

**TRÁFEGO, MONÓXIDO DE CARBONO E RUÍDO
EM ÁREAS URBANAS: O CASO DE FLORIANÓPOLIS**

GERALCY CARNEIRO DA SILVA

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Infra-Estrutura e Gerência Viária

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lenise Grando Goldner

Florianópolis

1998

GERALCY CARNEIRO DA SILVA

**TRÁFEGO, MONÓXIDO DE CARBONO E RUÍDO
EM ÁREAS URBANAS: O CASO DE FLORIANÓPOLIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

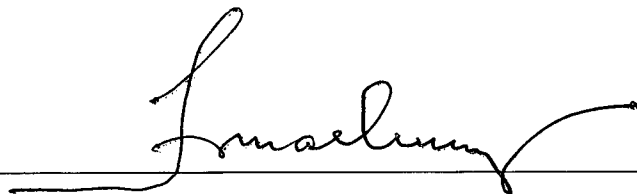
Florianópolis

1998

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 01 / 09 / 1998,

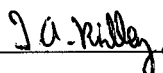
pela banca examinadora:



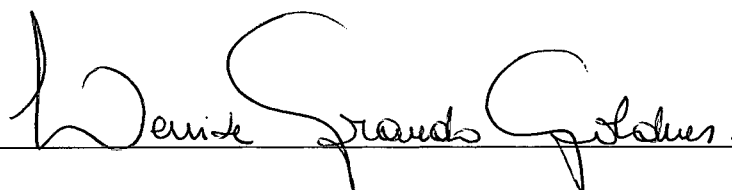
Prof. Ph.D. Ismael Ulysséa Neto - Presidente



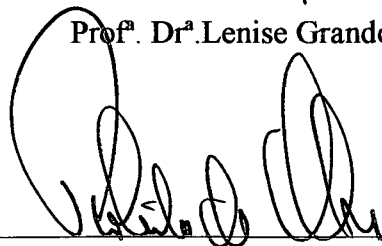
Profª. Drª. Sandra Sulamita Nahas Baasch



Pesq. Ph.D. Ian Alexander Ridley



Profª. Drª. Lenise Grando Goldner - Orientadora



Prof. Ph.D. Roberto de Oliveira - Coordenador do CPGEC

*Aos meus incansáveis colaboradores,
Geraldo (in memoriam), Doracy,
Ana e Gerson.*

AGRADECIMENTOS

- À Profª Lenise Grando Goldner, pela orientação dada através de sugestões, críticas, dedicação, cooperação, amizade e atenção que me foram dispensadas para realização deste trabalho.
- Aos Pesquisadores Ian Ridley e Ben Croxford - University College London, que gentilmente cederam, para esta pesquisa, o equipamento de medição de monóxido de carbono e, também, pela orientação dada durante a pesquisa, principalmente nos meses que estive em Londres - fevereiro, março e abril de 98.
- Aos Professores Rogério Ferreira e Samir Gerges - Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, por disponibilizar o medidor de níveis sonoros.
- À Universidade Federal de Roraima - UFRR, pelo apoio financeiro dado durante o mestrado.
- Aos amigos Rodolfo Philippi, Assis Villela, Irizete Menezes, Gihad Mohamad, Almir Neto, André Sagave, Marlene Ferreira, Fernanda Marchiori, Luciana Brandli, Marilei Menezes, Magda Telles, Olga e Antônio Azambuja, Ernesto e Evani Brandli, Antônio Carlos e Gloracy Silva, Igor e Steffani Castelo Branco, Leila Meneghetti, Sofia Machado, Ronaldo Ferreira, Marco (B&K), Lazinski (INMET) e Victor (UFMG), pelo apoio e incentivo prestados durante o desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	x
Lista de Abreviaturas e Siglas	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações Iniciais	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Justificativa	3
1.4. Estrutura do Trabalho	5
CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Considerações Iniciais	6
2.2. A Engenharia de Tráfego	6
2.3. O Desenvolvimento do Tráfego X Meio Ambiente	7
2.4. Impacto da Poluição Atmosférica	11
2.5. Impacto da Poluição Sonora	32
CAPÍTULO 3. METODOLOGIA	45
3.1. Considerações Iniciais	45
3.2. Características da Área de Pesquisa	46
3.3. Pontos de Estudo	47
3.4. Grandezas Adotadas	48
3.5. Coleta dos Dados	51
3.6. Instrumentos de Medição	52

