perfeito de previsão de concentrações de poluentes no ar deve ser capaz de prever acúmulos resultantes da emissão de uma determinada fonte, obtidas por medição, balanço de massa ou equivalente, para condição meteorológica especificadas, no local que se deseje modelar, para um dado período de tempo, com total confiança na previsão. Afirma ainda que esta seja uma condição ideal, praticamente impossível de ser obtida em função da incerteza inerente à obtenção dos dados meteorológicos e das simplificações introduzidas nos modelos.

Smit (2006) destaca que um dos desafios durante a definição de um padrão de análise é que existe um grande número de variáveis que são definidas de diversas formas. Um exemplo é o uso da velocidade que pode ser entendido como: espaço, tempo, viagem, entre outros. Tais desentendimentos podem acarretar erros nas previsões de emissões. Por outro lado, ele ressalta que o congestionamento e as emissões de tráfego estão ligados por um aspecto: movimento do veículo no tempo e no espaço (SMIT, 2006).

Observou-se que existe uma brecha entre a literatura de engenharia de tráfego e a literatura dos modelos de emissão. Pesquisar tais modelos é complexo devido à insuficiência de documentação e/ou a carência nos dados disponíveis. Isto é determinado pelo grande número de indicadores possíveis, pelo número de poluentes considerados e pelo tipo de fonte de emissão (SMIT, 2006).

Adicionalmente, os modelos existentes podem não ser compatíveis para a América Latina, pois este continente cresce de maneira mais rápida e desordenada, quando comparado com outros países onde foram criados os tais modelos (Europa ou Estados Unidos). Outro fator de destaque é que o sistema de transporte também não funciona de maneira semelhante a estes países.

Não obstante, na Tabela 4.9 observa-se que alguns elementos podem ser considerados para o desenvolvimento deste trabalho: caracterização do aeroporto, classificação das vias e índices meteorológicos.

**Tabela 4.9 – Parâmetros dos modelos analisados**

<b>Estudo</b>	<b>Parâmetros</b>
Desempenho ambiental do transporte aéreo (1)	Índices do aeroporto, origem/destino do voo; tipo de avião e da cia. aérea; Quantidades de poluentes emitidos por tipo de aviões, da cia. aérea, no aeroporto e ao vir/sair do aeroporto; N°. máx. de voos permitidos por tipo de avião, de cia. aérea e entre aeroportos; Quota de poluição do ar por aeroporto.
Contribuições das emissões das atividades operacionais do AIRJ na qualidade do ar (2)	Unidade de massa por unidade de tempo; Unidade de massa por unidade de volume de contribuição da fonte; Participação relativa da fonte no conjunto de emissões.
Inventário de emissões em auto-estradas (3)	Taxa de emissão por poluente da fonte; Fator de emissão por poluente da fonte; Nível de atividade por fonte sobre um tempo determinado.
Qualidade do ar nas estradas (4)	Vento, temperatura, coeficientes de turbulência e difusão da atmosfera; taxas de emissão de poluentes, e; velocidade e densidade relacionadas aos veículos. Desvantagem: não possui um módulo de simulação de tráfego.
Deteriorização do ar causado pelo tráfego rodoviário (5)	Fluxo do tráfego; velocidade dos veículos; monitoramento da qualidade do ar; velocidade e direção do vento; temperatura do ar; umidade relativa.
MUNTANG ( <i>Municipal Transportation And Greenhouse gases model</i> ) (6)	Dados econômicos, uso do solo e infraestrutura; trajetória por quilômetro por hectare e n°. de veículos/vagões por milhões de pessoas operando com máxima ocupação.

Legenda: 1 – JANIC, 2003; 2 – REAL et al., 2001; 3 – COOK et al., 2006; 4 – KOTA et al., 2010; 5 – MAHENDRA, 2010; 6 – DERRIBLE et al., 2010.

Destaque para os modelos desenvolvidos por Janic (2003) e Real et al (2001) (Tabela 4.10). Este último será utilizado no estudo de caso (Capítulo 6), pois já possui dados do aeroporto em estudo e que servirão como base para o desenvolvimento dos cenários. A diferença entre os dois modelos indicados está na relação de elementos necessários, expostos no item 4.3, para a aplicação de cada um.

**Tabela 4.10 - Modelos específicos para aeroportos**

Janic (2003)	Real et al (2001)
$\sum_{jkl/i \neq j} (b_{a/jkl} * X_{jkl} + b_{d/ijkl} * X_{ijkl}) \leq B_i \quad i \in N$	$VEFM_{POL} = V. \sum_{i=1}^n P_i . FE_{POL,i}$

Assim como os modelos de qualidade do ar, o processo de escolha de um simulador também é complexo (COELHO et al., 2007). Entretanto, a partir das informações do item 4.4 e, como sugestão, os simuladores que se mostraram mais diretamente aplicáveis estão na Tabela 4.11.

**Tabela 4.11 - Classificação dos simuladores em função do tipo de intervenção**

Intervenção	Simulador
Âmbito da cidade e regional (de médio a longo prazo)	EMME2, TRANSCAD, SYNCHRO e TRANUS (Macroscópico) CONTRAM, SATURN e DYMOS (Mesoscópico).
Âmbito de bairro (curto prazo)	ALAQS, CORSIM, FREQ, SIDRA, HCM-CINEMA e PARAMICS (Microscópico).

Para este estudo percebe-se que, de maneira geral, há três possibilidades de análise:

1. utilização de um simulador - aplicável quando este é acessível e a equipe técnica está apta a empregar corretamente esta ferramenta; quando os dados requeridos estão disponíveis para aplicação, e; quando a área de influência é abrangente, envolvendo problemas complexos de natureza estocástica. Para esta situação, alguns simuladores já possuem embutido um modelo de qualidade do ar e dão como saída uma previsão específica. Exemplos: EMME2, DYMOS, SYNCHRO, SATURN, TRANUS;
2. associação de um simulador com algum modelo de qualidade do ar - este caso é indicado o simulador usado não se enquadra no caso anterior mas as suas saídas (outputs) podem ser aproveitados e aplicadas em um modelo específico de

qualidade do ar. Exemplos: ALAQS, CORSIM, FREQ, HCM-CINEMA, SIDRA, PARAMICS, TRANSCAD, CONTRAM, e

3. utilização de um modelo específico de qualidade do ar - é empregado tipicamente quando há restrições de recursos e de informações permitindo uma estimativa agregada quanto a magnitude do impacto ambiental para a área que envolve o aeroporto. Exemplos: Janic (2003) e Real et al., (2001).

#### 4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efeitos da poluição atmosférica, de um modo geral, se manifestam não só na saúde humana, mas também na vegetação, na fauna e sobre os materiais expostos.

Os estudos realizados pela comunidade científica internacional indicam que as principais fontes que contribuem à deterioração da qualidade do ar na área urbana são: o tráfego veicular, o aquecimento (nos países frios), as emissões industriais e aquelas provenientes de centrais de produção de energia. O tráfego veicular, em particular, é responsável, por quase a totalidade das emissões de CO e de grande parte dos NO<sub>x</sub>, dos COV, excluindo o metano e, frequentemente, das partículas suspensas totais (MOREIRA, TIRABASSI, 2004).

O monitoramento quantitativo do meio ambiente é fundamental para o estabelecimento de medidas mitigadoras da poluição atmosférica. Na maioria das vezes, o estudo de qualidade do ar necessita de grandes períodos de monitoramento para que se possa produzir um grau mínimo de precisão tanto para os diagnósticos quanto para as recomendações (ALMEIDA, 1999). No entanto, países em desenvolvimento, como o Brasil, possuem restrições financeiras para implementar e manter em operação os equipamentos necessários para isto.

Após a revisão bibliográfica, não foi observado uma preocupação significativa dos

órgãos responsáveis pelo setor aeroportuário com o impacto que este empreendimento gerador de viagens pode trazer no seu entorno. Apesar de a comunidade científica defender o princípio da integração, na prática, isso fica dissolvido no planejamento da mobilidade. Os modelos que relacionam a divisão modal e os impactos na qualidade do ar, em sua maioria, não avaliam a infraestrutura de um PGV como um todo. O resultado final são análises pontuais, seja da emissão que um específico modal produz, seja para uma área linear (auto-estrada, por exemplo).

Não obstante, é possível destacar alguns elementos em comum dentre os modelos pesquisados. Estes são: vocação do aeroporto (internacional, doméstico, etc); dados meteorológicos (vento, estação do ano etc); características O/D (tempo de viagem, custo etc).

Esta informação ilustra de maneira favorável a necessidade de um procedimento sistematizado que seja útil, na prática, para os administradores e interessados no setor aeroportuário. Os modelos mais recentes ainda não conseguiram reunir um número de indicadores de maneira significativa. Isto inclui, por exemplo, o caso dos carros de aluguel usados por não-residentes da região aeroportuária e como considerar a renda econômica no processo de escolha modal. Além destas considerações técnicas, não se percebe a existência de confiança nos modelos aplicados quando estes devem ser usados em condições adversas (tais como, mudanças na infraestrutura, serviços de transporte no solo e níveis de renda dos residentes) (TRB, 2008).

No Brasil não é definido um procedimento padrão de avaliação da performance dos modelos. É evidente, então, a necessidade de iniciarem ações que contenham a formulação de um procedimento aprovado pela comunidade científica, que possibilite a realização na prática, e que permita expressar um julgamento sobre o desempenho dos modelos (MOREIRA, TIRABASSI, 2004).

Há uma urgência em pesquisas que considerem estes aspectos e as melhorias nas atuais práticas de tráfego urbano. O procedimento exposto no próximo capítulo será um elemento de análise que contribuirá de maneira positiva com estas questões.

## **5. PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DO IMPACTO DO ACESSO AEROPORTUÁRIO NA QUALIDADE DO AR**

Este capítulo apresenta como o procedimento foi desenvolvido e os parâmetros que foram usadas como referência.

Seguindo o objetivo da pesquisa e a hipótese deste trabalho, o foco do levantamento bibliográfico foi ressaltar o aeroporto como PGV e o impacto na qualidade do ar em função da divisão modal do acesso aeroportuário. As etapas ressaltadas no procedimento visam destacar os elementos que interferem na vizinhança aeroportuária e assim propor medidas mitigadoras que contribuam para a qualidade de vida dos residentes desta região.

### **5.1 DEFINIÇÃO DO PROCEDIMENTO**

A concepção do procedimento foi orientada para aeroportos de maior porte, considerados efetivamente como PGV e, portanto, com potencialidade para gerar impactos significativos no sistema viário e na qualidade do ar, que podem ser minimizados através do uso de modalidades de transporte público de maior capacidade.

Inserido em um contexto com restrições, como: deficiências de planejamento; sistemas de transportes não integrados e falta de informações; justifica-se a abordagem deste procedimento que pretende ser mais direta e simples. Neste sentido, o procedimento está fundamentado em uma base teórica focada no aeroporto como PGV, na divisão modal adotada no seu acesso, e nos impactos referentes a emissão de poluentes atmosféricos e suas consequências na qualidade do ar na região de estudo.

Após o levantamento bibliográfico não foi encontrado nenhum procedimento sistematizado para analisar os impactos dos aeroportos na qualidade do ar em função do acesso terrestre e sua respectiva divisão modal. Entretanto, observou-se que existem

duas fontes de referências que podem ser usadas para respaldar o desenvolvimento do procedimento proposto (Tabela 5.1):

- A primeira - busca analisar o aeroporto e seus efeitos na qualidade do ar;
- A segunda - destina-se à análise dos impactos dos PGVs

**Tabela 5.1 - Análises que sustentam o procedimento**

<b>1° Fonte - Capítulo 2</b>	<b>2° Fonte - Capítulo 3</b>
Taxa de movimentação de passageiros caracteriza o PGV	Estimativa da demanda e da oferta caracteriza o impacto
Relação da cidade com o empreendimento	
Delimitação da área de influência	
Delimitação das fontes de emissões: lado terra, lado ar.	Definição do problema
Localização: área densamente ocupada, fora do perímetro metropolitano.	Geração e distribuição de viagens
Grupos típicos que frequentam os aeroportos	Alocação de tráfego
Estabelecimento das medidas de melhorias	

No primeiro grupo ressaltam-se algumas particularidades que estão, basicamente, associadas ao tipo de impacto em análise, ao PGV e suas respectivas repercussões espaciais e temporais. Neste sentido, foram observadas algumas etapas que precisam ser determinadas quando se pretende implementar um modal que melhore o acesso aeroportuário. Estas são:

- Relação da cidade com o empreendimento (PSARAKI, ABACOUKI, 2002; ESPIRITO SANTO Jr., 2003; KASARDA, 2008; DAL PRÁ et al., 2008; DUARTE, 2008) - cruzamento de informação urbanística e econômica;
- Localização (PSARAKI, ABACOUKI, 2002; REIS, 2004) - centro ou periferia da cidade;
- Usuários dos aeroportos - passageiros, funcionários, visitantes (ASHFORD e WRIGHT, 1992; RUHL, TRNAVSKIS, 1998; BOB, 2001);
- Volume do tráfego aeroportuário (PSARAKI, ABACOUKI, 2002, KASARDA,

2008) - índices de movimentação dos usuários do aeroporto.

Em se tratando de acessibilidade, observou-se que é senso comum a indicação dos transportes de maior capacidade (BOB, 2001; WELLS, 2003; JONES, 2004; SOARES, 2006; IPCC, 2007; LOO, 2008; SILVA, SORRATINI, 2010; CÁCERES, PÉREZ-MARTÍNEZ, 2010; OCAÑA, MUNDO, 2010; ANICETO, 2010). As variáveis consideradas para a implementação destes tipos de transportes (Tabela 5.2) podem ser resumidas em: demanda aeroportuária, localização do aeroporto e modais utilizados no acesso. No entanto, faltam informações detalhadas de como estas variáveis foram tratadas e em que nível de profundidade. Além disso, é preciso observar a vocação modal da cidade onde o aeroporto está localizado e qual a densidade da malha urbana para uma sugestão viável na implementação de um transporte de acesso.

**Tabela 5.2 - Variáveis da acessibilidade aeroportuária (item 2.3)**

<b>Autores</b>	<b>Variáveis</b>
Psaraki, Abacoumki (2002)	Natureza e volume de tráfego aeroportuário; locação, posição geográfica, das áreas urbanas servidas e da economia local; estruturas sócio-políticas da cidade.
Reis (2004)	Distribuição espacial dos usuários; demanda modal relacionada às condições de acessibilidade.
Loo (2008)	Modo, custo e tempo. Na pesquisa feita pelo autor, os passageiros estão mais preocupados com o tempo gasto para se chegar ao aeroporto, do que com o número de modais existentes para acessá-lo ou o custo.
Kasarda (2008)	Padrões de tráfego aéreo, conectividade às infraestruturas de transporte terrestres e o uso do solo.

No segundo grupo foram encontrados vários procedimentos estruturados e direcionados à análise de impactos de uma forma geral e que independem do polo estudado (Tabela 3.1). Algumas etapas comuns foram identificadas nos procedimentos documentados por Portugal e Goldner (2003). Adicionalmente, Cunha (2009) aponta cinco etapas para o estudo de impacto no sistema viário: identificação do problema, estimativa da demanda, estudo de oferta viária, análise do desempenho e estabelecimento de medidas de melhoria.

Com os dois grupos de referências indicados pode-se traçar um caminho para o procedimento proposto. Diversos autores (KNEIB, 2004; GOLDNER, GOLDNER, 2006; STEVENS, 2006; CUNHA, 2009; ANICETO, 2010) afirmam que caracterizar um empreendimento como PGV é levar em conta não só a infraestrutura urbana impactada mas a cidade como um todo.

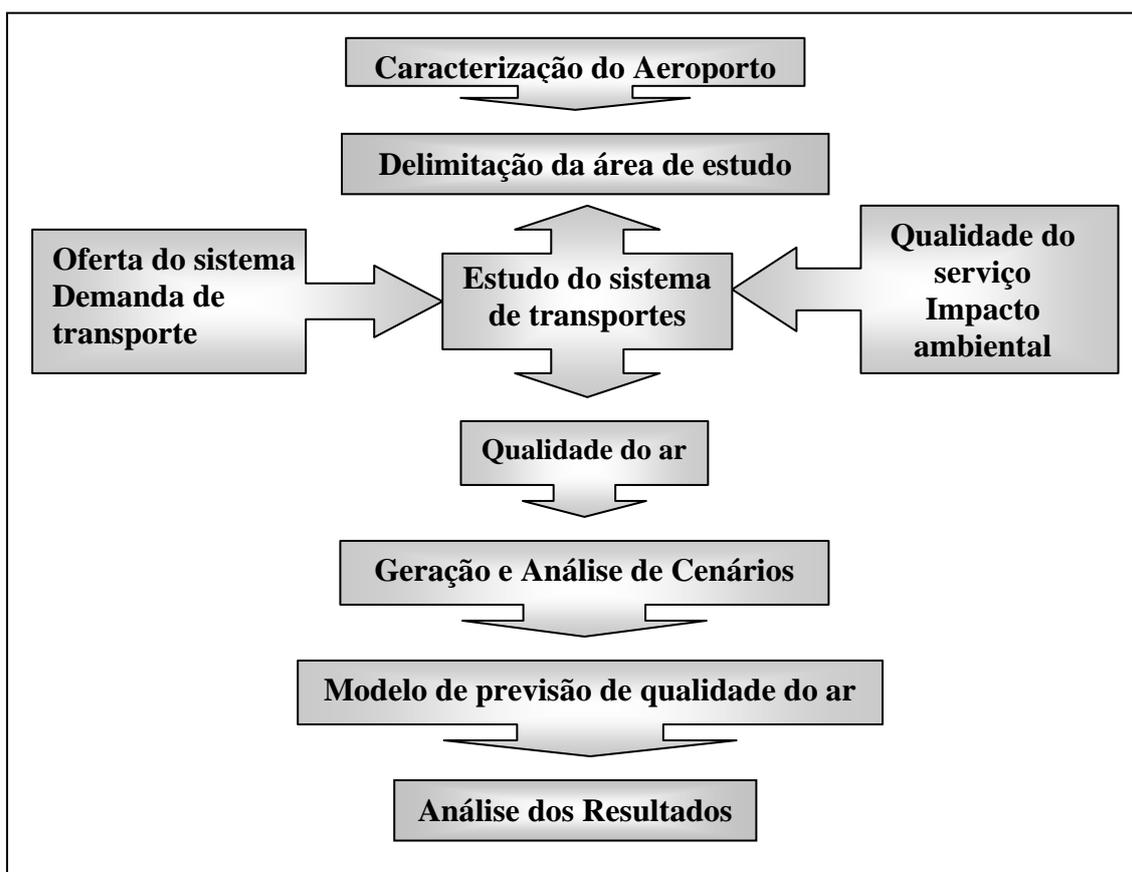
Neste sentido e na fase inicial do procedimento, três etapas se destacam na bibliografia seguindo a ordem natural de um estudo desta natureza:

- Caracterização do aeroporto (KNEIB, 2004; GOLDNER, GOLDNER, 2006; STEVENS, 2006; CUNHA, 2009; ANICETO, 2010);
- Delimitação da área de estudo (PSARAKI, ABACOUMKI, 2002; PORTUGAL, GOLDNER, 2003; REIS, 2004) e;
- Estudo do sistema de transportes (BOB, 2001; WELLS, 2003; JONES, 2004; SOARES, 2006; IPCC, 2007; LOO, 2008; SILVA, CUNHA, 2009; SORRATINI, 2010; CÁCERES, PÉREZ-MARTÍNEZ, 2010; OCAÑA, MUNDO, 2010; ANICETO, 2010).

Levando em conta o objetivo da Tese e os procedimentos tradicionais usados na análise dos PGVs, derivam-se as etapas subsequentes recomendadas e discriminadas ao longo deste Capítulo: levantamento da qualidade do ar, geração e análise de cenários, modelo de previsão de qualidade do ar e análise dos resultados. Tais etapas se diferem das disponíveis, pois considera, especificamente, o aeroporto como PGV tendo influência direta no tráfego terrestre e na qualidade do ar do seu entorno, com ênfase na divisão modal.

Neste sentido, o procedimento (Figura 5.1) será uma ferramenta que auxiliará na análise da qualidade do ar em função da divisão modal no acesso terrestre. E, por isso, será um parâmetro para estudiosos e/ou interessados no tema. A abordagem é

abrangente e flexível facilitando a aplicação em diversos contextos.



**Figura 5.1 - Estrutura do Procedimento**

A seguir será feita uma descrição detalhada das etapas, onde pretende-se considerar as especificidades do setor aeroportuário brasileiro e as características que envolvem o estudo de impacto na qualidade do ar nesta área de influência.

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO DO AEROPORTO

Caracterizar um aeroporto como PGV é levar em conta que este atende um grande contingente de viagens gerando diversos impactos. Para avaliar se um empreendimento aeroportuário impacta o seu entorno deve-se, em primeiro lugar, levar em conta três parâmetros:

- Produção e/ou geração de viagens;
- Localização - área densamente urbanizada ou rural;
- Vocação para, no futuro, ser um foco de produção/geração de viagens.

Caso contrário, não se faz necessário desenvolver nenhum tipo de estudo neste sentido, uma vez que os impactos não serão significativos na sua vizinhança.

De acordo com o capítulo 2, os elementos que caracterizam um aeroporto como PGV são:

- porte (item 2.3) - dá-se preferência para os aeroportos caracterizados como *hubs*, ou seja, aqueles que possuem ligações internacionais cobrindo distâncias mínimas de voo de 700km (POSTORINO, 2010);
- localização (Capítulo 2 e 3) - situados em metrópoles (ANICETO, 2010). Nota-se que a preocupação na implementação dos TPs ocorre de maneira mais efetiva nestas regiões (SANTOS, 2009);
- quantificação do movimento de passageiros (item 2.1) - número mínimo de viagens produzidas/geradas e que podem influenciar o fluxo de tráfego da vizinhança.

O Termo de Referência para a Elaboração do Estudo de Impacto Ambiental<sup>1</sup> (EIA) para Aeroportos determina que, em geral, aeroportos comerciais com menos de 1,3 milhões de passageiros/anual ou com menos de 180.000 operações/ano do tráfego de aviação geral, não necessitam de análise quanto à qualidade do ar, o que é o caso da grande maioria dos aeroportos regionais brasileiros. Em casos específicos, que excedam estes parâmetros, seria necessária a verificação para determinação da qualidade do ar, através de um estudo específico para o EIA (IAC, 2000).

No caso brasileiro, dos 67 aeroportos administrados pela INFRAERO, têm-se dezesseis aeroportos que ultrapassam o valor supramencionado (Tabela 5.3). Destes, somente três são aeroportos regionais, todos os outros estão classificados como

---

<sup>1</sup> A partir da Resolução CONAMA 001/1986 ficou estabelecido o licenciamento das atividades modificadoras do meio ambiente, onde se incluem os aeroportos (Art. 2º), sujeito à elaboração do EIA e os respectivos Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA), fixando os critérios básicos e diretrizes para a elaboração destes estudos (IAC, 2000).

aeroportos internacionais e, em nenhum destes foi encontrado estudos direcionados para a mitigação das emissões de poluentes atmosféricos ou medidas de melhorias da qualidade do ar no seu entorno.

**Tabela 5.3 - Maiores movimentos nos aeroportos brasileiros**

<b>Aeroporto</b>	<b>Movimento anual (pax/ano)</b>	<b>Movimento aeronaves/ano</b>	<b>Hora de pico<sup>1</sup> diário</b>	<b>Nº auto/hora<sup>2</sup></b>	<b>Viagens diárias/voo<sup>3</sup></b>
Internacional Guarulhos	21.727.649	250.493	5.952	2.777	10.308
Congonhas	13.699.657	204.943	3.753	1.751	8.433
Internacional de Brasília	12.213.825	176.326	3.346	1.561	7.256
Internacional do Galeão	11.828.656	122.945	3.240	1.512	5.059
Internacional de Salvador	7.052.720	114.946	1.932	901	4.730
Internacional de Confins	5.617.171	84.851	1.538	717	3.492
Internacional de P. Alegre	5.607.703	90.625	1.536	716	3.730
Internacional de Recife	5.250.565	77.322	1.438	671	3.182
Santos Dumont	5.099.643	126.515	1.397	651	5.206
Internacional de Curitiba	4.853.733	88.217	1.329	620	3.630
Internacional de Fortaleza	4.211.651	62.570	1.153	538	2.575
Internacional de Campinas	3.364.404	74.472	921	429	3.065
Vitória	2.342.283	53.360	641	299	2.196
Internacional de Manaus	2.300.022	52.505	630	294	2.161
Internacional de Belém	2.203.653	45.302	603	281	1.864
Internacional Florianópolis	2.108.383	43.399	577	269	1.786

Legenda: 1 - para obtenção da hora de pico divide-se o movimento anual por 365 resultando no movimento diário de passageiros e retira 10% que é, normalmente, o fluxo diário de passageiros.  
 2 - Acessibilidade aeroportuária brasileira: entre 60 a 75% de viagens em automóveis (GOL-DNER, ANDRADE, 2001 e 2002). Optou-se pela média de 70% destas viagens. Conhecendo a divisão modal dos aeroportos se estabelece quantas pessoas vêm por automóvel. Dividindo este número pela ocupação média dos automóveis - 1,5 de acordo com a ANTP (2010), estima-se o número de automóveis/hora.  
 3 - O ITE (2008) relaciona o tipo de viagem realizada seguindo os critérios discriminados: 18,1 viagens diárias por empregado; 150,3 viagens diárias por voo, e; 150,2 viagens diárias por aeronave. Considerando os dados de voos por aeronave da INFRAERO (Movimento Operacional jan./dez 2010) procurou-se fazer a mesma relação levando em conta a hora de pico diária.

Classificação dos aeroportos de acordo com o ITE (2005):

- Projetos com geração acima de 100 veículos/hora pico e inferior a 499 viagens/hora pico;
- projetos com geração acima de 500 veículos/hora pico e inferior a 999 viagens/hora pico;
- projetos com geração acima de 1000 veículos/hora pico;

Fonte: INFRAERO, 2010.

A fim de criar uma relação entre o movimento de passageiros e a movimentação no entorno dos aeroportos, foram feitos cálculos para que se estabeleça uma unificação das unidades. Caso se identifique a geração de um adicional de viagens geradas inferior

a 100 veículos/ hora pico, não será preciso realizar o estudo de impactos no sistema viário. Esta classificação, segundo o ITE (2005), permite obter uma relação entre estas e, entre o horizonte de projeto e a área de estudo.

A partir da definição do ITE (2005) que considera um empreendimento acima de 1.000 viagens/hora como alto potencial de impacto, nota-se na Tabela supramencionada que os quatro primeiros aeroportos (Guarulhos, Congonhas, Brasília e Galeão) estão contemplando estas características. Portanto, seguindo as recomendações do IAC (2000), estes aeroportos, caso não sejam, deveriam ser os primeiros a desenvolver uma proposta que levasse em conta a questão da qualidade do ar no seu entorno.

Outro fato a destacar é que as taxas recomendadas pelo ITE superestimam o total de automóveis gerados, com uma diferença que varia de 300% a 600%. Este caso já foi ressaltado em outros estudos (ANDRADE, 2005 apud ANDRADE, PORTUGAL, 2010), o que mostra a grande diferença entre as situações da América do Norte e o Brasil, obrigando os interessados no assunto a fazer adaptações para usar a metodologia disponível. Isto reforça a necessidade de um procedimento que siga as especificidades locais e que esteja de acordo com a realidade brasileira.

### 5.3 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Algumas vezes o aeroporto pode ser o ponto focal de toda uma região. Em um país de dimensões continentais, como o Brasil, um aeroporto pode atrair usuários até de outros municípios e cidades.

Devido à amplitude de ação que um aeroporto pode ter, faz-se necessário delimitar a área de estudo. Neste caso, é possível erguer fronteiras considerando duas possibilidades:

- Aeroportos com características semelhantes na mesma região - há competição pelo

mercado como qualquer outro empreendimento comercial. As barreiras serão as linhas limítrofes de concorrência entre os aeroportos em análise;

- Um único aeroporto - a delimitação da área de estudo pode ser mais abrangente (normalmente denominada como área de influência) ou mais restrita compreendendo os problemas mais visíveis (geralmente chamada de área crítica). No caso dos aeroportos de maior porte e de maior recurso disponível o estudo abarca tanto a área de influência quanto a área crítica. Caso contrário considera-se apenas a área crítica.

Os diversos elementos que limitam a área de influência já foram discutidos no item 2.4: tempo, distância, entre outros (Tabela 2.4). Na Tabela 5.4 destaca-se as referências que levaram em conta o caso específico do setor aeroportuário. Percebe-se que os limites podem variar de oitocentos metros à cinco quilômetros. Neste sentido, recomenda-se a média observada que será de 2,5 km como um valor indicativo para a delimitação da área de influência a ser ajustado às especificidades locais. Nesse processo, deve-se considerar as estações de integração e locais estratégicos da rede estrutura de transporte mais próximas do aeroporto, que poderiam fazer parte do seu corredor de acesso.

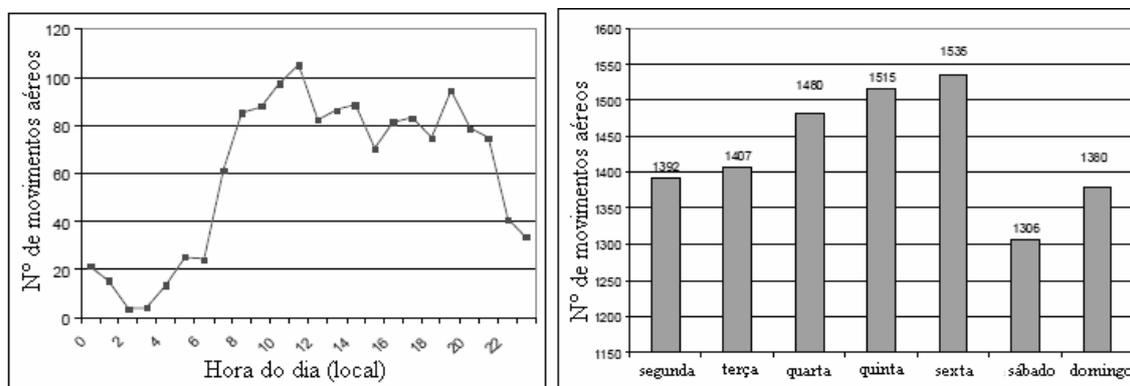
**Tabela 5.4 - Delimitação da área de influência para aeroportos (cont.)**

<b>Metodologia</b>	<b>Área de influência</b>
Rogers et al. (2002)	As emissões atmosféricas de um aeroporto podem alcançar até dez quilômetros quadrados (cerca de 1,8 km de raio).
Yoshinaga (2002)	Se um aeroporto possuir um fluxo de cerca de 12 milhões de passageiros/ano, por exemplo, isto poderá afetar o tráfego rodoviário de uma cidade em um raio de três a cinco quilômetros do aeroporto.

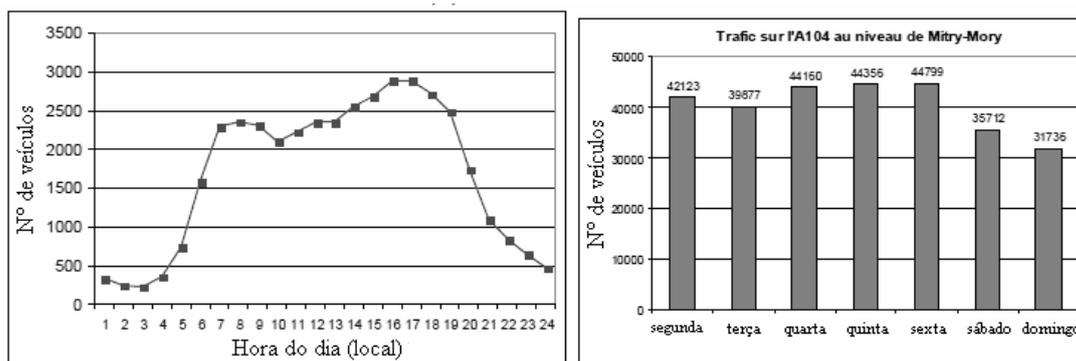
**Tabela 5.4 - Delimitação da área de influência para aeroportos**

Metodologia	Área de influência
ITE (2005)	Projetos com geração acima de 100 veículos/hora pico e inferior a 499 viagens/hora pico têm área de abrangência em torno de 800 metros; projetos com geração acima de 500 veículos/hora pico e inferior a 999 viagens/hora pico têm área de abrangência do estudo em torno de 1.600 metros; projetos com geração acima de 1000 veículos/hora pico têm área de abrangência de estudo em torno de 3.200 metros.
Carslaw et al. (2006)	Emissões de NO <sub>x</sub> oriundas do aeroporto foram detectadas a 2,6 km de distância deste empreendimento.
Braga e Guedes (2008)	A acessibilidade é o indicador e o fator limitante é qualquer ponto distante duas horas do aeroporto em estudo. Para o Galeão as regiões limítrofes foram: Mangaratiba, Barra Mansa, Três Rios, Silva Jardim e Araruama.
AIRPARIF (2009)	Para a análise da qualidade do ar aeroportuário foi considerada a área inclusa a uma distância de até cinco quilômetros do aeroporto.

Já na área crítica, as principais vias de acesso ao aeroporto sofrerão os impactos diretos da sazonalidade da movimentação de passageiros. No relatório da AIRPARIF (2009) é possível verificar a relação direta dos movimentos de aeronaves com o movimento de veículos no entorno do aeroporto CDG em Paris (Figura 5.2). É possível perceber que as variações nos gráficos de movimentos de aeronaves são semelhantes aos gráficos do tráfego na vizinhança do aeroporto em questão.



(a) movimento de aeronaves



(b) tráfego rodoviário

**Figura 5.2 - Perfis diários e semanais dos movimentos aéreos e do tráfego rodoviário**

Fonte: AIRPARIF, 2009.

Outro fator a destacar nesta etapa é o horizonte de projeto. Conforme o item 2.4, estes também podem variar de acordo com a análise pretendida (ITE, 2008):

- dimensionamento de um PGV - necessita da determinação das viagens provocadas;
- impacto no entorno de um PGV - necessita da determinação do tráfego externo a este empreendimento.

O ITE (2008), no item 2.4, apontou o domingo como o dia de maior taxa de geração de viagens por voo comercial, mas recomenda que o ideal seja definir horas de pico em estudos locais: em dias de semana (11h às 12h e 17h às 19h), nos sábados (11h às 14h) e nos domingos (12h às 13h e 19h às 20h).

Vale ressaltar que a INFRAERO não possui estudos para um dia específico de pico em movimentação de passageiros. Destaca somente que ocorre uma redução na movimentação no fim de semana e um aumento nos feriados nacionais e meses de férias escolares.

#### 5.4 ESTUDO DO SISTEMA DE TRANSPORTES

As atividades terrestres não devem ser negligenciadas em um estudo de impacto

na qualidade do ar no entorno dos aeroportos (SCHÜRMAN et al., 2007). Para isso, as contribuições operacionais dos aeroportos devem ser distinguidas do tráfego veicular e de outras fontes (YU et al., 2004).

O tráfego local possui forte influência nas variações de emissões de poluentes atmosféricos e efeitos independentes já foram percebidos em vias que não sejam tão pequenas e onde não predominem residências (ADAMKIEWICZ et al., 2010).

Portanto, se faz necessário o estudo do sistema de transportes e sua respectiva divisão modal no entorno dos aeroportos. Tradicionalmente, este estudo compreende quatro classes de informações:

- Oferta do sistema - cadastro da infraestrutura físico-operacional e estabelecimento da sua capacidade.

A rede física e operacional pode ser determinada pela infraestrutura viária e de transportes para cada modalidade que compõe o(s) corredor (es) de acesso. Estas compreendem as suas respectivas estações, paradas e interseções, bem como seus dispositivos de controle, de sinalização e de material rodante. Pretende-se então estabelecer a capacidade do sistema e seus componentes críticos. Neste item também se discriminam os transportes mais utilizados para o acesso aeroportuário (itens 2.3 e 3.3), com enfoque para àqueles que menos impactam a qualidade do ar no entorno aeroportuário, como os de maior capacidade (item 3.3).

- Demanda de transportes - fluxo veicular, volume de passageiros, divisão modal.

A demanda pode ser expressa pelo fluxo veicular (no caso das modalidades rodoviárias que configuram o tráfego que solicita as vias de acesso) e pelo volume de passageiros atendidos pelos veículos viários e de outras modalidades de TP. Esta demanda precisa ser levantada para se determinar a divisão modal e a parcela destinada ao aeroporto, como também prever sua magnitude e perfil no futuro.