CAPÍTULO 4. ANÁLISE DOS DADOS	54
4.1. Frota de Veículos	54
4.2. Variação da Temperatura, Umidade e Velocidade do Ar	55
4.3. Distribuição Diária do Tráfego	57
4.4. Distribuição Diária de Monóxido de Carbono	71
4.5. Distribuição Diária de Ruído	81
4.6. Relação entre o fluxo de veículos e o monóxido de carbono (CO)	91
4.7. Relação entre o fluxo de veículos e o nível equivalente de energia (Leq)	94
4.8. Modelo de Previsão para Monóxido de Carbono	97
4.9. Modelo de Previsão para Ruído	98
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	101
ANEXO A	104
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Áreas ambientais são áreas onde as considerações de meio ambiente predominam sobre o uso de veículos motorizados	10
Figura 2.2	Mecanismo de concentração de poluentes	12
Figura 2.3	Fontes de emissão de poluentes num veículo: os automóveis emitem vários tipos de poluentes e não apenas monóxido de carbono	14
Figura 2.4	Características da mistura de ar-combustível	16
Figura 2.5	O efeito da rugosidade da superfície na velocidade do vento	23
Figura 2.6	Dispersão em uma rua tipo desfiladeiro	24
Figura 2.7	Agitação do vento associada com a turbulência mecânica	25
Figura 2.8	Rosa de poluição de monóxido de carbono	26
Figura 2.9	Sistema de coordenadas mostrando as distribuições Gaussiana nas direções horizontal e vertical	29
Figura 2.10	Níveis de pressão sonora de várias fontes típicas, em dB e em μPa	37
Figura 2.11	Atenuação das fontes pontuais e em linhas	39
Figura 2.12	Curvas de ponderação A, B e C para medidas do nível de pressão sonora	40
Figura 2.13	Variação das fontes de ruído veicular com a velocidade	43
Figura 3.1	Localização da área de estudo	49
Figura 3.2	Medidor de nível sonoro e a posição para medição de ruído de tráfego	52
Figura 3.3	Medidor de monóxido de carbono e a posição para medição da concentração de monóxido de carbono de tráfego urbano	53
Figura 4.1	Composição da Frota de Veículos no Município de Florianópolis	54
Figura 4.2	Posição do ponto 01 na Rua Heitor Luz	57
Figura 4.3	Variação do fluxo de tráfego no ponto 01- Rua Heitor Luz	58
Figura 4.4	Posição do Ponto 02 – Rua Othon Gama D’Eça	59
Figura 4.5	Variação do fluxo de tráfego no Ponto 02 – Rua Othon Gama D’Eça	59
Figura 4.6	Posição do Ponto 03 - Av. Rio Branco	60
Figura 4.7	Variação do fluxo de tráfego no Ponto 03 - Av. Rio Branco	61
Figura 4.8	Posição do Ponto 04 na Av. Hercílio Luz	62
Figura 4.9	Variação do fluxo de tráfego no Ponto 04 - Av. Hercílio Luz	62
Figura 4.10	Posição do Ponto 05 no Terminal Urbano	63
Figura 4.11	Variação do fluxo de tráfego do Ponto 05 – Terminal Urbano	64