- Qualidade de serviço.

A qualidade de serviço dos usuários do sistema de transportes resulta da interação entre a demanda e a capacidade das modalidades que compõem o(s) corredor (es) de acesso ao aeroporto. Diferentes indicadores podem ser usados para definir tal qualidade, como os tempos de viagens e atrasos, que tendem a piorar na medida em que o sistema começa a saturar a sua capacidade. O que pode justificar a sua ampliação normalmente através dos modos de transportes de maior produtividade social, como são os trens, metrô e BRT, por exemplo.

- Impactos ambientais - emissões e suas respectivas fontes de poluentes atmosféricos que interferem na qualidade do ar no entorno do empreendimento em estudo.

Estas informações precisam ser levantadas, estimadas e analisadas a fim de subsidiar as etapas subsequentes.

## 5.5 QUALIDADE DO AR

O pior serviço oferecido aos usuários em particular quando baseado em transportes rodoviários, tendem a produzir impactos ambientais - emissões e suas respectivas fontes de poluentes atmosféricos, que interferem na qualidade do ar no entorno do empreendimento em estudo. Nesse sentido, o uso de modalidades menos agressivas ao ambiente e com maior capacidade, pode contribuir para melhorar o desempenho do sistema de transporte e a qualidade do ar.

Portanto, esta etapa visa apresentar a qualidade do ar na situação atual. Dependendo do nível de degradação da área analisada se define o grau de necessidade de intervenções. Partindo deste pressuposto, as distintas divisões modais que gradativamente possam ser orientadas às modalidades de maior capacidade precisam ser

testadas considerando a influência que estas têm na qualidade do ar (item 5.6).

Na última década, pesquisas que tratam de impacto ambiental aeroportuário, especificamente poluentes atmosféricos, focaram em emissões que afetam a camada de ozônio, efeito estufa e alterações climáticas (UNAL et al., 2005). Comparando o número de estudos que consideram o impacto aeronáutico na alta troposfera e na baixa estratosfera, somente uma pequena fração analisa a qualidade do ar aeroportuária. No entanto, nas pesquisas que abordam este tema foi observado o cuidado na diferenciação das fontes de emissão (SCHÜRMAN et al., 2007). O relatório AIRPARIF (2009) foi o único encontrado que contempla, especificamente, a qualidade do ar.

O desempenho e a compreensão dos fatores que causam impactos na qualidade do ar (item 4.2) possibilita gerar e analisar alternativas, a serem avaliadas e selecionadas as mais indicadas, que devem ser implementadas e monitoradas (LOPES FILHO, 2003). Em função da disponibilidade dos dados podem ocorrer duas possibilidades:

- Há dados para a caracterização da área de estudo - deverão ser apresentadas as concentrações devido ao volume de tráfego nas vias de acesso ao aeroporto, nas vias dos terminais de passageiros e carga e, no estacionamento de veículos, considerando-se as projeções de demanda para o último horizonte de planejamento (IAC, 2000), ou;
- Não há dados para a caracterização da área de estudo - neste caso, é sugerido o uso de um modelo matemático, onde se determinam os fluxos atuais, os locais críticos (acesso ao estacionamento, vias adjacentes e rede em geral), as taxas de crescimento do tráfego veicular e as emissões de poluentes atmosféricos gerados.

Neste último caso, a escolha da ferramenta ocorre de acordo com a disponibilidade de dados e dos recursos envolvidos (VASCONCELOS, 2004; SMIT,

2006; COELHO et al., 2007; BARBON, 2008). As justificativas para cada caso serão explicitadas no item 5.7 deste Capítulo.

## 5.6 GERAÇÃO E ANÁLISE DE CENÁRIOS

Para o desenvolvimento deste trabalho os cenários adotados serão embasados na substituição gradativa do sistema rodoviário atual, levando em conta que os usuários trocarão os automóveis por transporte de maior capacidade considerando separadamente a adoção do BRT ou dos modais metro-ferroviários.

Neste caso serão propostas duas situações (atual e futura) que assumirão a hipótese deste trabalho, ou seja, os usuários dos automóveis e de outros modos rodoviários de menor porte serão transferidos e absorvidos pelas modalidades coletivas de maior capacidade e ambientalmente sustentáveis.

Percebe-se que os estudos que envolvem a implementação do TP urbano independem dos segmentos do setor e o tempo estipulado para os cenários varia, na maior parte dos casos, entre cinco e vinte anos (ESPIRITO SANTO JR, 2007). O método mais comum utilizado na formulação dos cenários assume a continuação de tendências históricas no futuro. Ou seja, a estrutura do sistema permanece inalterada ou responde em formas pré-determinadas. Este é chamado de cenário referencial ou tendencial e o prazo previsto está entre cinco a dez anos (ALMEIDA, 2006).

Nos aeroportos pesquisados (item 3.3) que divulgaram a sua divisão modal, percebeu-se que a transferência do automóvel particular para um outro modo ocorreu em até 70% dos casos (Tabela 5.5). Assumindo este patamar otimista como referência pode-se definir diferentes níveis vinculados à substituição gradativa dos modais supramencionados. Tais como: a cada 5% ou 10%; ou a partir de condições mais favoráveis à transferência modal; ou até uma situação intermediária, como por exemplo,

entre a situação atual e os 70% de transferência sugeridos.

**Tabela 5.4 - Aderência após a implementação modal nos aeroportos estudados**

<b>Aeroportos</b>	<b>Automóveis particulares</b>	<b>Outros modais</b>
Manchester Airport (2006)	39%	61%
Gatwick (DUARTE, 2008)	51,3%	48,7%
Aeroporto de Paris (2007)	30%	70%
Alemanha (MARQUES, 2006)	40%	60%

Os cálculos serão expostos com maiores detalhes no estudo de caso no Capítulo 6 deste trabalho.

### **Situação atual**

O acesso atual é feito a partir de redes rodoviárias: automóveis e ônibus. O cenário proposto consiste em inserir os modais de maior capacidade (tais como, o BRT e o metrô) como novas opções de acesso ao aeroporto, seguindo o nível de substituição otimista (70% BRT ou 70% metrô/trem).

Esta etapa pode ser útil para alertar a sociedade e os governos de forma a implantar ações políticas que modifiquem este cenário.

### **Situação futura**

Neste caso considera-se o aumento no tráfego aéreo de passageiros e, novamente, a introdução proposta dos modais de maior capacidade: 70% BRT ou 70% metrô.

É usual criar cenários que levam em consideração situações diferentes da atual, com a implantação de ações que podem ser tomadas, de forma a orientar o governo das estratégias ou ações que maximizariam as chances de cenários mais sustentáveis. Mapeando cenários alternativos é possível identificar, em amplo alcance, diferentes rumos das diversas ações (ALMEIDA, 2006).

A partir dos impactos na qualidade do ar percebidos com os resultados dos cenários será possível desenvolver estratégias para aplicação de transportes de maior capacidade menos poluentes contribuindo com a qualidade do ar na vizinhança.

Vale ressaltar que, o sucesso de uma nova implementação modal e a rápida mudança de comportamento dos usuários seguem dois princípios básicos (CDG Express, 2003):

- O projeto oferecido deve tentar atender as necessidades do futuro usuário, e;
- A infraestrutura aeroportuária deve ser otimizada para atender ao tráfego gerado.

## 5.7 MODELO DE PREVISÃO DE QUALIDADE DO AR

Esta etapa contempla o grau de necessidade das intervenções após ter sido verificado o nível de degradação da qualidade do ar da região em estudo conforme item 5.5 e possíveis interferências dos transportes e sua divisão modal. Estas intervenções são divididas em dois níveis (item 4.5): modelos de qualidade do ar e modelos de simulação.

É importante destacar que na análise dos modelos pesquisados (item 4.4) foram observadas diversas lacunas, sendo duas consideradas fundamentais:

- A primeira foi na literatura: entre os projetos e os modelos de emissão.

Os modelos desenvolvidos, em sua maioria na Europa ou nos Estados Unidos, não são compatíveis para o caso brasileiro onde a população e o sistema de transportes - sem contar, a economia, a política e outras questões que estão fora do escopo deste trabalho; se desenvolvem de maneira rápida e desordenada quando comparado com outros países do Hemisfério Norte onde a maioria destes modelos é criada.

- A segunda foi entre os modelos: há insuficiência de documentação e de dados disponíveis.

Como já foi abordada na etapa de análise de qualidade do ar, a disponibilidade de dados é determinante para utilização de cada modelo. Não havendo dados suficientes para a caracterização da área de estudo, considerando a complexidade do sistema de transportes de acesso aeroportuário e de acordo com a abrangência que se queira alcançar, sugere-se a utilização de modelos específicos de qualidade do ar ou de simuladores:

### **Modelos de qualidade do ar**

Na revisão bibliográfica feita no item 4.3, verificaram-se dois modelos específicos que relacionam aeroportos e seus respectivos impactos na qualidade do ar. Neste contexto, as variáveis requeridas foram:

- Janic (2003) - índices do aeroporto, origem e destino do voo; índices do tipo de avião e da companhia aérea; quantificação dos poluentes atmosféricos emitidos por tipo de avião, por companhia, no aeroporto e no acesso a este empreendimento; números máximos de voos permitidos por avião, por companhia e entre aeroportos; quota de poluição do ar (produto da concentração de poluentes e do volume de área entorno do aeroporto) por aeroporto;
- Real et al. (2001) - determinação do volume de emissão das fontes móveis expressos através da quantidade de fontes móveis que passam pela região por unidade de tempo.

### **Modelos de simulação**

Há modelos de simulação (item 4.3.1) que envolvem o tráfego, o transporte e o meio urbano. Alguns destes apresentam estimativas e saídas de emissão de poluentes atmosféricos e foram agrupados de acordo com o nível de representação do tráfego:

macroscópicos, mesoscópicos e microscópicos. A seleção final e os simuladores que se mostraram mais diretamente aplicáveis foram classificados de acordo com o nível de intervenção:

- Intervenção de médio a longo prazo (âmbito da cidade e regional) - EMME2, TRANSCAD, TRANUS e SYNCHRO (Macroscópico) CONTRAM, SATURN e DYMOSS (Mesoscópico);
- Intervenção de curto prazo (âmbito do bairro) - ALAQS, CORSIM, FREQ, SIDRA, HCM-CINEMA e PARAMICS (Microscópico).

Como não foi possível testar na prática os modelos e simuladores pesquisados, a intenção aqui é apontar as ferramentas viáveis para um estudo deste porte sem definir o ideal, mesmo porque a escolha irá depender do nível de abrangência que se queira alcançar.

## 5.8 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise do resultado busca evidenciar as falhas e as boas práticas que auxiliam no melhor desempenho da divisão modal e da implantação de um transporte de maior capacidade que melhore a qualidade do ar no entorno aeroportuário. Com os resultados obtidos pela análise será possível determinar ações preventivas no que diz respeito à divisão modal no acesso aeroportuário reduzindo a probabilidade de ocorrência das consequências causadas na qualidade do ar. Estas, caso não sejam controladas, podem prejudicar toda a vizinhança que reside ou frequenta esta região.

. A partir dos resultados será possível refletir sobre algumas questões referentes ao acesso aeroportuário:

- Haverá uma melhora na qualidade do ar na área do entorno deste empreendimento se o uso do transporte de maior capacidade for implementado?

- A interferência da divisão modal na qualidade do ar - em função da demanda qual divisão modal tem maior impacto na qualidade do ar?
- Quais dos transportes de maior capacidade apresentam melhor desempenho ambiental - BRT ou metrô/trem?

Com a resposta destas questões é possível avaliar a magnitude do impacto que o aeroporto terá na sua vizinhança orientando e auxiliando os interessados no assunto para uma tomada de decisão mensurável.

## 5.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pessoas que vivem próximas aos aeroportos internacionais das grandes metrópoles já sentem a experiência de estarem expostas à poluição do ar e seus efeitos na saúde e na qualidade de vida. Tal exposição pode ser influência das atividades aeronáuticas; dos veículos de apoio e do tráfego rodoviário induzido pela presença de um empreendimento deste porte (ADAMKIEWICZ et al., 2010).

Dentre as alternativas existentes para a melhoria da qualidade do ar, não se pode deixar de mencionar a necessidade urgente de melhorias dos TPs. O que mostra que a solução do problema não depende apenas do meio ambiente, mas de ações compartilhadas entre vários setores da sociedade, que direta ou indiretamente, podem impulsionar prioridades políticas no que diz respeito ao controle da qualidade do ar (INEA, 2008).

A Europa e os EUA já se preocupam com o impacto ambiental que os grandes aeroportos estão oferecendo à população do seu entorno. No Brasil, as tentativas de resolver o problema viário a partir de grandes obras voltadas para o automóvel só têm contribuído para desfigurar a paisagem urbana e, em muitos casos, simplesmente deslocar os engarrafamentos de um ponto para outro (LERNER, 2009). Por isso, a

exploração do tema acesso aeroportuário é fundamental em um país que ainda, de maneira muito precária, fornece opções em transporte aos usuários não só para este empreendimento como em todo o meio urbano.

No próximo capítulo será apresentado o estudo de caso deste trabalho, as características da região na qual ele está inserido e os resultados dos cenários propostos.

## 6. ESTUDO DE CASO – AIRJ

Neste capítulo será apresentado o AIRJ como objeto de estudo desta Tese, tendo a estrutura do procedimento proposto como guia. A partir daí serão estabelecidos cenários: atual e futuro; considerando a substituição gradativa do transporte particular para àqueles de maior capacidade (BRT e metrô).

O resultado pretende destacar as diferenças na emissão de poluentes entre dois modais que já estão previstos pelo governo da cidade do Rio de Janeiro: o BRT que tem previsões de pleno funcionamento para as Olimpíadas de 2016 e o metrô que é reconhecido por ter um melhor desempenho ambiental.

Nesse sentido e de acordo com as etapas apresentadas no capítulo anterior, aplica-se o procedimento proposto a fim de se mostrar a sua exeqüibilidade.

### 6.1 CARACTERIZAÇÃO DO AEROPORTO

O AIRJ está ligado a mais de dezoito países com capacidade para atender até quinze milhões de usuários por ano em dois terminais de passageiros. A Tabela 6.1 expõe as características principais deste aeroporto que é servido pelas seguintes vias de acesso: Linha Vermelha e Linha Amarela; atendendo, assim, tanto aos moradores da Zona Sul quanto aos da Zona Norte e Oeste da cidade. O complexo aeroportuário possui a maior pista de pouso do Brasil, com 4.000 metros de extensão e um dos maiores, mais modernos e bem equipados Terminais de Logística de Carga do Continente (INFRAERO, 2005).

**Tabela 6.1 – Dados AIRJ**

<b>Superfície (ha.)</b>	1,79×10 <sup>3</sup> ha.
<b>Distância (km) ao centro urbano principal</b>	23,3 km
<b>Nº de Funcionários</b>	21.500
<b>Movimentação de aeronaves</b>	130.597
<b>Movimentação pax/ano</b>	10.754.689
<b>Rede de transporte externo</b>	Carro e ônibus

Fonte: INFRAERO, 2010.

O AIRJ pode ser considerado uma cidade, com uma população flutuante de mais de trinta mil pessoas, envolvidas na operação e manutenção de todo o complexo aeroportuário que ocupa catorze quilômetros quadrados, ou quase a metade da Ilha do Governador. Além disso, tem todas as características para ser um *hub* sul-americano (SETRAN, 2010):

- Possui a maior e mais moderna infraestrutura aeroportuária da América do Sul;
- Tem a maior pista de pouso do Brasil, o que facilita o pouso das mais modernas aeronaves;
- É porta de entrada do Brasil – cerca de 40% dos turistas estrangeiros que visitam o país chegam pelo Rio de Janeiro, caracterizando-o como aeroporto internacional;
- É localizado a cerca de vinte quilômetros do centro da cidade, sendo servido por duas vias expressas (Linha Amarela e Linha Vermelha), e
- Está ligado a quase vinte países e possui a capacidade de atender até quinze milhões de usuários por ano em dois terminais de passageiros.

## 6.2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O AIRJ não possui uma área de influência pré-definida pelos seus administradores. Não obstante, Braga e Guedes (2008) desenvolveram um estudo para este aeroporto onde o indicador para a determinação da área de influência era a acessibilidade. Para o cálculo utilizou-se um cadastro georreferenciado de rodovias e ferrovias do CENTRAN (Centro de Excelência de Engenharia de Transportes) de 2005. Estes foram inseridos no TRANSCAD e a partir daí, foi construído um algoritmo capaz de identificar todos os nós da rede que se localizam a menos de duas horas do nó que representa o aeroporto estudado. O resultado foi a Figura 6.1 com os seguintes municípios limítrofes: Mangaratiba, Barra Mansa, Três Rios, Silva Jardim e Araruama.



rodoviário ao aeroporto. Apesar de a Estrada do Galeão seguir por dentro da Ilha do Governador e está completamente inserido na área de influência, o trecho estudado será limitado pelo ponto de encontro desta com a Avenida 20 de Janeiro;

- Linha Vermelha – trecho limitado pela Ilha do Fundão e Vigário Geral. O INEA (2009) considera esta via como a quarta mais significativa em emissões de poluentes na cidade e divulgou em seu relatório anual o percentual destas emissões: 2,8 de CO e HC, 3,8 de NO<sub>x</sub> e 3,1 de MP;

Existem, ainda, alguns PGVs que também podem influenciar o tráfego inserido nesta área de influência. Estes são:

- Hospital - Força Aérea do Galeão;
- Educação - Escola de Aperfeiçoamento e Preparação da Aeronáutica Civil (EAPAC) e algumas escolas estaduais e municipais;

### 6.3 ESTUDO DO SISTEMA DE TRANSPORTES

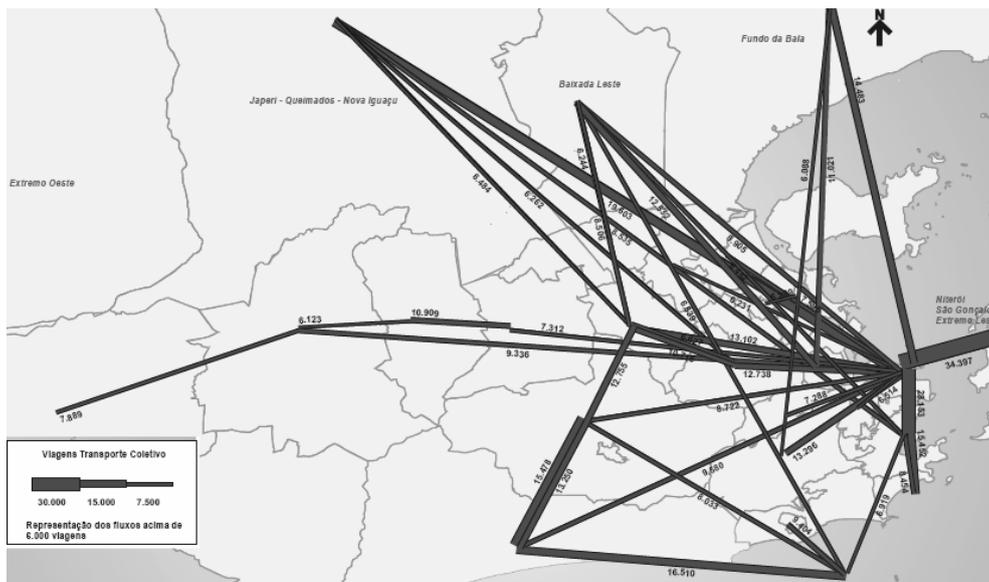
De acordo com o Departamento de Trânsito do Estado do RJ (DETRAN/RJ), o ano de 2009 terminou com 369 veículos para cada grupo de mil habitantes. A divisão modal na frota rodoviária na cidade pode ser observada em detalhes na Tabela 6.2.

**Tabela 6.2 - Frota Rodoviária em 2008**

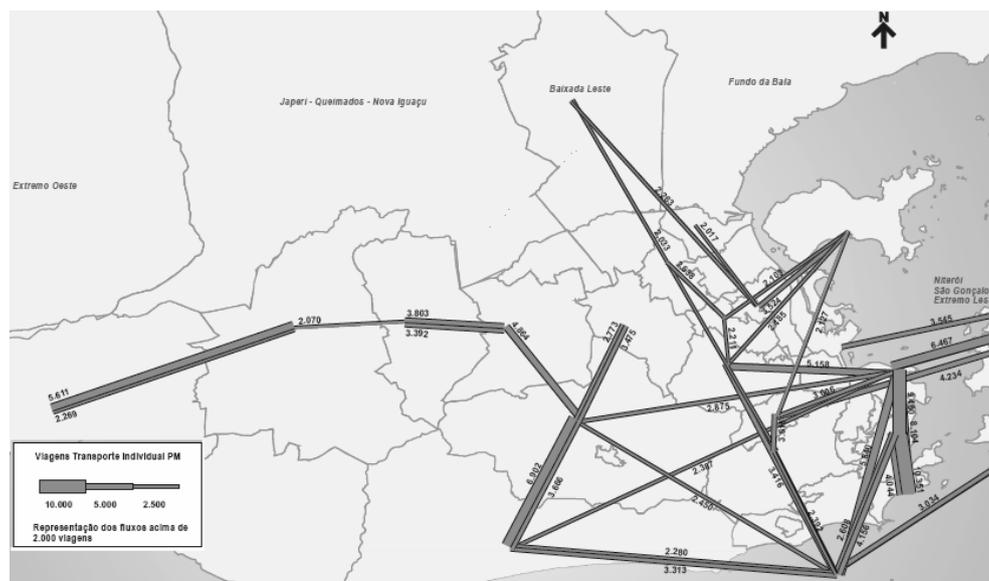
<b>Transporte</b>	<b>Unidade</b>
Automóvel	1.451.087
Caminhão	28.152
Caminhão trator	2.023
Caminhonete	70.043
Micro-ônibus	12.750
Motocicleta	145.266
Motoneta	19.952
Ônibus	13.604
Trator	205

Fonte: IBGE, 2010.

A cidade do RJ e adjacências apresentam um fluxo intenso de tráfego, principalmente, nos horários de pico. As Figuras 6.3 e 6.4 ilustram esta informação com os principais fluxos de viagens no período de pico da manhã por transporte coletivo e individual, respectivamente. É possível observar nas duas figuras que a Ilha do Governador, área de estudo deste trabalho, já possui um tráfego significativo tanto de transporte coletivo quanto de transporte individual.

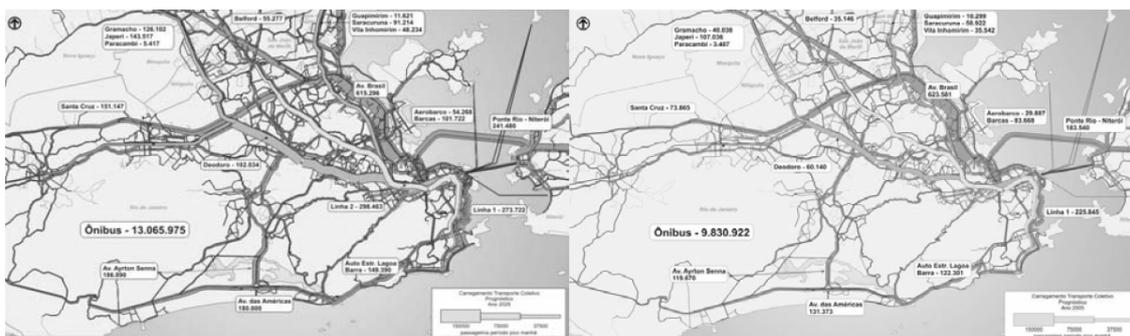


**Figura 6.3 – Principais fluxos de viagens de Transporte Coletivo – Pico da Manhã**  
 Fonte: SMTR, 2005.



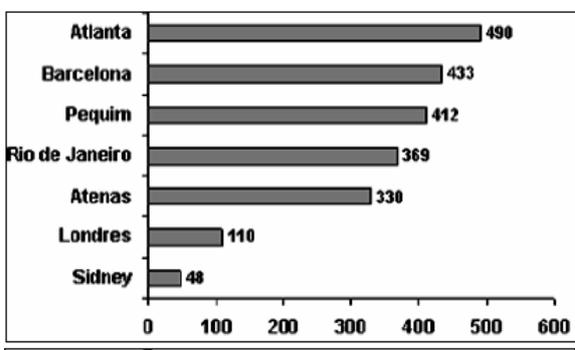
**Figura 6.4 – Principais fluxos de viagens de Transporte Individual – Pico da Manhã**  
 Fonte: SMTR, 2005.

Após simulações feitas pela SMTR, concluiu-se que os impactos nestes corredores serão bastante significativos em um futuro próximo. O aumento do volume de transporte individual nos próximos vinte anos, excluindo-se os ônibus, será de 55% na Linha Amarela. A situação para o transporte coletivo (Figura 6.5) também não é muito diferente (SMTR, 2005).

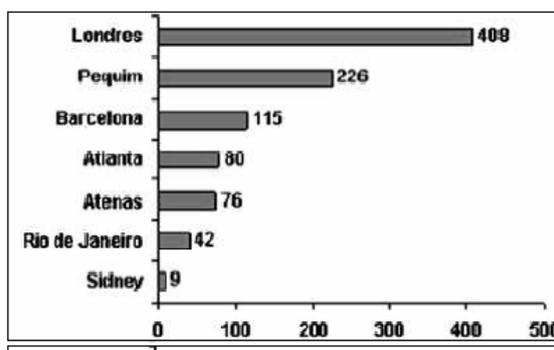


**Figura 6.5 – Impacto no sistema de transporte coletivo**  
 Fonte: SMTR, 2005

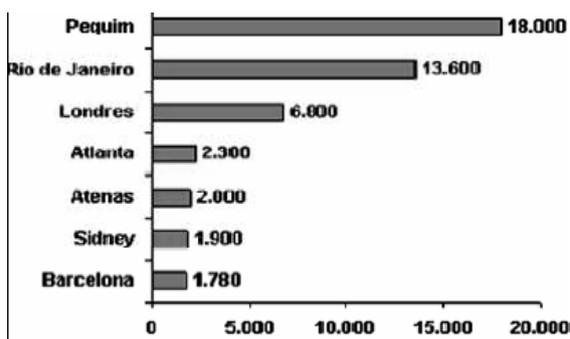
Mantido o crescimento médio de 4% dos últimos nove anos, em 2016, a frota chegará a 2.963.520 veículos, quase um para cada dois habitantes. Embora tenha hoje uma taxa mediana entre as cidades olímpicas analisadas (Figura 6.6), a cidade possui em contraponto um forte desequilíbrio nas infraestruturas de transporte de alta capacidade (Figuras 6.7 e 6.8). Enquanto o metrô possui a segunda menor cobertura, mesmo com a inauguração recente das novas linhas e estações, o número de ônibus é o segundo maior, assim como a frota de táxis (Figura 6.9) (FIRJAN, 2010).



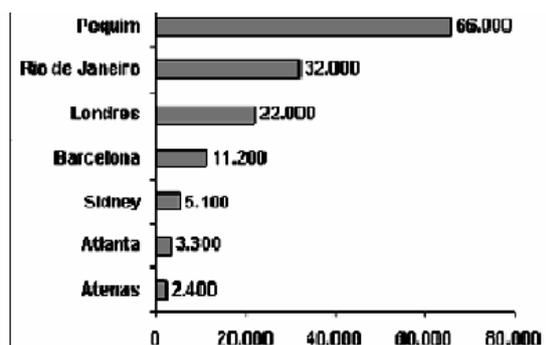
**Figura 6.6 – N° de veículos/(1000) habitantes**



**Figura 6.7 – Rede de metrô (km)**



**Figura 6.8 – Quantidade de ônibus**



**Figura 6.9 – Quantidade de táxis**

Fonte: FIRJAN, 2010.

De acordo com o cenário induzido apresentado no Plano Diretor de Transportes Urbanos da RMRJ (PDTU), é possível estimar que os engarrafamentos possam chegar a 154 km em 2016. O conjunto dessas variáveis indica um grande risco para a cidade. O problema de mobilidade urbana é crítico devido a: densidade populacional, prevalência do transporte rodoviário, pequena cobertura de transporte de massa e o esgotamento de capacidade de algumas de suas principais vias. Percebe-se que os projetos propostos para o TP com vistas aos Jogos Olímpicos de 2016 e a Copa do Mundo de 2014 atenderão apenas parcialmente às demandas por mobilidade da população carioca, já que não serão suficientes para modificar a matriz de transportes da cidade e tampouco têm a cobertura geográfica compatível com o tamanho dos desafios que hoje já são enfrentados. Embora tais projetos sejam necessários para atender as necessidades dos corredores onde serão implantados, eles não serão suficientes para deixar como legado uma cidade sem problemas de mobilidade urbana (FIRJAN, 2010).

No AIRJ as opções atuais em transporte de acesso estão entre as cooperativas de táxis (quatro companhias especiais e duas companhias de táxis amarelos) e as linhas de ônibus da Companhia Real Auto (INFRAERO 2009).

Adicionalmente, existem estudos de novas ligações de transporte de massa, sendo as mais significativas às apontadas na Figura 6.10. Há ainda projetos de novas ligações com o sistema VLT (veículo leve sobre trilhos) e barcas. Entretanto, seus traçados ainda

não são definitivos (ENGEVIX, 2003):

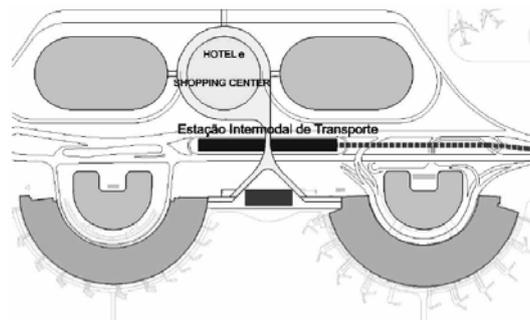


**Figura 6.10 - Principais acessos em estudo para o AIRJ**

- Legenda: (1) Ligação C (via expressa Barra – Avenida Brasil);  
(2) VLT (Corredor T5);  
(3) Duplicação da Avenida Niemeyer;  
(4) Linha 4 do metrô: alternativa 1 Barra - Botafogo,  
Alternativa 2 Barra-Centro;  
(5) Barcos Praça XV-Barra;  
(6) Túnel da Grota Funda (Recreio-Guaratiba)  
(7) Linha 6 do metrô Barra-Baixada  
(8) Trilhos na Linha Amarela.

Fonte: ENGEVIX, 2003.

A solução desejável, preconizada no projeto supramencionado, seria que todas as ligações modais acessassem em um único ponto, no início do eixo viário do aeroporto, o que poderia viabilizar a ligação de todos os transportes com a área terminal de passageiros (Figura 6.11). Este atenderia o hotel e o *shopping* localizados na área central dos terminais de passageiros (ENGEVIX, 2003).



**Figura 6.11 - Estação intermodal de transportes**

Fonte: ENGEVIX, 2003.

É possível que as relações conflituosas entre os transportes e o meio ambiente sejam reduzidas na implementação de um modal sustentável. E isto o governo fluminense está tentando fazer com o projeto do BRT - Transcarioca (Figura 6.12).



uma maior mobilidade por transporte de massa, criando uma rede metro-ferroviária e promovendo melhorias ambientais.



**Figura 6.13 – Traçado esquemático das linhas do metrô**  
Fonte: ENGEVIX, 2003.

A inexistência atual de uma saída alternativa à Estrada do Galeão, mesmo que fosse um corredor segregado de ônibus, provoca grandes prejuízos aos habitantes que em algumas situações chegam a perder horas em engarrafamentos sem alternativa. Hoje em dia, o acesso por TP para a Ilha do Governador é o maior problema. Há poucas, e às vezes nenhuma opção para alguns lugares fora do bairro. Além disso, o intenso fluxo de transportes alternativos, muitas vezes piratas, provoca congestionamentos e acidentes com frequência. A proliferação desordenada destes transportes sem nenhum controle do poder público agrava mais a situação de acessibilidade desta região.

Devido à falta de dados sobre a divisão modal será utilizado, na elaboração dos cenários, o valor médio observado para a toda a RMRJ, assumindo que esta situação se repetirá no corredor de acesso ao Galeão. A participação do ônibus como o principal responsável pelo deslocamento das viagens em coletivos operando em tráfego misto agrava a qualidade do ar que pode ser amenizada com a implementação do BRT que circula em pistas exclusivas e condições operacionais mais racionais e eficientes.

#### 6.4 QUALIDADE DO AR

No Estado do RJ a qualidade do ar é tratada desde 1967, quando instalaram as primeiras estações de monitoramento. Este é realizado para acompanhar sistematicamente a qualidade do ar em determinada área; viabilizar a elaboração de diagnósticos e/ou prognósticos da qualidade do ar; identificar os aspectos meteorológicos da região e sua interação com a qualidade do ar; indicar a eficácia das estratégias de controle implantadas; auxiliar o processo de licenciamento ambiental; testar e aferir modelos de dispersão; implementar programas de gestão de qualidade do ar e áreas degradadas ou não; fomentar projetos e pesquisas com vistas à saúde e a melhoria de qualidade de vida da população (INEA, 2008).

Com a criação da FEEMA no início da década de setenta, o RJ contou com o apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e da OMS para criar e iniciar ações de controle ambiental. Foi ampliada a rede de medição de qualidade do ar, facilitando a realização de planejamentos estratégicos e a elaboração de planos de ação de controle da poluição atmosférica. Algumas delas, segundo o Relatório de Qualidade do Ar são: substituição do combustível usado nas padarias e nas indústrias; implantação do Programa de Autocontrole de Emissão Industrial; restrição do tráfego de veículos pesados em alguns túneis da cidade, culminando com a instalação do sistema de ventilação e a construção da parede que divide as duas pistas de rolamento no interior do túnel Santa Bárbara; entre outras. Nesta época o grande alvo deste órgão foram as emissões fixas provenientes das várias indústrias instaladas na região. Porém, um novo fator passou a fazer parte da pauta de preocupações: a poluição veicular (KELESOGLU, 2008).

Na década de oitenta o Rio de Janeiro sofria com os altos índices de poluição, chegando a ter em suas vias um dos túneis mais poluídos do mundo. Uma atitude

emergencial fez com que, veículos pesados fossem proibidos de passar pelos principais túneis da cidade. Neste período, o CONAMA implementou o PROCONVE que tinha como objetivo controlar a emissão de poluentes dos automotores. Outro programa atrelado a esta iniciativa era o Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso (I/M), que realizava testes nos escapamentos dos automotores para medir a emissão de poluentes e conscientizar a população, de forma educativa sobre a manutenção de seus veículos em prol da preservação do meio ambiente. O Rio de Janeiro, através da FEEMA e do DETRAN-RJ, foi o primeiro Estado a implementar o I/M, através de um convênio de cooperação técnica em 1997 (KELESOGLU, 2008). Outra iniciativa da FEEMA foi a elaboração de um Inventário de Emissões anual que apresenta as fontes fixas e móveis de poluentes atmosféricos, explicitado no Capítulo 4 desta Tese.

No município do Rio de Janeiro, a rede de monitoramento foi reativada em 2010 (MonitoAr-Rio), após quase quatro anos de interrupção. Três estações automáticas fixas - Cardeal Arcoverde (Copacabana), Lago da Carioca e Campo de São Cristóvão - e uma móvel, que por enquanto ficou na Avenida Rio Branco, na altura da Rua Sete de Setembro, já estão funcionando. Uma nova estação, na Praça Saens Peña (Tijuca), e mais outras em quatro bairros - Bangu, Campo Grande, Vicente Carvalho e um ainda não definido - serão beneficiados com unidades automáticas. O programa vai permitir que, a partir dos dados monitorados, possam ser adotadas medidas concretas no planejamento de ações e traçar estratégias, com vistas aos Jogos Olímpicos de 2016 (BRANDÃO, 2010).

Para fazer o monitoramento da qualidade do ar na RMRJ, o INEA opera com uma rede de amostragem de 32 estações manuais, quatro automáticas fixas e duas móveis, capacitadas à realização de medições contínuas das concentrações de poluentes gasosos, partículas inaláveis, além de parâmetros meteorológicos; direção e velocidade dos

ventos, umidade e temperatura do ar. Os dados gerados são enviados a uma estação central através de linhas telefônicas privadas, onde são processados com auxílio de computador (INEA, 2008).

A localização dos equipamentos de monitoramento segue o estabelecido na Tabela 6.3. Estas estações são um avanço na contribuição da melhoria da qualidade do ar. Entretanto, o procedimento necessita de melhorias para que seja mais fiel a atmosfera que se respira no ambiente monitorado.