Figura 4.12	Posição do Ponto 06 - Rua Jerônimo Coelho	65
Figura 4.13	Variação do fluxo de tráfego no Ponto 06 – Rua Jerônimo Coelho	65
Figura 4.14	Posição do Ponto 07 na R. Pedro Demoro	66
Figura 4.15	Variação do fluxo de tráfego no Ponto 07 - R. Pedro Demoro	67
Figura 4.16	Posição do Ponto 08 na Rua Eurico Gaspar Dutra	68
Figura 4.17	Variação do fluxo de tráfego no Ponto 08 - R. Eurico Gaspar Dutra	68
Figura 4.18	Posição do Ponto 09 na Av. Ivo Silveira	69
Figura 4.19	Variação do fluxo de tráfego no Ponto 09	70
Figura 4.20	Distribuição diária de CO no ponto 01 - Rua Heitor Luz	72
Figura 4.21	Distribuição diária de CO no ponto 02 - Rua Othon Gama D'Eça	73
Figura 4.22	Distribuição diária de CO no ponto 03 - Av. Rio Branco	74
Figura 4.23	Distribuição diária de CO no ponto 04 - Av. Hercílio Luz	75
Figura 4.24	Distribuição diária de CO no ponto 05 - Terminal Urbano	76
Figura 4.25	Distribuição diária de CO no ponto 06 - Rua Jerônimo Coelho	77
Figura 4.26	Distribuição diária de CO no ponto 07 - Rua Pedro Demoro	78
Figura 4.27	Distribuição diária de CO no ponto 08 - Rua Eurico Gaspar Dutra	79
Figura 4.28	Distribuição diária de CO no ponto 09 - Av. Ivo Silveira	80
Figura 4.29	Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 01 - Rua Heitor Luz	82
Figura 4.30	Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 02 - Rua Othon Gama D'Eça	83
Figura 4.31	Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 03 - Av. Rio Branco	84
Figura 4.32	Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 04 - Av. Hercílio Luz	85
Figura 4.33	Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 05 - Terminal Urbano	86
Figura 4.34	Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 06 - Rua Jerônimo Coelho	87
Figura 4.35	Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 07 - Rua Pedro Demoro	88
Figura 4.36	Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 08 - Rua Eurico Gaspar Dutra	89
Figura 4.37	Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 09 - Av. Ivo Silveira	90
Figura 4.38	Comparação entre o fluxo de tráfego e o CO no ponto 01 - R. Heitor Luz	91
Figura 4.39	Comparação entre o fluxo de tráfego e o CO no ponto 02 - R. Othon Gama D'Eça	91
Figura 4.40	Comparação entre o fluxo de tráfego e o CO no ponto 03 - Av. Rio Branco	92