**Tabela 6.3 - Critérios para Seleção de Sítios de Medição**

<b>Tipo de Equipamento</b>	<b>Critérios</b>
Estações automáticas	Representa as emissões do tráfego de veículos automotores e monitora a área de influência de fontes fixas de grande potencial de emissão de gases.
Estações manuais	Cobre significativamente a região na área mais crítica. Representa as emissões das indústrias e do tráfego de veículos. Avalia a contribuição de partículas finas no total de material particulado em suspensão.

Fonte: INEA, 2008.

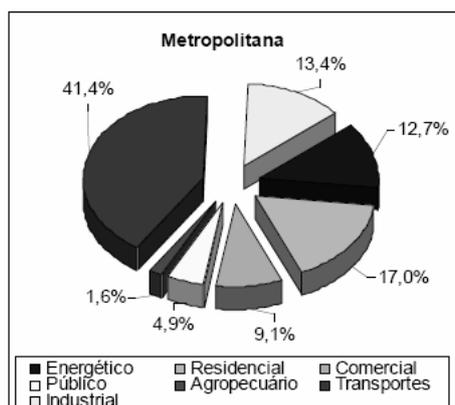
Em termos de poluição atmosférica, o Estado do Rio de Janeiro apresenta duas áreas críticas, e, portanto, consideradas prioritárias com relação a ações de controle: a Região Metropolitana e a Região do Médio Paraíba (Figura 6.14).



**Figura 6.14 – Áreas prioritárias de monitoramento**

Fonte: INEA, 2008.

A RMRJ possui uma grande concentração de fontes de emissão apresentando níveis de comprometimento da qualidade do ar em algumas áreas, as quais requerem um sistema de monitoramento mais intenso (INEA, 2008). Na Figura 6.15, a principal fonte de emissão de poluentes atmosféricos é proveniente do setor de transportes (41,4%).



**Figura 6.15 – Participação da RMRJ no total das emissões das regiões (%)**

Fonte: CENTRO CLIMA, 2007.

Apesar de haver uma rede de monitoramento significativa para os padrões brasileiros, a região do AIRJ não possui um único ponto de medição, como pode ser observado na Figura 6.16.



**Figura 6.16 – Distribuição espacial de monitoramento da qualidade do ar na RMRJ**

Fonte: INEA, 2008.

O INEA (2008) destaca que entre as diversas fontes que contribuem para a degradação da qualidade do ar na RMRJ, os veículos se destacam, contribuindo com a parcela mais significativa de emissão de poluentes (77%). Aliado a isso, a cidade apresenta características físicas que potencializam estes problemas: topografia acidentada, influência do mar e da Baía de Guanabara na distribuição e dispersão de poluentes, altas temperaturas que favorecem a formação de processos fotoquímicos,

além da intensa ocupação do solo.

Como um dos objetivos desta Tese é verificar a influência da movimentação de passageiros no transporte de superfície, serão consideradas as fontes móveis externas, ou seja, o transporte utilizado por quem acessa o aeroporto e que circula dentro da área de influência já estabelecida.

Os poluentes atmosféricos considerados serão: CO, HC, NO<sub>x</sub> e MP provenientes dos automóveis, veículos comerciais leves e veículos comerciais pesados que trafegam nos segmentos das rodovias inseridas na área de influência do AIRJ. Estas são a Linha Vermelha, a Estrada do Galeão e a Avenida 20 de Janeiro. Para os cálculos, de acordo com a disponibilidade dos dados, foram selecionados dias de grande movimento nestas vias, de forma a se trabalhar sempre com a possibilidade mais conservadora, em termos de emissão de poluentes atmosféricos. Para o cálculo das emissões, considerou-se como parâmetro os índices obtidos junto ao INEA para a frota da RMRJ (RIBEIRO et al., 2001).

## 6.5 GERAÇÃO, ANÁLISE DE CENÁRIOS E APLICAÇÃO DO MODELO DE QUALIDADE DO AR

Conforme estabelecido no capítulo 5 (item 5.6) deste trabalho serão dois cenários, com resultados apresentadas no item 6.1.6. Na perspectiva otimista considera-se que 70% dos usuários dos atuais ônibus e automóveis migrarão para as modalidades de maior capacidade:

- Situação atual – manutenção das atuais práticas embasada em redes rodoviárias. Considera-se uma nova divisão modal com a inserção do BRT e do metrô numa perspectiva otimista (70% tanto para BRT quanto para o metrô);
- Situação futura – prazo previsto é o ano das Olimpíadas na cidade, 2016. Será

contabilizado, a partir de uma série histórica, o aumento da movimentação de passageiros no referido aeroporto e como isto irá influenciar o fluxo de tráfego terrestre na vizinhança. A partir deste contexto será aplicada a substituição modal para transportes de maior capacidade sustentáveis, na mesma perspectiva otimista da situação atual, ou seja, 70% para BRT ou 70% para metrô.

Devido à disponibilidade dos dados será considerada, para os cálculos, a composição da frota que circula nas vias externas ao AIRJ como semelhante a que circula no Estado do Rio de Janeiro, no que se refere à idade, tipo de veículo e ao tipo de combustível utilizado (RIBEIRO et al., 2001).

As emissões dos poluentes serão estimadas, uma vez que o trabalho não contempla a medição em campo das emissões. Para o cálculo das emissões de poluentes dos automóveis admitiu-se os fatores médios de emissão dos veículos da frota da RMSP, conforme valores apresentados na Tabela 6.4. Para a análise das emissões de poluentes atmosféricos serão considerados NO<sub>x</sub>, o MP, o CO e os HC. Os SO<sub>2</sub> não serão levados em conta porque ainda não há regulamentação para a restrição de emissão nos veículos rodoviários.

**Tabela 6.4 - Fatores Médios de Emissão (g/km) dos Veículos em Circulação na RMSP**

Fontes de emissão	Tipo de combustível	CO	HC	NO <sub>x</sub>	MP
Tubo de escapamento dos veículos	Gasolina C *	12,30	1,30	0,70	0,08
	Álcool	18,00	2,00	1,10	-
	Diesel	17,8	2,9	13,0	0,81

Legenda: \* Gasolina contendo 22% de álcool anidro.

Fonte: CETESB, 2009.

Procurou-se discriminar uma pequena série histórica. No caso dos transportes de superfície leva-se em conta os primeiros dados levantados para a região em estudo. Estes foram expostos em detalhes no Plano de Ação para a Redução de Emissão de Poluentes Atmosféricos em Aeroportos - aplicação para o AIRJ (RIBEIRO, 2001). O

objetivo é comparar estes dados com os atuais da SMTR/RJ considerando os índices de movimentação de passageiros do referido aeroporto.

No Plano de Ação supramencionado foi considerado somente os voos domésticos e não a influência do movimento de passageiros do aeroporto. Neste contexto, o ano de 2001 obteve 4.513 pousos e decolagens em média mensal (RIBEIRO et al., 2001). Entretanto, o que se pretende é verificar a influência dos passageiros no tráfego de superfície e o dado mais antigo que se tem da INFRAERO (disponível na *internet*) é do ano de 2003, com 5.139 voos domésticos, ou 478.934 passageiros em média mensal somados voos domésticos e internacionais que chegam no AIRJ. Como o voo doméstico passou por um incremento de 13,87%, pode-se concluir que em 2001 o movimento mensal de passageiros foi possivelmente de 412.506. Para o mês de outubro de 2010 (dado mais recente da INFRAERO) o resultado é 7.705 voos domésticos ou 1.001.798 passageiros no total entre domésticos e internacionais. Considerando os seis anos anteriores à 2010, ou seja, 2004 onde a movimentação de passageiros foi de 467.576. A projeção para 2016 terá um incremento de 114,25% (Tabela 6.5).

**Tabela 6.5 - Movimento de passageiros/mês no AIRJ**

<b>AIRJ</b>	<b>2001*</b>	<b>2004</b>	<b>Atual</b>	<b>Projeção para 2016</b>
Passageiros	412.506	467.576	1.001.798	2.118.051

Fonte: \*RIBEIRO et al., 2001<sup>1</sup>.

O Plano Diretor de Transportes (2005) divulgou que dentre as viagens com origem e destino na RMRJ, 46,4% utilizam o transporte coletivo, 16,5% utilizam o transporte individual e o restante estão incluídos em transportes não motorizados. O

---

<sup>1</sup> O Relatório Diário de Volume de Tráfego obtido na CET-Rio apresenta a contagem de tráfego para os períodos de 7:00hs as 10:45hs, 11:00hs as 14:45hs e 17:00hs as 20:45hs. Este critério de contagem parcial é usualmente empregado pelas empresas operadoras de tráfego e se baseia no conhecimento prévio do perfil de tráfego do local, indicando que estes são os períodos em que o volume de tráfego assume os valores mais significativos se comparados ao resto do dia (RIBEIRO et al., 2001). Este Relatório foi o único com estas características disponível.

desejável é que este valor fôsse específico do corredor de acesso, mas em função das restrições de dados serão assumidos os valores da divisão modal para toda a RMRJ. Neste caso, tem-se um total de 44,03% de transferência para uma alternativa otimista (Tabela 6.6).

**Tabela 6.6 - Níveis gradativos para os cenários sugeridos**

	<b>46,4% coletivo</b>	<b>16,5% individual</b>	<b>Total</b>
<b>Otimista (70%)</b>	32,48%	11,55%	44,03%

Outro ponto importante, é a taxa de emissão de poluentes (Tabela 3.3 do item 3.2), de acordo com a delimitação estabelecida tem-se a Tabela 6.7

**Tabela 6.7 - Emissão de poluentes atmosféricos para ônibus, BRT e metrô (g/kmh)**

<b>Poluentes</b>	<b>Ônibus</b>	<b>BRT*</b>	<b>Metrô-trem</b>
CO	0,30	1,50	0,03
HC	0,10	0,40	-
NO <sub>x</sub>	1,20	2,00	0,30
MP	0,02	0,02	n.d

Fonte: adaptado RATTON NETO et al., 2006.  
\* ITDP, 2008.

### **6.5.1 Avenida 20 de Janeiro**

Para esta Avenida foi realizada a contagem volumétrica classificada de tráfego terrestre para 24 horas e o levantamento da extensão da via que indicou 3,95km para este trecho (REAL et al., 2001).

A SMTR-RJ não possui dados atuais desta avenida. Mas, é possível fazer uma projeção, levando em conta o crescimento do tráfego terrestre nas outras únicas vias, dentro da área de influência, onde foi possível obter estes dados: Estrada do Galeão (aumento de 159,52%) e Linha Vermelha (crescimento de 122,36%). Portanto, para a Av. 20 de Janeiro será determinado como padrão a média entre estes dois fatores (Tabela 6.8). Neste caso, a tendência é um aumento de 140,94% para cada projeção,

superando o aumento calculado para o tráfego aéreo (114,25%). Sendo assim este valor será considerado para todas as vias subsequentes.

**Tabela 6.8 - Fluxo de Tráfego Diário na Avenida 20 de Janeiro**

Ano	Volume total nos dois sentidos	Cenário Otimista
<b>2001*</b>	36.937*	16.263
<b>Atual</b>	88.996	39.184
<b>2016</b>	214.426	94.411

Fonte: \*RIBEIRO et al., 2001.

Quando foi executado o Plano de Ação para o AIRJ, ano 2001, as emissões na Avenida 20 de janeiro eram o exposto na Tabela 6.9. O que se segue são as contribuições da atual divisão modal e a implantação do BRT e metrô no cenários proposto.

**Tabela 6.9 - Média de Emissão de Poluentes na Av. 20 de Janeiro (g/kmh)**

Ano	Cenário Otimista	CO	HC	NOx	MP
<b>2001*</b>		37.252	5.771	4.162	265
<b>Atual</b>	Divisão modal	89.754,96	13.904,65	10.027,92	638,49
	BRT	58.776,00	15.673,60	78.368,00	783,68
	Metrô	1.175,52	-	11.755,20	-
<b>2016</b>	Divisão modal	216.254,63	33.501,70	24.161,17	1.538,37
	BRT	141.616,50	37.764,40	188.822,00	1.888,22
	Metrô	2.832,33	-	28.323,30	-

Fonte: \*RIBEIRO, 2001.

### 6.5.2 Estrada do Galeão

A Tabelas 6.10 apresenta o volume de tráfego na Estrada do Galeão. Observa-se que neste caso os volumes de tráfego são diferenciados por trecho. No trecho entre saída da Linha Vermelha e a agulha de acesso a Av. 20 de Janeiro (trecho 1) tem-se um volume de tráfego mais intenso, afetado pelo tráfego que se dirige ao AIRJ. No trecho entre a agulha de acesso a Av. 20 de Janeiro e o final da área de estudo (trecho 2) o volume de tráfego é menos intenso, envolvendo apenas os veículos que se dirigem a

Ilha do Governador. Para esta via, somente no trecho 2, está disponível na página virtual da SMTR o fluxo de tráfego rodoviário atual. Com este incremento de 159,52% é possível obter os resultados não só para o outro trecho 1 como projetar para o ano 2016. Para obtenção dos níveis gradativos aplica-se, respectivamente: 44,03% otimista e 18,87% pessimista.

**Tabela 6.10 - Fluxo de Tráfego Diário na Estrada do Galeão**

	Trecho 1	Cenário Otimista	Trecho 2	Cenário Otimista
Totais*	84.154	37.053	58.953	25.957
Atual	218.396	96.159	152.997 <sup>(1)</sup>	67.346
2016	566.781	249.553	397.058	174.824

Fonte: \*RIBEIRO et al., 2001.

<sup>(1)</sup> SMTR, 2010.

Assim como na Av. 20 de Janeiro os dados iniciais para fins comparativos desta Estrada foram retirados do Plano de Ação do AIRJ. Os cenários (Tabela 6.11) seguem o mesmo padrão do item anterior.

**Tabela 6.11 - Média de Emissão de Poluentes no Galeão (g/kmh)**

Ano	Cenários	Trecho 1				Trecho 2			
		CO	HC	NO <sub>x</sub>	MP	CO	HC	NO <sub>x</sub>	MP
2001*		136.739	21.200	17.830	1.129	74.976,58	11.629,58	10.412,75	658,16
Atual	Divisão Modal	354.864,30	55.018,12	46.272,32	2.929,97	180.873,31	28.050,84	24.849,24	1.570,80
	BRT	144.238,50	38.463,60	192.318,00	1.923,18	101.019,00	26.938,40	134.692,00	1.346,92
	Metrô	2.884,77	-	28.847,70	-	2.020,38	-	20.203,80	-
2016	Divisão Modal	920.943,36	142.782,96	120.085,86	7.603,87	469.402,63	72.797,58	64.488,78	4.076,55
	BRT	374.329,50	99.821,20	499.106,00	4.991,06	262.236,00	69.929,60	349.648,00	3.496,48
	Metrô	7.486,59	-	74.865,90	-	5.244,72	-	52.447,20	-

Fonte: \*RIBEIRO et al., 2001.

### 6.5.3 Linha Vermelha

É importante destacar que que não é permitida a circulação de veículos comerciais

pesados de carga na Linha Vermelha, ou seja, os veículos comerciais pesados que trafegam nesta via se referem, exclusivamente, aos ônibus (RIBEIRO et al, 2001). Com os dados recolhidos na página eletrônica da SMTR/RJ para esta via obteve-se como resultado um incremento de 122,36% de fluxo de tráfego diário. Este valor é contabilizado para a projeção do cenário 2016 (Tabela 6.12).

**Tabela 6.12 - Fluxo de tráfego diário na Linha Vermelha**

	<b>Volume total</b>	<b>Cenário Otimista</b>
<b>Totais</b>	59.958*	26.399
<b>Altura da Favela da Maré (1)</b>	133.325	58.702
<b>2016</b>	296.461	130.531

Fonte: \*RIBEIRO et al, 2001.  
(1) SMTR, 2010.

Na Tabela 6.13 segue o padrão já estabelecido nos itens anteriores para as outras vias.

**Tabela 6.13 - Média de Emissão de Poluentes na Linha Vermelha (g/kmh)**

<b>Ano</b>	<b>Cenários</b>	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>MP</b>
<b>2001*</b>		75.757,46	11.762,13	8.384,25	532,16
<b>Atual</b>	Divisão Modal	280.843,49	43.454,37	31.082,04	1.972,37
	BRT	88.053,00	23.480,80	117.404,00	1.174,04
	Metrô	1.761,06	-	17.610,60	-
<b>2016</b>	Divisão modal	624.482,60	96.624,99	69.113,91	4.385,75
	BRT	195.796,50	52.212,40	261.062,00	2.610,62
	Metrô	3.915,93	-	39.159,30	-

Fonte: \*RIBEIRO et al., 2001.

## 6.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Embora a RMRJ possua a segunda maior concentração de população, veículos, indústrias e fontes emissoras de poluentes do país, esta apresenta um sistema de circulação atmosférica complexo, mas eficiente em vários pontos da cidade, pois

combina os efeitos de brisa com as canalizações proporcionadas pela topografia local. Este fato desviou as atenções, tanto dos administradores públicos, quanto da sociedade civil em geral, de uma discussão clara sobre a questão da qualidade do ar na cidade (INEA, 2008).

Detectar e quantificar as contribuições das diversas fontes de emissões aeroportuárias é difícil quando se trata de aeroportos internacionais localizados em grandes metrópoles. Afinal, separar a influência do tráfego terrestre que é também dominante das atividades aeroportuárias é um desafio (CARSLAW et al., 2006; ADAMKIEWICZ et al., 2010).

Apesar do AIRJ está em uma posição privilegiada na localização para a dispersão dos poluentes atmosféricos, esta pode se caracterizar como um problema em um futuro próximo, considerando o aumento do fluxo de tráfego de passageiros e os dois megaeventos que a cidade do Rio de Janeiro pretende sediar.

Se analisarmos o intenso fluxo de veículos da região em estudo e os altos índices de poluentes que são emitidos nas vias mais importantes da cidade é possível afirmar que a RMRJ tem um grande potencial para problemas de emissão e concentração de poluentes acima dos níveis estabelecidos pelos órgãos responsáveis pela qualidade do ar (KELESOGLU, 2008).

Até o presente momento, só existe um único projeto previsto para melhorar o acesso do AIRJ - o BRT Transcarioca, linha de ônibus articulados, que ligará o bairro da Penha ao Galeão com prazo de conclusão para o final de 2013. Não obstante, diversos estudiosos do assunto são unânimes em declarar que o modal sobre trilhos seria a melhor opção para integrar este aeroporto à rede de transportes (MARQUEIRO, 2010; MOTTA, et al., 2010; DURÃES, 2010).

Os resultados obtidos na Tabela 6.14 confirmam a influência do AIRJ na

qualidade do ar e a hipótese levantada no início deste trabalho, onde se afirma que haverá uma melhora na qualidade do ar na vizinhança do aeroporto se for implantado um transporte de maior capacidade. Outrossim, percebe-se a vantagem do metrô quando comparado com o BRT, em termos de emissão de poluentes atmosféricos. Porém, a implantação do BRT é ressaltada como positiva se o projeto for implementado como um todo, uma vez que o AIRJ e a cidade do Rio de Janeiro carecem de transportes deste porte.

**Tabela 6.14 - Média de Contribuição de Poluentes (g/kmh)**

Vias	Cenários	Atual				2016			
		CO	HC	NO <sub>x</sub>	MP	CO	HC	NO <sub>x</sub>	MP
Avenida 20 de Janeiro	Divisão modal	89.754,96	13.904,65	10.027,92	638,49	216.254,63	33.501,70	24.161,17	1.538,37
	BRT	58.776,00	15.673,60	78.368,00	783,68	141.616,50	37.764,40	188.822,00	1.888,22
	Metrô	1.175,52	-	11.755,20	-	2.832,33	-	28.323,30	-
Estrada do Galeão	Divisão modal	535.737,61	83.068,96	71.121,56	4.500,77	1.390.345,99	215.580,54	184.574,64	11.680,42
	BRT	245257,50	65.402,00	327.010,00	3.270,10	636.565,50	169.750,80	848.754,00	8.487,54
	Metrô	4.905,15	-	49.051,50	-	12.731,31	-	127.313,10	-
Linha Vermelha	Divisão modal	280.843,49	43.454,37	31.082,04	1.972,37	624.482,60	96.624,99	69.113,91	4.385,75
	BRT	88.053,00	23.480,80	117.404,00	1.174,04	195.796,50	52.212,40	261.062,00	2.610,62
	Metrô	1.761,06	-	17.610,60	-	3.915,93	-	39.159,30	-

O governo federal reconhece que faz pouco para modernizar os aeroportos e avisa que as providências nesse sentido ficarão para a presidente Dilma Roussef (ROMANI et al., 2010). Contudo, seria interessante ter o AIRJ no mesmo patamar de acessibilidade dos grandes aeroportos do mundo.

Um aeroporto internacional é o primeiro contato que o visitante tem com a cidade que se quer conhecer e se esta infraestrutura não funciona ou trabalha de maneira insipiente é porque outros setores também podem não funcionar como deveriam. Às vésperas de dois megaeventos como a Copa do Mundo de 2014 e a Olimpíada em 2016, que movimentarão a cidade do Rio de Janeiro de maneira tão intensa, se faz necessário que os atores envolvidos neste processo prestem atenção nas consequências que a falta de planejamento pode acarretar.

## 7. CONCLUSÃO

Esta Tese partiu do pressuposto que a movimentação aeroportuária de passageiros interfere na movimentação de tráfego de acesso ao aeroporto gerando impactos na qualidade do ar na sua vizinhança. Isto ocorre, principalmente, porque os usuários deste empreendimento usam predominantemente os automóveis como opção de transporte, seja pela comodidade, seja pela simples falta de opção de transporte de maior capacidade.

Para atingir o objetivo deste trabalho foi necessário identificar quais os aeroportos caracterizam-se como PGV e como os modais que acessam este empreendimento podem impactar, efetivamente, o seu entorno. Neste sentido, foi desenvolvido um procedimento de análise que visa auxiliar os tomadores de decisão na avaliação integrada das contribuições advinda da implementação do transporte de maior capacidade (tais como BRT e modais metro-ferroviários), tendo como base a melhoria na qualidade do ar no entorno deste empreendimento.

Apresentar um procedimento que leve em conta todas as etapas que podem interferir no impacto da qualidade do ar na vizinhança aeroportuária foi pioneiro. Este tipo de análise somente começou a ser explorado há pouco mais de uma década e o que se vê no meio acadêmico até então, ainda que pouco divulgado, são abordagens pontuais no âmbito dos gestores do setor. Estas se limitam à implementação de um modelo específico, ou a simulação para o incremento do estacionamento, por exemplo, ou apenas delineando um perfil de acessibilidade dos principais aeroportos internacionais.

Com o intuito de classificar o aeroporto como um PGV (Capítulo 2) e caracterizar a divisão modal que influencia ou pode influenciar este empreendimento (Capítulo 3) no que tange as emissões de poluentes atmosféricos e a manutenção da qualidade do ar

construiu-se um procedimento de análise, que ficou dividido em sete etapas (Capítulo 5):

- Caracterização do aeroporto;
- Delimitação da área de estudo;
- Estudo do sistema de transportes;
- Qualidade do ar;
- Geração e análise de cenários;
- Modelo de previsão de qualidade do ar, e
- Análise dos resultados.

A diversidade de medidas é uma característica positiva que foi alcançada pelo procedimento. Este poderá servir como um guia e aplicado em vários âmbitos: governamental, setorial, para definir políticas ou analisar projetos.

É importante destacar que, como qualquer instrumento de avaliação este está também suscetível a falhas que podem ocorrer na prática. Isto não impede que, em função das especificidades, haja identificações de elementos que podem ser agregados ou desagregados ao procedimento. Por isso, tudo que foi proposto não tem a pretensão de ser definitivo, tão pouco esgotar o assunto apresentado, mas sim fornecer referenciais para outros estudos mais específicos.

As etapas apresentadas podem sofrer alterações de acordo com os dados disponíveis, em função do conhecimento científico, de progressos tecnológicos e de limitações futuras. Por isso, o procedimento é um guia para indicar as etapas necessárias quando se pretende fazer uma análise da qualidade do ar no entorno de aeroportos.

É importante ressaltar que o crescimento urbano, os dados climatológicos e a vocação modal são características intrínsecas de cada região, por isso as soluções encontradas nos países desenvolvidos podem e, provavelmente, serão diferentes. Não obstante, o procedimento se mostrou uma boa ferramenta para guiar o gestor ou

interessado no assunto no que tange a avaliação da acessibilidade de um PGV complexo como é um aeroporto.

A realização da Copa do Mundo de 2014 e dos Jogos Olímpicos de 2016 pode ser uma boa oportunidade para levar em conta a questão da acessibilidade enquanto ainda não é um problema significativo para o Brasil. A boa perspectiva, contudo, colide com obstáculos e gargalos nos campos institucional, legal e operacional. Isso porque o crescimento de demanda não foi acompanhado por um adequado planejamento a longo prazo no sistema de aviação civil, assim como por políticas públicas consistentes e um marco legal e regulador mais condizente com o novo ambiente competitivo.

Fora isso, o setor ainda enfrenta "notórias deficiências" nas infraestruturas aeroportuária e aeronáutica, além de alguns problemas específicos da área de transportes nas cidades brasileiras. Estes são: a falta de integração entre os modais, a queda da mobilidade e da acessibilidade, a degradação das condições ambientais e os congestionamentos.

Constatou-se através do estudo de caso que o metrô é, realmente, a opção mais plausível no que diz respeito à mitigação na emissão de poluentes atmosféricos. Porém, a iniciativa do governo de implantar o BRT até o AIRJ é plausível uma vez que os transportes que acessam o aeroporto o fazem de maneira insipiente. Entende-se que um sistema de transporte mal implantado numa cidade irá prejudicar toda uma concepção de futuro nas demais regiões. Por outro lado, um bom sistema tem que primar pela integração total: avião, BRT, ônibus, metrô, táxi, bicicletas e até pedestres. A busca de mobilidade não deve competir por espaços e sim integrá-los (LERNER, 2009). Portanto, a hipótese de valorizar a divisão modal como fator contribuinte ao meio ambiente é comprovada nesta Tese.

Preocupar-se com o meio ambiente é vantagem para todos. Para as empresas é um

diferencial, uma vez que as grandes cidades do mundo já fazem o monitoramento da qualidade do ar em áreas aeroportuárias. Isto demonstra uma preocupação e uma contribuição no desenvolvimento sustentável. Desta forma as empresas ganham *status* no mercado e podem ser consideradas inseridas nos padrões ambientais de qualidade internacional. Para a população, a melhoria se traduz em melhor qualidade de vida. A acessibilidade é um quesito que agrega qualidade para o aeroporto, podendo trazer melhorias, inclusive econômicas.

Como conclusão final, o objetivo de definir um procedimento que ajude a analisar a qualidade do ar de um aeroporto foi atingido. Destacar as peculiaridades de cada etapa ratifica a necessidade de se investir em análises específicas para a realidade brasileira, tal como o procedimento proposto aborda.

Ainda que alguns cálculos tenham sido simplificados no estudo de caso, devido à falta de dados disponíveis, este trabalho desperta a necessidade e o interesse no desenvolvimento de pesquisas nesta área.

## 7.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

No Brasil não há uma cultura de investimento à pesquisa, o que resulta em poucas fontes para o desenvolvimento de trabalhos e, conseqüentemente, pouca base para o incremento de novas tecnologias. Outrossim, há uma carência em estudos, que pesquisem a relação entre sistema aeroportuário e meio ambiente e, entre estes e a divisão modal na região onde está inserido.

Por isso, pode-se afirmar que a obtenção de dados é um grande obstáculo para análises desta natureza. As dificuldades foram encontradas ao longo de todo o processo de coleta de dados.

Na caracterização do aeroporto e deste como PGV, observou-se a complexidade

envolvida nesta análise, além da necessidade de taxas e modelos de geração de viagens compatíveis com as nossas especificidades. Esta abordagem voltada para a nossa cultura também é percebida na delimitação da área de estudo. Percebe-se entre os artigos pesquisados a relação direta da região onde o aeroporto está inserido e sua área de influência. Às vezes uma mesma localidade possui vários aeroportos que concorrem entre si, outras vezes, muito comum no caso brasileiro, existe um único aeroporto que atrai usuários inclusive de outras cidades. Esta relação dificulta o processo de delimitação de um estudo deste porte.

A determinação e a estimativa da qualidade do ar dependem da magnitude do impacto aeroportuário. No entanto, os inventários de emissões atmosféricas até hoje realizados no Brasil são incapazes de dar informações detalhadas sobre as contribuições de cada fonte de forma a permitir o estabelecimento de cada responsável de maneira confiável. Este problema ocorre, principalmente, em países em desenvolvimento, devido à falta de recursos disponíveis não só para o monitoramento da qualidade do ar quanto para os inventários que estão aquém do ideal (MENDES, 2004).

Outro fator limitante foi a não divulgação em detalhes de modelos e procedimentos para que se pudessem analisar, de maneira completa, as ferramentas já exploradas por alguns administradores aeroportuários em nível internacional.

Observou-se durante a análise do sistema de transportes que, além de racionalização, o sistema como um todo carece de informações para a realização de um diagnóstico preciso: “Cidades grandes, como o Rio de Janeiro, precisam de um transporte de massa eficiente e integrado. Os ônibus deveriam alimentar e complementar os ramais metroviário e ferroviário, o que reduziria os engarrafamentos. Infelizmente, estamos longe disso”. Na cidade onde está situado o objeto de estudo deste trabalho há algumas discrepâncias no setor de transportes de maior capacidade

quando se compara com outras cidades do mesmo continente. Santiago, por exemplo, inaugurou 26 novas estações de metrô em cinco anos - quase cinco a cada ano. No mesmo período, o Rio de Janeiro ganhou apenas duas, Cantagalo/Copacabana e General Osório/Ipanema. São dois milhões de chilenos transportados por dia contra 550 mil pelo metrô no Rio (ROCHA et al., 2010). Ou seja, interesses políticos de um lado e falta de informação do outro são problemas que a cidade também enfrenta e estes estão além do escopo deste trabalho.

Entretanto, é importante destacar que as limitações encontradas para o desenvolvimento deste trabalho pode se transformar em incentivos para estudos futuros.

## 7.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta Tese foi um passo no campo da pesquisa neste setor. Muito trabalho ainda pode e deve ser desenvolvido neste sentido.

É importante destacar que as etapas propostas não são estanques, uma vez que elas se relacionam entre si. Contudo, há a necessidade em explorar pesquisas que possam não só aprofundar as questões aqui levantadas, mas desenvolver novas idéias na relação sistema aeroportuário e meio ambiente no Brasil.

1. Aperfeiçoar o procedimento - criar níveis de detalhamento. Esta Tese se limitou a aeroportos internacionais, mas seria interessante ter estudos voltados para aeroportos regionais ou que funcionam como ponte aérea, caso do Aeroporto Santos Dumont, que possui movimento significativo de passageiros e está localizado em centro densamente urbanizado,
2. Pesquisar *in loco*, utilizando questionários, para avaliar a possibilidade da transferência modal dos usuários do aeroporto;
3. Verificar a viabilidade econômica entre os modais rodoviários e os metro-

ferroviários no que diz respeito à sustentabilidade.

Estudos da *American Public Transportation Authority* (APTA) mostram que o transporte de maior capacidade pode reduzir em até 95% os níveis de emissão de CO e, aproximadamente, 50% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e NO<sub>x</sub> por passageiro transportado quando comparados aos veículos privados (SMITH, 2010). A emissão destes poluentes é preocupante, pois afeta a qualidade do ar e influencia no aquecimento global.

O impacto ambiental e operacional de uma unidade aeroportuária, seja positivo ou negativo, não se restringe aos efeitos gerados na própria região afetada, mas também no sistema nacional aeroportuário, no Sistema de Aviação Civil, na economia dos Governos Federal e Estadual, nas empresas de transporte aéreo, nas empresas particulares de modo geral e no desenvolvimento de toda uma comunidade. Por isso, deve ser de interesse de todos a manutenção da capacidade operacional de um sistema deste porte em consonância com a capacidade ambiental da região, de forma que os benefícios sejam extensivos a todos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. A., 2003. **Avaliação do potencial de redução de emissões de poluentes atmosféricos através da implantação de programas de inspeção e manutenção de veículos.** Dissertação de M. Sc., COPPE/PET/UFRJ. Brasil.

ACI – Airports Council International, 2010. **Passenger & Cargo Traffic.** Disponível em: <<http://www.airports.org>> Acesso em: 14/05/2010.

ADAMKIEWICZ, G; HSU, HSIAO-HSUEN; VALLARINO, J.; MELLY, S. J.; PENGLER, J. D.; LEVY, J. I., 2010. **Nitrogen dioxide concentrations in neighborhoods adjacent to a commercial airport: a land use regression modeling study.** Environmental Health. BioMed Central, USA.

AENA – Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, 2008. **Tráfico de pasajeros, operaciones y carga en los aeropuertos españoles.** Disponível em: <<http://www.aena.es>> Acesso em: 12/05/2010.

AÉROPORT DE PARIS, 2007. **Rapport environnement et citoyenneté.** Disponível em : <<http://www.aeroportsdeparis.fr>> Acesso em: 15/01/2009.

\_\_\_\_\_, 2008. **Rapport environnement et citoyenneté – notre politique nos actions.** Disponível em : <<http://www.aeroportsdeparis.fr>> Acesso em: 15/01/2009.

AIRFRANCE, 2005. **Sustainability report 2004/5.** France.

AIRPARIF, 2009. **Surveillance et Qualité de l'air en Ile de France.** Disponível em: <<http://www.airparif.asso.fr>> Acesso em : 4/9/2009.

ALMEIDA, I. T., 1999. **A Poluição Atmosférica por Material Particulado na Mineração a Céu Aberto.** Dissertação de M. Sc., Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Brasil.

ALMEIDA, A. F. S, 2006. **A importância dos biocombustíveis na matriz energética de transporte rodoviário do Brasil.** Dissertação de M. Sc., PET/COPPE/UFRJ. Brasil.

ALVAREZ, R., 2010. **As muitas urgências do Brasil.** O País. O Globo. p.17. 04/07.

ALVES, B. B., 2005. **A importância da variabilidade do tempo de viagem no acesso terrestre a aeroportos: estudo de caso do Aeroporto Internacional André Franco Montoro.** São Paulo.

ANB - Aviação Naval Brasileira, 2010. **Reorganização da Aviação Naval na década de vinte - da Ilha das Enxadas à Ponta do Galeão.** Disponível em: <<http://www.naval.com.br>> Acesso em: 26/08/2010.

ANDRADE, F., 2004. **Gerenciamento dos Impactos Ambientais no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos.** Jun. Disponível em: <<http://www2.ita.br>> Acesso em: 26/06/2005.

ANDRADE, E. P., PORTUGAL, L. S., 2010. **Checking the validity of the ITE trip generation models for Brazilian shopping centers.** ITE Journal.

ANICETO, C. A., 2010. **Avaliação de Impactes Urbanísticos do Novo Aeroporto de Lisboa na Península de Setúbal Nascente.** Dissertação de M. Sc. Faculdade de Ciências Sórias e Humanas - Universidade Nova de Lisboa. Portugal.

ANTP - Associação Nacional dos Transportes Públicos, 1997. **Transporte Humano – Cidades com Qualidade de Vida.** Disponível em: <<http://portal.antp.org.br>> Acesso em: 25/07/2007.

\_\_\_\_\_, 2002. **O transporte público e o trânsito para uma cidade melhor.** Disponível em: <<http://portal.antp.org.br>> Acesso em: 26/08/2008.

\_\_\_\_\_, 2010. **Custo dos deslocamentos** Disponível em: <<http://portal.antp.org.br>> Acesso em: 10/01/2011.

ARIOTTI, P, CYBIS, H. B. B., 2002. **Estudo do tráfego e acessibilidade para a implantação de um pólo atrator de viagens.** Disponível em: <<http://seberi.propesq.ufrgs.br>> Acesso em: 05/04/2007.

ASHFORD, N. e WRIGHT, P. H., 1992. **Airport engineering.** 3<sup>rd</sup> Edition. U S.

BARBIERI, A. F., 2007. **Mobilidade populacional, meio ambiente e uso da terra em áreas de fronteira: uma abordagem multiescalar.** Revista Brasileira de Estudo Populacional. V.24, n°2, p225-246. São Paulo

BARBON, A., 2008. **Simulação das emissões atmosféricas sobre o município de Araucária com o uso do modelo AERMOD.** Dissertação de M. Sc. Universidade Positivo. Curitiba. Brasil.

BETING, G., 2005. **Aeroportos.** Disponível em: <<http://www.jetsite.com.br>> Acesso em: 23/7/2005

BERNARDES, C., 2006. **Urbanização dispersa novas formas de tecido urbano – papel do empresário imobiliário.** Disponível em: <<http://www.secovi.com.br>> Acesso em: 10/05/2007.