Figura 4.41	Comparação entre o fluxo de tráfego e o CO no ponto 04 - Av. Hercílio Luz	92
Figura 4.42	Comparação entre o fluxo de tráfego e o CO no ponto 05 - Terminal Urbano	92
Figura 4.43	Comparação entre o fluxo de tráfego e o CO no ponto 06 - R. Jerônimo Coelho	92
Figura 4.44	Comparação entre o fluxo de tráfego e o CO no ponto 07 - R. Pedro Demoro	93
Figura 4.45	Comparação entre o fluxo de tráfego e o CO no ponto 08 - R. Eurico G. Dutra	93
Figura 4.46	Comparação entre o fluxo de tráfego e o CO no ponto 09 - Av. Ivo Silveira	93
Figura 4.47	Comparação entre o fluxo de tráfego e o Leq no ponto 01 - R. Heitor Luz	94
Figura 4.48	Comparação entre o fluxo de tráfego e o Leq no ponto 02 - R. Othon Gama D'Eça	94
Figura 4.49	Comparação entre o fluxo de tráfego e o Leq no ponto 03 - Av. Rio Branco	95
Figura 4.50	Comparação entre o fluxo de tráfego e o Leq no ponto 04 - Av. Hercílio Luz	95
Figura 4.51	Comparação entre o fluxo de tráfego e o Leq no ponto 05 - Terminal Urbano	95
Figura 4.52	Comparação entre o fluxo de tráfego e o Leq no ponto 06 - R. Jerônimo Coelho	95
Figura 4.53	Comparação entre o fluxo de tráfego e o Leq no ponto 07 - R. Pedro Demoro	96
Figura 4.54	Comparação entre o fluxo de tráfego e o Leq no ponto 08 - R. Eurico G. Dutra	97
Figura 4.55	Comparação entre o fluxo de tráfego e o Leq no ponto 09 - Av. Ivo Silveira	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Massa emitida por tonelada de combustível	16
Tabela 2.2	Fatores médios de emissão de veículos brasileiros	17
Tabela 2.3	Contribuição relativa das fontes de poluição do ar em 1995	18
Tabela 2.4	Limites máximos de emissão de poluentes para veículos novos	21
Tabela 4.1a	Dados meteorológicos - Temperatura °C	55
Tabela 4.1b	Dados meteorológicos - Umidade relativa do ar (%)	56
Tabela 4.1c	Dados meteorológicos - velocidade do vento	56
Tabela 4.2	Padrões de qualidade do ar	71
Tabela 4.3	Níveis máximos de ruído	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
B&K	Bruel & Kjer
BS	British Standards
CO	Monóxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DB	Decibel
dB(A)	Decibel na curva de ponderação A
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito
DTWO	Department of Transport Welsh Office
ISSO	Internacional Standardization for Organization
L ₁₀	Nível de ruído excedido em 10% do tempo
L ₉₀	Nível de ruído excedido em 90% do tempo
Leq	Nível equivalente de energia
NBR	Norma Brasileira
NPS	Nível de Pressão Sonora
Ppm	Partes por milhão
TMG	Time of Meridian Greenwich
WHO	World Health Organization

RESUMO

SILVA, G. C. *Tráfego, monóxido de carbono e ruído em áreas urbanas: o caso de Florianópolis*. Florianópolis, 1998, 126p. - UFSC, Santa Catarina.

Esta pesquisa visa medir os níveis de ruído e monóxido de carbono gerados pelo tráfego da cidade de Florianópolis e compará-los com as normas vigentes sobre o assunto, de modo a avaliar os níveis de poluição decorrentes.

Para tal, realizaram-se levantamentos em diversos locais da cidade, com problemas de tráfego e a partir dos dados coletados elaborou-se modelos que correlacionam o nível de ruído e de monóxido de carbono com a composição do tráfego.

Deste modo, os modelos permitem estimar respectivamente, o nível sonoro contínuo equivalente (Leq) e a concentração de monóxido de carbono (CO) para um observador localizado junto à margem das vias, a partir do fluxo de veículos leves e pesados.

Considerando-se o fato de não existirem estudos similares realizados anteriormente para a cidade de Florianópolis, acredita-se que os modelos propostos representam uma ferramenta de grande potencial para ser usada na análise de impactos de tráfego tanto nesta como em outras cidades com características similares.

Palavras-chaves: Tráfego, meio ambiente, monóxido de carbono, ruído de tráfego, modelos, Florianópolis.

ABSTRACT

SILVA, G. C. *Traffic, carbon monoxide and noise in urban areas: the case of Florianópolis*. Florianópolis, 1998, 126p. - UFSC, Santa Catarina.

This research seeks to measure the noise levels and carbon monoxide generated by the traffic of the city of Florianópolis and to compare them with the effective norms on the subject, in order to evaluate the current pollution levels.

Measurements were made in several places in the city, which have traffic problems using the collected data models that correlate the noise level, and carbon monoxide with the composition of the traffic, were elaborated.

The models estimate respectively, the equivalent continuous sound level (Leq) and the concentration of carbon monoxide (CO) for an observer located close to the margin of the roads, using as input the flow of light and heavy vehicles.

Considering that similar studies do not exist for the city of Florianópolis, it is believed that the proposed models represent a tool of great potential to be used in the analysis of impacts of traffic in this as in other cities with similar characteristics.

Key-words: Traffic, environment, carbon monoxide, noise, models, Florianópolis.