BOB, 2001. **Benchmarking passenger accessibility to airports.** Disponível em: <<http://www.besttransport.org>> Acesso em: 19/03/2010.

BRAGA, A. F., GUEDES, E. P., 2008. **Proposta de cálculo da acessibilidade em aeroportos com o uso de sistemas de informações geográficas.** VII Sitraer – Simpósio de Transporte Aéreo, 26-28 novembro, pp. 494-505. Rio de Janeiro.

BRASIL, 1990 Resolução CONAMA n° 003, de 28 de junho de 1990. Estabelece os padrões primários e secundários de qualidade do ar e ainda os critérios para episódios agudos de poluição do ar. Diário Oficial da União, Brasília.

\_\_\_\_\_, 2010. Município volta a monitorar a qualidade do ar. **O Globo**, Rio de Janeiro.

Disponível em: <<http://oglobo.globo.com>> Acesso em:07/05/2010

CABRAL, S. D., 2004. **Análise dos Impactos de Medidas de Engenharia de Tráfego no Padrão de Emissões Veiculares de Poluentes – uma abordagem microscópica.** Tese de D. Sc., COPPE/PET/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

CÁCERES, A. M., PÉREZ-MARTÍNEZ, P. J., 2010. **La Eficiencia Energética y Ambiental de los Modos de Transporte en España.** XVI PANAM, July, Lisboa, Portugal.

CALDAS, T. C. M, 2008. Integração urbana de aeroportos, um desafio para o planejamento. VII SITRAER - Simpósio de Transporte Aéreo. 26-28 de novembro. Rio de Janeiro. pp327-333.

CARARO, J. F. J., 2005. **Roteiro para formação de preço de venda de projetos e serviços técnicos para escritórios de arquitetura.** M. Sc. Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba - Brasil.

CARSE, A., 2011. **Assessment of transport quality of life as an alternative transport appraisal technique.** Journal of Transport and Geography. Elsevier.

CARSLAW, D. C.; BEEVERS, S. D.; ROPKINS, K.; BELL, M. C., 2006. **Detecting and quantifying aircraft and other on-airport contributions to ambient nitrogen oxides in the vicinity of a large international airport.** Atmospheric Environment 40. Elsevier. pp. 5424-5434.

CASTRO, C.F.C, STRAMBI, O., 2008. **Avaliação de emissões veiculares em corredores de ônibus: estudo antes e depois utilizando o modelo IVE.** In: XXII ANPET, Fortaleza, CE/Brasil.

CAVALCANTE, A. P. F., 2002. **Metodologia de previsão de viagens a pólo gerador de tráfego de uso misto: estudo de caso para a cidade de Fortaleza.** Dissertação de M. Sc. COPPE/PET/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

CDG EXPRESS, 2003. **Projet de Liaison ferroviaire dédiée entre Paris et l'aéroport Roissy CDG.** Dossier du maître d'ouvrage. Débat Public. Disponível em: <<http://www.debatpublic-cdgexpress.org>> Acesso em: 24/04/2009.

CENTROCLIMA, 2007. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa do estado do Rio de Janeiro.** Centro de Estudos Integrados Sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas. Disponível em: <<http://www.centroclima.org.br>> Acesso em: 23/02/2010.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2004. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo - 2003.** São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em: 15/02/2005.

\_\_\_\_\_, 2009. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo - 2009.** São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em: 02/01/2011.

COELHO, P. I. S., PORTUGAL, L. S., RIBEIRO, S. K., 2007. **Proposta de um**

**Procedimento de Análise de Aeroporto como Pólo Gerador de Viagem (PGV).** XVIII ANPET. Rio de Janeiro, Brasil.

COOK, R., TOUMA, J. S., BEIDLER, A., STRUM, E., 2006. **Preparing highway emissions inventories for urban scale modeling: a case study in Philadelphia.** Transport Research Part D 11 pp. 396-407.

CUNHA, R. F. F., 2009. **Uma sistemática de avaliação e aprovação de projetos de pólos geradores de viagens (PGVs).** Dissertação de M. Sc., COPPE/PET/UFRJ. Brasil.

CYBIS, H. B. B., ARIOTTI, P., 2010. **Abordagem Híbrida de Modelagem de Tráfego para Estimativa de Emissões.** XVI PANAM, July, Lisboa, Portugal.

DAL PRÁ, F., VENTURIERI, J., DOLZAN, M., 2008. **O Ecourbanismo e a Sustentabilidade.** Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina.

DE LA BARRA, T., CASTRO, M. A. G., 2010. **Sistema TRANUS - Modelagem Integrada de Uso do Solo e Transportes.** Modelística.

DERRIBLE, S., SANEINEJAD, S., SUGAR, L., KENNEDY, C., 2010. **Macroscopic greenhouse-gases emissions model of urban transportation for municipalities.** TRB 2010 Annual Meeting CD-room.

DIARIODONE, 2008. **Transporte limpo dá qualidade ao ar.** Disponível em: <<http://diariodonordeste.globo.com>> Acesso em: 29/10/2008.

DOLL, C., KRAIL, M., FRÖHLING, M., HIETE, M., 2010. **Measures and instruments for emission reduction in transport-findings from the Otello project.** 12<sup>th</sup> WCTR. Lisboa-Portugal.

DUARTE, M. S. F. C., 2008. **O transporte aéreo e o ordenamento do território - Contribuição para a problemática portuguesa face à globalização.** Dissertação de M. Sc. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Portugal.

DUCHENE, N., CELIKEL, A., FULLER, I., FLEUTI, E., HOFMANN, P., 2005. **Airport Local Air Quality Modelling: Zurich airport emissions inventory using three methodologies.** IX Air Transport Research Society World Conference. Rio de Janeiro, Brasil, 3-7 Julho.

DURÃES, A., 2010. **Projeto da UFRJ propõe alternativa à demolição do Elevado da Perimetral.** Olhar Virtual. Disponível em: <<http://www.olharvirtual.ufrj.br>> Acesso em: 25/08/2010.

ENGEVIX, 2003. **Plano de desenvolvimento do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro/Galeão – Antonio Carlos Jobim.** Infraero, Rio de Janeiro. 218p. Brasil.

ENVIRON, 2008. **Detailed Air Quality Evaluation – Final Report.** USA. Disponível em: <<http://www.envirocorp.com>> Acesso em: 10/05/2010.

ENVIRONNEMENT, 2004. **Qualité de l'air.** Disponível em: <<http://environnement.toulouse.aeroport.fr>> Acesso em: 21/1/2005.

ESPIRITO SANTO Jr, R. A., 2003. **Transportes Aéreos.** Apostila de notas de aula da Escola politécnica – Departamento de Engenharia de Transporte/Universidade Federal do Rio de Janeiro.Brasil

FABUREL, G., CHATELAIN, F., GOBERT, J., LÉVY, L., MANOLA, T., MIKIKI, F., ZEGAGH, D., 2006. **Les effets des trafics aériens autour des aéroports franciliens – Tome 1: Etat de savoirs et des méthodes d'évaluation sur les thèmes d'environnement. Séminaires d'échanges sur les connaissances scientifiques et sur les indicateurs pour l'aide à la décision.** CRETEIL. Université de Paris XII – Val de Marne.

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 2004. **Inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos da região metropolitana do Rio de Janeiro.** Maio. Disponível em: <<http://www.feema.rj.gov.br>> Acesso em: 23/10/2004.

\_\_\_\_\_, 2005. **Inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos da região metropolitana do Rio de Janeiro.** Maio. Disponível em: <<http://www.feema.rj.gov.br>> Acesso em: 22/09/2005.

\_\_\_\_\_, 2007. **Inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos da região metropolitana do Rio de Janeiro.** Disponível em: <<http://www.feema.rj.gov.br>> Acesso em: 23/03/2008.

FIGUEREDO FERRAZ – Consultoria e Engenharia de Projetos Ltda., 2003. RIMA – Relatório de Impacto Ambiental, referente ao projeto de modernização e ampliação do aeroporto Santos Dumont.

FIRJAN, 2010. **Desafios do Rio de Janeiro para a Copa do Mundo de 2014 e os Jogos Olímpicos de 2016: transporte.** Nota técnica nº1. Gerência de infraestrutura e novos investimentos. Disponível em: <<http://www.firjan.org.br>> Acesso em: 27/05/2010.

FRAPORT, 2009. **Expansion of Frankfurt Airport.** Disponível em: <<http://www.ausbau.fraport.com>> Acesso em: 6/10/2009.

GEF – Global Environment Facility, 2009. **Investing in sustainable urban transport.** Disponível em: <<http://www.theGEF.org>> Acesso em: 26/03/2010.

GELHAUSEN, M. Ch., WILKEN, D., 2006. **Airport and Access Mode Choice - A Generalized Nested Logit Model Approach.** 10<sup>th</sup> Air Transport Research Society Conference in Nagoya, Japan.

GOLDNER, L.G., ANDRADE, L.G., 2001. **Uma Análise do Aeroporto Salgado Filho com um Pólo Gerador de Tráfego.** ANTP. Disponível em: <<http://redpgv.coppe.ufrj.br>> Acesso em: 05/05/2006.

\_\_\_\_\_, 2002. **Estudo do Estacionamento de Automóveis em Aeroportos: o caso do**

**Aeroporto Internacional de Florianópolis – Hercílio Luz.** ANTP. Disponível em: <<http://redpgv.coppe.ufrj.br>> Acesso em: 05/05/2006.

GOLDNER, L.G., GOLDNER, N., 2006. **Estudos dos padrões de viagens terrestres em dois aeroportos do sul do Brasil.** V SITRAER - Simpósio de Transporte Aéreo. São Paulo: EPUSP.

GONÇALVES, J. A. M., 2006. **Contribuição à análise quantitativa das potencialidades do trem de passageiros em integrar a estrutura urbana.** Tede de D. Sc. Programa de Engenharia de Transportes. COPPE. UFRJ. Rio de Janeiro. Brasil.

GOMES, V. A., FARIA, C. A., 2008. **Avaliação da poluição atmosférica devido ao fluxo de veículos em cidades de pequeno porte.** CLATPU.

GOOGLE EARTH, 2010. **Aplicativo para vista aérea.** Disponível em: <<http://earth.google.com>> Acesso em: 07/05/2010.

GUANDELIN, L., 2009. Dia mundial sem carro – poluição já responde por 8% das mortes de cancer de pulmão em SP. **O Globo.** Disponível em: <<http://oglobo.globo.com>> Acesso em: 22/09/2009

GUEDES, E. P., 2008. **Planejamento dinâmico de aeroportos.** VII SITRAER - Simpósio de Transporte Aéreo. Rio de Janeiro, Brasil.

HEATHROW AIRPORT, 2009. **Heathrow at a glance.** Disponível em: <<http://www.heathrowairport.com>> Acesso em: 6/10/2009.

HUMPHREYS, I. e ISON, S., 2002. **Planning for sustainability: the role of airport surface access strategies as a means of reducing car dependency for airport access trips.** Loughborough University. UK. Disponível em: <<http://www.etcproceedings.org>> Acesso em: 13/03/2009.

\_\_\_\_\_, 2005. **Changing airport employee travel behavior: the role of airport surface access strategies.** Transport policy 12 pp.1-9. Elsevier.

HU, S.; FRUIN, S.; KOZAWA, K.; MARA, S.; WINER, A. M.; PAULSON, S., 2009. **Neighborhood Adjacent to a General Aviation Airport in Southern California.** Environ. Sci. Technol. 43, pp. 8039–8045.

IAC – Instituto de Aviação Civil, (2000). **Planejamento Urbano no Entorno de Aeroportos.** Estudos Ambientais em Aeroportos.

IACD – Inter-American Agency for Cooperations and Development, 2006. **Os sistemas de transportes.** Grupo E – Aspectos organizacionais. Disponível em: <<http://www.sistemaredes.org.br>> Acesso em: 24/03/10

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. **Frota rodoviária do Rio de Janeiro.** Código:330455. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 27/05/2010.

ICAO – International Civil Aviation Organization, 2007. **Airport Air Quality Guidance Manual**. Disponível em: <<http://www.icao.int>> Acesso em: 28/03/2010.

IEA – International Energy Agency, 2009. **CO<sub>2</sub> Emissions from fuel combustion – Highlights**. IEA Statistics. Paris, France.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente, 2008. **Relatório anual de qualidade do ar**. Rio de Janeiro, RJ.

\_\_\_\_\_, 2009. **Relatório anual de qualidade do ar**. Rio de Janeiro, RJ.

INFRAERO, 2005. **Manual de Planejamento Aeroportuário da Boeing**.

\_\_\_\_\_, 2010. **Movimento nos aeroportos**. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br>> Acesso em: 16/5/2010.

\_\_\_\_\_, 2009. **Aeroportos**. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br>> Acesso em: 15/4/2009.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. **Fourth Assessment Report: climate change**. Cambridge, New York: Cambridge University Press.

ITDP - Institute for Transportation & Development Policy, 2008. **Manual de BRT - Bus Rapid Transit: Guia de Planejamento**. Ministério das Cidades. Brasília.

ITE – Institute of Transport Engineers, 2005. **Transportation Impact Analysis for Site Development de 2005**. Washington D.C.

\_\_\_\_\_, 2008. **Trip Generation - an ITE Information Report**. 8<sup>th</sup> Edition. Volume 2 of 3.

JACONDINO, G. B., 2005. **Quantificação das Emissões Veiculares Através do Uso de Simuladores de Tráfego**. Dissertação de M. Sc., PPGEP/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

JANIC, M., 2003. **Modelling operational, economic and environmental performance of an air transport network**. Transportation Research Part D8 pp.415-432.

JONES, R., 2004. **An innovative surface access strategy for a major UK Airport**. West Sussex County Council. UK. Disponível em: <<http://www.etcproceedings.org>> Acesso em: 13/03/2009.

LANDSBERG, H. E., 2006. O clima das cidades. Revista do departamento de geografia, 18. pp95-111.

LARRAÑAGA, A. M., CYBIS, H. B. B., 2010. **Impacto da estrutura urbana na escolha modal: evidências de Porto Alegre**. XXIV ANPET. Salvador, Bahia.

LEHRER, H. R., FEEMAN, A., 1998. **Intermodal airport-to-city-center passenger transportation at the 20 largest U.S. air carrier airport: the past, present and**

- future.** Journal of Air Transportation World Wide, vol.3 n.1, pp12-23.
- LEMOS, L. M., 2008. **The global and the local in a reticular logic.** OIKOS, Vol.7, n°1. Revista de Economia Heterodoxa. CCJE/UFRJ.
- LERNER, J., 2009. **Avaliação comparativa das modalidades dos transportes públicos urbanos.** NTU - Arquitetos Associados.
- LIMA, R. S., 2003. **Bases para uma metodologia de apoio à decisão para serviços de educação e saúde sob a ótica dos transportes.** Tese de D. Sc. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.
- LIN, H. Z., TSANG, F. K., LO, H. K., 2010. **Mass transit development and emissions: Hong Kong case study.** 12<sup>th</sup> WCTR. Julho. Lisboa, Portugal.
- LITMAN, T., 2009. **Smart transportation economic stimulation - infrastructure investments that support strategic planning objectives provide true economic developmente.** Victory Transport Policy Institute.
- \_\_\_\_\_, 2010. **The future isn't what it used to be: changing trends and their implications for transport planning.** Victory Transport Policy Institute.
- LOO, B. P. Y., 2008. **Passengers' airport choice within multi-airport regions (MARs): some insights from a stated preference survey at Hong Kong International Airport.** Journal of Transport Geography. 16 pp. 117-125. Elsevier.
- LOPES FILHO, J. I. O., 2003. **Pós-avaliação da previsão de demanda por transportes no município de Fortaleza.** Dissertação de M. Sc. PET/CT/UFC. Fortaleza, Ceará.
- LORA, E. E. S., 2000. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte.** Brasília, DF: ANEEL.
- LOUREIRO, L. N., 2005, **Panorâmica sobre emissões atmosféricas, estudo de caso: avaliação do inventário de emissões atmosféricas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.** Dissertação de M.Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- KASARDA, J. D., 2008. **The evolution of airport cities and the aerotropolis in: airport cities.** The Evolution, Insight Media, London.
- KELESOGLU, C. T. F, 2008. **A influência do tráfego urbano na qualidade do ar do Rio de Janeiro - o caso do ozônio troposférico.** Dissertação de M. Sc., PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- KHANNA, P., JAIN, S., SHARMA, P., MISHRA, S., 2011. **Impact of increasing mass transit share on energy use and emissions from transport sector for National Capital Territory of Delhi.** Transport Research D 16, pp65-72.
- KIM, Y., LEE, S., LEE, S., 2010. **GIS based urban air quality model: the case of NO<sub>2</sub>.** WCTR 12<sup>th</sup>, Lisboa-Portugal.

KNEIB, E. C., 2004 **Caracterização de Empreendimentos Geradores de Viagens: Contribuição Conceitual à Análise de seus Impactos no Uso, Ocupação e Valorização do Solo Urbano**. Dissertação de M. Sc., ENC/FT, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

KNEIB, E. C., SILVA, P. C. M., 2005. **Caracterização de Empreendimentos Geradores de Viagens: Contribuição Conceitual à Análise de seus Impactos no Uso e Ocupação do Solo Urbano**. In: XIX ANPET, v. I, pp. 792-803, Recife.

KNEIB, E. C., TEDESCO, G. M. I., 2010. **A Busca da Sustentabilidade Energético-Ambiental do Sistema de Transporte público Coletivo para o Brasil**. XVI PANAM, July. Lisboa, Portugal.

KNEIB, E. C., ANDRADE, D. L. E., PALHARES, M., 2010. **Cadernos Pólos Geradores de Viagens - orientados à qualidade de vida e ambiental**. Disponível em: <<http://redpgv.coppe.ufrj.br>> Acesso em: 02/01/2011.

KOTA, S. H., YING, Q., ZHANG, Y., 2010. **TAMNROM-3D: a three-dimensional Eulerian model to simulate air quality near highways**. TRB 2010 annual Meeting CD-room.

MÄÄTTÄ-JUNTUNEN, H., ANTIKAINEN, H., KOTAVAARA, O., RUSANEN, J., 2011. **Using GIS tools to estimate CO2 emissions related to the accessibility of large retail stores in the Oulu region, Finland**. Journal of Transport and Geography 19, pp346-354. Elsevier.

MACARIO, R., 2008. **Operating the system: public transport**. 4<sup>th</sup> training course on urban mobility systems. TRANSPORTNET. Lisboa, Portugal.

MAGAGNIN, R. C., 2008. **Um sistema de suporte à decisão na internet para o planejamento da mobilidade urbana**. Tese D. Sc. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

MAHAMOD, M. M., AREM, B. V., PUEBOOBPAPHAN, R., IGAMBERDIEV, M., 2010. **Modeling reduced traffic emissions in urban areas: the impact of demand control, banning heavy duty vehicles, speed restriction and adaptive cruise control**. TRB 2010 Annual Meeting CD-room.

MAHENDRA, S. P., 2010. **Air quality deterioration due to road traffic**. TRB 2010 Annual Meeting CD-room.

MAMEDE, D. A., ALVES, C. J. P., 2009. **Estudo sobre a acessibilidade de aeroportos no Brasil**. Anais do 15º Encontro de Iniciação científica e pós-graduação do ITA - XV ENCITA, São José dos Campos, SP, outubro 19-22.

MAMUN, M. S., YIN, Y., SRINIVASAN, S., 2010. **Trip Generation Characteristics of Special Generators**. Transportation Research Center. University of Florida.

MANCHESTER AIRPORT, 2006. **Ground Transport Strategy – Part of the Manchester Airport Master Plan to 2030**. Disponível em:

<<http://www.manchesterairport.co.uk>> Acesso em: 19/03/2007.

MARQUEZ, E. M., 2006. **A intermodalidade Aero-ferroviária no Transporte de Passageiro Existente na Aeroporto de Frankfurt-Alemanha e Sugestão de Aplicação deste Modelo no Aeroporto de Guarulhos-Brasil.** Monografia Tecnologia em Logística. Centro Paula Souza. Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. SP - Brasil.

MARQUEIRO, P., 2010. **Um aeroporto à espera de comando.** Disponível em: <<http://oglobo.globo.com>> Acesso em: 1/08/2010

MATISZIW, T. C., GRUBESIC, T. H., 2010. **Evaluating locational accessibility to the US air transportation system.** Transportation Research Part A. Elsevier. pp710-722

MATISZIW, T.C., GRUBESIC, T.H., 2010. **A Spatial Analysis of Air Transport Access and the Essential Air Service Program in the United States.** Journal of Transport Geography.

MATTOS, L. B. R., 2001. **A Importância do Setor de Transportes na Emissão de Gases do Efeito Estufa – O caso do município do Rio de Janeiro.** Dissertação de M. Sc., COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

MENDES, F. E., 2004. **Avaliação de Programas de Controle de Poluição Atmosférica por Veículos Leves no Brasil.** Tese de D. Sc., PPE/COPPE/UFRJ. Brasil.

MENEZES, F. S. S., 2000. **Determinação da capacidade de tráfego de uma região a partir de seus níveis de poluição ambiental.** Dissertação de M. Sc., Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil.

MOREIRA, M. J., 2008. **O crescimento do setor de transporte aéreo e da infraestrutura aeroportuária.** VII SINTRAER – Simpósio de Transporte Aéreo. Rio de Janeiro. Brasil.

MOREIRA, D., TIRABASSI, T., 2004. **Modelo matemático de dispersão de poluentes na atmosfera: um instrumento técnico para a gestão ambiental.** Ambiente & Sociedade – Vol. VII, nº 2 jul/dez.

MOTTA, R. A., ABREU, A. A, RIBEIRO, S. K., 2010. **Benefícios ambientais em decorrência da implantação do sistema de transporte rápido e de alta capacidade de ônibus de Bogotá - o caso do Transmilênio.** Transporte em transformação XIV: trabalhos vencedores do prêmio CNT de produção acadêmica 2009. ANPET. Brasília. 220p.

MURRAY, A. 2009. **Gestion de la qualité de l'air aux aéroports.** Aéroport international de Vancouver – YVR. Workshop Fuel Emissions. Disponível em: <<http://www.icao.int>> Acesso em: 12/05/2010.

NAA – Narita Airport, 2006. **Environment Report.** Narita International Airport Corporation. Narita, Japão. Disponível em: <[www.naa.jp](http://www.naa.jp)> Acesso em: 01/10/2009.

NASCIMENTO, C, 2011. **Transcarioca dá origem a novo subúrbio.** O DIA - Rio.

Disponível em: <<http://odia.terra.com.br>> Acesso em: 26/03/2011.

NAER, 2006. **EPIA – Estudos Preliminares de Impacto Ambiental (OTA)**. Disponível em: <[www.naer.pt](http://www.naer.pt)> Acesso em: 21/03/2010.

NEUFVILLE, R., ODONI, A., 2003. **Airport Systems – planning, design and management**. Aviation week books. McGraw-Hill companies. USA.

NOVO AEROPORTO, 2004. **Qualidade do ar em Portugal**. Disponível em: <<http://www.naer.pt>> Acesso em: 15/03/2004.

OCAÑA, R., MUNDÓ, J., 2010. **Impacto Ambiental de un Nuevo Modelo de Sistema de Transporte Público para Caracas**. XVI PANAM, July. Lisboa, Portugal.

OLIVEIRA, L. G. A., 2003. **O Impacto do Setor de Transporte na Saúde Humana: o caso do material particulado da frota a diesel na cidade do Rio de Janeiro**. Dissertação de M. Sc., PET/COPPE/UFRJ. Brasil.

PENEDA, M. J. A., REIS, V. D., MACÁRIO, M. R. M. R., 2010. **Airport-Centered Urban Development: Concepts, Agents, and Critical Factors**. XXIV ANPET. Salvador, Brasil.

PORTUGAL, L. S., 2005. **Simulação de tráfego – Conceitos e Técnicas de Modelagem**. Ed. Interciência, Rio de Janeiro.

PORTUGAL, S. L. e GOLDNER, L. G., 2003. **Estudo de pólos geradores de tráfego e de seus impactos nos sistemas viários e de transportes**. RJ. Editora Edgard Blucher Ltda.

POSTORINO, M. N., 2010. **Development of Regional Airports - Theoretical analysis and case studies**. University of Reggio Calabria. Italy. WITPress.

PROCONVE – Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, 2004. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, IBAMA. 2 ed - atualizada., vol.I e II. Brasília. Coleção Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>> Acesso em: 16/05/2005.

PSARAKI, V., ABACOUKIN, C., 2002. **Access mode choice for relocated airports: the new Athens International Airport**. Journal of Air Transport Management 8, pp89-98.

QUALAR, 2009. **Agência Portuguesa do Ambiente**. Disponível em: <<http://www.qualar.org>> Acesso: 23/10/2009.

RATTON NETO, H. X., CURY, M. V. Q., CASTELLO BRANCO, J. E., 2006. **Sistema metroferroviário brasileiro - problemas e soluções**. 1º Edição. COPPE/UFRJ.

RE - Revista Ecológica, 2010. **Criado no Brasil, BRT invade o mundo**. Disponível em: <<http://www.revistaecologica.com>> Acesso em: 16/09/2010.

REAL, M. V., D'AGOSTO, M. A., RIBEIRO, S. K., 2001. **A contribuição aeroportuária na poluição atmosférica local: o caso do aeroporto internacional do Rio de Janeiro.** Disponível em: <<http://www.ivig.coppe.ufrj.br>> Acesso em: 15/04/2005.

REIS, M. M., 2004. **Ecoeficiência na Utilização de Recursos Hídricos em Aeroportos.** Dissertação de M. Sc., PET/COPPE/UFRJ. Brasil.

REYMOND, Y., 2003. **Urban transport and air pollution in Bogotá, Colombia.** In: 3rd Swiss Transport Research Conference. Monte Verità/Ascona, March 19-21. Disponível em: <[http://www.mobility-bovy.ch/yves\\_strc03.pdf](http://www.mobility-bovy.ch/yves_strc03.pdf)> Acesso em: 05/04/2007.

REYNOLDS-FEIGHAN, A. J., BUTTON, K. J., 1999. **An assessment of the capacity and congestion levels at European airports.** Journal of Air Transport Management. 5 pp113-134.

RIBEIRO, S. K., REAL, M. V., GUIMARÃES, L. F. P., D'AGOSTO, M. A., 2001. **Plano de ação para a redução de emissão de poluentes atmosféricos em aeroportos – Relatório COPPE/IVIG.** Aplicação do aeroporto internacional do Rio de Janeiro Antonio Carlos Jobim – Galeão.

RIBEIRO, S. K. 2006. **A influência de aeroportos na qualidade de ar em grandes cidades.** Edição 3. Disponível em: <<http://www.mbcursos.com.br>> Acesso em: 22/03/2010.

RIBEIRO, S. K. 2007. **A importância do setor de transportes no Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC.** Transportes. Vol XV, nº1, p.5.

ROCHA, C., MOTTA, C., VASCONCELLOS, F., 2010. Caminhos da América. **O Globo.** Disponível em:<<http://www.oglobo.globo.com>> Acesso em: 20/03/2010.

ROGERS, H. L., et al, 2002. **The impacts of aviation on the atmosphere.** The Aeronautical Journal. Feb. pp.1-84

ROMANI, C., SALVADOR, A., SOARES, R., 2010. Entre o céu e o inferno. **Especial VEJA.** pp 68-77. Ed. 2159 ano 43 nº 14. Editora Abril.

ROSA, M. V. F., OBELHEIRO, M. R., BOTTESINI, G. E LINDAU, L. A., 2008. **Estimando as emissões atuais e futuras do transporte urbano no Brasil.** LASTRAN, UFRGS. Rio Grande do Sul, Brasil.

RUHL, T. A., TRNAVSKIS, B., 1998. **Airport trip generation.** ITE Journal. Washington D.C.

SANEINEJAD, S., KENNEDY, C., ROORDA, M. J., 2010. **Assessing the Impact of Weather and Climate Change on Commuter Trip Behaviour in Toronto.** XVI PANAM, July. Lisboa, Portugal.

SANTOS, E. A., 2010. **Evaluation of the airports role in the promotion of scale interactions between territories spaces landscapes and environments and its impacts on the land use and occupation surrounding Brazilian airports areas: a contribution to the urban-environmental planning and environment planning on airport surroundings.** 12<sup>th</sup> WCTR, julho 11-15. Lisboa, Portugal.

SANTOS, L. S., 2009. **Análise da influência da variação espacial da oferta de um modo de transporte público urbano no comportamento de viagens de seus usuários.** Dissertação de M. Sc. Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília.

SANTOS, M. A., 2003. Poluição ambiental. In: GUIMARÃES, M.; SANTOS, M. A. **Introdução ao estudo das ciências ambientais.** Unigranrio. Duque de Caxias, Rio de Janeiro, p151-188.

SEA - Strategic Environmental Assessment, 2006. **The SEA Manual – a sourcebook on strategic environmental assessment of transport infrastructure plans and programs.** European Commission, DG Tren. Disponível em: <<http://www.transport-sea.net>> Acesso em: 01/04/2007.

SETRAN – Secretaria de Estado de Transportes, 2010. **O potencial econômico dos aeroportos: experiências mundiais.** Disponível em: <<http://www.sectran.rj.gov.br>> Acesso em: 12/03/2010

SHAPIRO, R. J., HASSET, K. A. e ARNOLD, F. S., 2002. **Conserving Energy and Preserving the Environment: the role of public transportation.** American Public Transportation Association.

SCHÜRMAN, G.; SCHÄFER, K.; JAHN, C.; HOFFMANN, H.; BAUERFEIND, M.; FLEUTI, E.; RAPPENGLÜCK, B., 2007. **The impact of NO<sub>x</sub>, CO and VOC emissions on the air quality of Zurich airport.** Atmospheric environment 41. Elsevier. pp 103-118.

SILVA, D. F. P., 2006. **Sistemas de Informação Geográfica para Transportes – uma aplicação aos transportes urbanos de Guimarães.** Dissertação de M. Sc. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa. Portugal.

SILVA, J. A., 2008. **Transport land-use interactions: using land use patterns to change travel behaviour.** 4<sup>th</sup> training course on urban mobility systems. TRANSPORTNET. Lisboa, Portugal.

SILVA, P. V. C., NEVES, J. M. J., FREITAS, L., PORTUGAL, L. S., 2009. **Base e Levantamento de Dados para a Determinação de Taxas de Geração de Viagens.** Disponível em: <<http://redpgv.coppe.ufrj.br>> Acesso em: 30/12/2010.

SILVA, T. C. C., SORRATINI, J. A., 2010. **A confiabilidade do transporte coletivo urbano em corredores estruturais de ônibus.** XXIII ANPET. 09-13 novembro. Ilha do Boi, Vitória/ES. Brasil.

SIMCO, 2005. **Engineering and Planning – Consulting Services.** NY. Disponível em:

<<http://www.simcopc.com> > Acesso em: 01/04/2007.

SIMÕES, A. F., 2003. **O Transporte Aéreo Brasileiro no Contexto de Mudanças Climáticas Globais. Emissões de CO<sub>2</sub> e Alternativas de Mitigação.** Tese de D. Sc., PET/COPPE/UFRJ. Brasil.

SIANENCO - Sindicato da Arquitetura e Engenharia, 2009. **Sistema BRT: trunfo do Rio na disputa pelas Olimpíadas 2016.** São Paulo.

\_\_\_\_\_, 2010. **O PAC da Copa do Mundo de 2014 - Arena e Mobilidade Urbana.** São Paulo.

SMIT, R., 2006. **An examination of congestion in road traffic emission models and their application to urban networks.** D. Sc. School of Environmental Planning. Faculty of Environmental Sciences. Griffith University.

SMITH, A., 2010. **Use public transportation to reduce air Pollution.** Disponível: <<http://www.doityourself.com>> Acesso em : 23/03/2010.

SMTR – Secretaria Municipal de Transportes, 2005. **Plano diretor de transportes da cidade do Rio de Janeiro.** Versão preliminar. Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_, 2010. **Estatísticas de Volume de Tráfego.** Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br>> Acesso em: 21/10/2010.

SOARES, U. P., 2006. **Procedimentos para a localização de terminais rodoviários interurbanos, interestaduais e internacionais de passageiros.** Dissertação de M. Sc., COPPE/PET/UFRJ. Brasil.

SOUZA, P. D., 2008. **Aspectos sócioambientais das propostas de expansão do Aeroporto de Viracopos, em Campinas, São Paulo.** Dissertação de M. Sc. PUC - Campinas, São Paulo, Brasil.

SRIVASTAVA, S. e SINHA, I. N., 2004. **Classification of air pollution dispersion models: a critical review.** National Seminar on Environmental Engineering with special emphasis on Mining Environment - NSEEME, 19-20, March. Indian School of Mines, Dhanbad.

STEVENS, N. J., 2006. **City Airports to Airport Cities.** Queensland Planner, 46 (1), pp37-47. Disponível em: <<http://eprints.qut.edu.au>> Acesso: 08/10/2009.

TEIXEIRA, M. A., AMORIM, C. N. D., 2005. **Avaliação ambiental para edifícios aeroportuários: elaboração de indicadores ambientais.** Disponível em: <<http://www.unb.br>> Acesso em: 10/05/2007.

TIRY, C., 2009. **Le mégastuctures du transport – typologie architecturale et urbaine des grandes équipements de la mobilité.** CERTU. Lyon/France.

TIWARI, G., 2008. **Public Transport Research challenges in India.** Department of Civil Engineering & Transportation Research and Injury Prevention Program, Indian Institute of Technology, Delhi.

TOBIAS, M. S. G., PAIVA JUNIOR, H., 2010. **Impacto de um novo serviço fluvial de transporte coletivo em Belém sobre a emissão de gases do efeito estufa e ruídos.** 12<sup>th</sup> WCTR. Julho. Lisboa, Portugal.

TOLFO, J. D., 2006. **Estudo Comparativo de Técnicas de Análise de Desempenho de Redes Viárias no Entorno de Pólos Geradores de Viagens.** Dissertação de M. Sc., PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

TOULOUSE, 2009. **Les sources de pollution.** Aéroport Toulouse-Blagnac. Disponível em: <<http://environnement.toulouse.aeroport.fr>> Acesso em: 02/12/2009.

TRANSOLUTIONS, 2002. **TRACS – Terminal, Roadway, and Curbside Simulation: airport landside analysis tools.** Disponível em: <<http://onlinepubs.trb.org>> Acesso em: 31/03/2007.

TRB - Transport Research Board, 2008. **Airport Ground Access Mode Choice Models.** ACRP - Airport Cooperative Research Program. Synthesis 5.

UNAL, A.; HU, Y.; CHANG, M. E. ; ODMAN, T. M.; RUSSELL, A. G., 2005. **Airport related emissions and impacts on air quality: application to the Atlanta International Airport.** Atmospheric environment 39. Elsevier. pp.5787-5798.

UPHAM, P., THOMAS, C., GILLINGWATER, D., RAPER, D., 2003. **Environmental capacity and airport operations: current issues and future prospects.** Journal of Air Transport Management. 9 pp145-151.

VARGAS, R. V., 2005. **Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos.** 6<sup>o</sup> Ed. Atual. Rio de Janeiro - BRASPORT.

VASCONCELOS, A. L. P., 2004. **Modelos de atribuição/simulação de tráfego: o impacto na qualidade dos resultados de erros no processo de modelação.** Dissertação de M. Sc. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Portugal.

VILANOVA, L. M., 2006. **SIRI – um novo simulador para redes de semáforos.** ANTP.

VILLAVICENCIO, J. R. R., BODMER, M., MARTINS, J., 2006. **Os clientes e seus critérios de escolha dos serviços de transporte público urbano.** XIII SIMPEP. Bauru, São Paulo. Brasil.

WAC - World Airport Codes, 2002. **UK's busiest airports.** Disponível em: <<http://www.world-airport-codes.com>> Acesso em: 27/10/2010.

WELLS, A. T., 2003. **Airport planning & management.** Fifth Edition. United States.

WHITELEGG, J. e CAMBRIDGE, H., 2004. **Aviation and Sustainability.** Jul. SEI - Stockholm Environment Institute.

YOSHINAGA, M., 2002. **Meio Ambiente: Guarulhos e Macaé, ou Infraero e**

**Petrobrás?** Minha cidade 040. (Jan). Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br>>  
Acesso em: 26/08/2005.

YU, K. N., CHEUNG, Y. P., CHEUNG, T., HENRY, R. C., 2004. **Identifying the impact of large urban airports on local air quality by nonparametric regression.** Atmospheric Environment. 38 pp 4501-4507.