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O tráfego de veículos automotores nas grandes cidades é a principal fonte de poluição ambiental (sonora e do ar). Isto provoca o maior problema para a saúde física e mental das pessoas (WHO, 1992a).

Entretanto, constata-se que a cidade de Florianópolis, até o momento não dispõe de nenhum estudo aprofundado sobre os níveis de ruído e monóxido de carbono gerados pelos veículos automotores a que as pessoas estão expostas.

Este trabalho trata dos níveis de ruído e monóxido de carbono criados pelo tráfego de veículos motorizados na cidade de Florianópolis. O estudo é apresentado, de maneira simplificada, procurando descrever e enfatizar principalmente as características regionais de tráfego, diferenças meteorológicas (temperatura, velocidade, direção e umidade do ar) e geométricas da via (largura, divisores dos sentidos de tráfego, declividade). Considerando tais variáveis interrelacionadas no meio ambiente acredita-se encontrar resultados representativos.

Os modelos de previsão de ruído e CO, apresentados na análise dos dados, são adequados às condições das cidades do sul do Brasil e serão para os planejadores de tráfego mais uma ferramenta para formular ou implementar ações preventivas e corretivas que possam mitigar os efeitos negativos da poluição e, assim, melhorar a qualidade de vida da população exposta.

Neste trabalho estão informações básicas para fornecer subsídio aos estudos de impactos ambientais gerados pelo tráfego urbano.

1.2. OBJETIVOS

Avaliar as condições de tráfego e de transportes da cidade de Florianópolis, através da medição dos níveis ruído e monóxido de carbono de pontos críticos do sistema viário, criando um banco de dados com informações básicas.

Comparar as medidas obtidas de ruído e monóxido de carbono com os padrões estabelecidos pelas normas nacionais e internacionais.

Desenvolver modelos estatísticos de previsão de níveis de ruído e monóxido de carbono que permitam estimar, respectivamente, o nível sonoro contínuo equivalente (Leq) e a concentração de monóxido de carbono (CO) para um observador localizado junto à margem das vias de tráfego, a partir do fluxo de veículos leves e pesados.

Por fim, pretende-se que esta avaliação possa contribuir para formular ações mitigadoras dos impactos negativos causados pelo tráfego urbano.

1.3. JUSTIFICATIVA ←

O uso de veículos automotores aumenta rapidamente no mundo inteiro. Em 1950, quando a Terra era povoada por 2,6 bilhões de pessoas, existiam 50 milhões de carros. Hoje, somos 5,5 bilhões a bordo de 500 milhões de automóveis. A população dobrou. O número de carros ficou dez vezes maior. Só neste ano, 50 milhões de novos carros começarão a rodar no mundo inteiro. Quase 2 milhões deles no Brasil - 1000 a cada dia apenas na cidade de São Paulo. Daqui a quatro anos, a frota brasileira terá 50% mais carros do que os atuais 18 milhões. Em 2003, esta será o dobro da atual (VARELLA, 1996).

Segundo a WHO, (1992b), nas grandes cidades do mundo o tráfego de veículos é a maior fonte de poluição e em quase a metade delas é a única fonte importante.

A poluição urbana tornou-se um problema crucial e agora é urgente avaliar e priorizar estratégias de controle (WHO, 1992b), visto que o problema tenderá a se agravar ao longo do tempo, devido as seguintes características:

- a crescente urbanização;
- o crescimento da frota brasileira de 50% para os próximos quatro anos (VARELLA, 1996);
- a grande despesa de controle de poluição.

Os efeitos da poluição variam por grupos da população, em particular, os jovens e os velhos podem ser especialmente afetados.

Pode-se citar alguns exemplos dos efeitos maléficos sobre a saúde física do homem: poluição do ar na cidade de Nova York que, em 1966, matou cerca de 80 pessoas; poluição fotoquímica do ar em Tóquio, a 18 de julho de 1970, que afetou os olhos e a garganta de 6101 pessoas naquela cidade; e outros casos conhecidos como os ocorridos ultimamente, na Grande São Paulo, sempre que há uma inversão térmica meteorológica, camada fria sobrepondo-se sobre a camada de ar quente superficial (FERRARI, 1988).

O monóxido de carbono, a uma percentagem, em volume, de 0,04% no ar provoca cefaléia e mal-estar; de 0,25% produz perda de consciência em menos de 30 minutos e acima de 0,25% torna-se fatal. Segundo a escala de toxidez de Kohn-Abrent, a morte sobrevem em apenas 30 minutos de exposição ao ar poluído por CO, numa concentração de 1% em volume (FERRARI, 1988).

No Brasil, segundo SINAY (1996), o incentivo ao transporte individual com a popularização do veículo e a transferência de carga da ferrovia para a rodovia, trouxeram incremento no número de veículos trafegando nas vias com consequência direta na queda da qualidade ambiental e consequentemente da qualidade de vida da população.

Para a maioria dos habitantes das cidades mais ruidosas do Brasil, segundo Pimentel-Souza (1993), há um agravamento ou aparecimento das seguintes doenças:

- arteriosclerose;
- problemas de coração;
- doenças infecciosas devido à queda da resistência imunológica do organismo;
- problemas mentais e psicológicos.

Além destes efeitos somáticos ou psicossomáticos, o ruído perturba a comunicação verbal, diminui o desempenho no trabalho e pode provocar a perda da acuidade auditiva quando a exposição for prolongada, a uma intensidade superior a 85 dB(A) (DER/SC, 1993).

Considerando o crescimento da frota automobilística, conforme o acima exposto, conclui-se que este tipo de veículo tende a proliferar em nossas cidades, trazendo consigo os problemas típicos de poluição ambiental. Isto preocupa, principalmente pelo fato de que ainda hoje a maioria das cidades brasileiras carece da falta de estudos e metodologias adequadas para medição dos níveis de poluição ambiental (sonora e do ar) gerados pelos veículos automotores.

Alia-se a isto o fato de que os estudos existentes, para o caso brasileiro, fazem considerações sobre as principais características do local pesquisado: clima, topografia e fluxo de veículos. Torna-se importante então, avaliar os níveis de ruído e monóxido de carbono em Florianópolis e, com isto, desenvolver um modelo estatístico regional para previsão desses níveis, orientando o planejador de tráfego da cidade a detectar os problemas de poluição de maneira simplificada e formular soluções para minimizar os efeitos negativos, melhorando a qualidade de vida da população.

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho divide-se em cinco capítulos. No primeiro capítulo (Introdução), mostra-se o problema da poluição ambiental causado pelo fluxo de tráfego nas grandes cidades.

No segundo capítulo (Revisão Bibliográfica), fez-se a revisão da literatura pertinente aos impactos ambientais devido ao tráfego, especialmente ao ruído de tráfego e à concentração de monóxido de carbono.

O terceiro capítulo (Metodologia), define os procedimentos utilizados para a coleta dos dados de ruído, monóxido de carbono, fluxo de tráfego, meteorológicos e geométricos.

No quarto capítulo (Análise dos Resultados Obtidos), são examinados os resultados da pesquisa com os padrões de qualidade estabelecidos pelas normas nacionais e internacionais. Também, tem-se a apresentação do modelo estatístico.

No quinto capítulo (Conclusões e Recomendações), constam as conclusões e recomendações deste trabalho, onde são apresentadas informações fundamentais da pesquisa, ressaltando a implementação de ações preventivas contra o ruído e o monóxido de carbono.

Concluem este trabalho as Referências Bibliográficas e o Anexo A (Planilhas de Dados).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Esta revisão bibliográfica é constituída de definições, histórico e conceitos básicos sobre tráfego e meio ambiente, enfatizando os problemas de ruído e monóxido de carbono em áreas urbanas..

2.2. A ENGENHARIA DE TRÁFEGO

A engenharia de tráfego, segundo o Institute of Transportation Engineers – ITE citado por PIGNATARO (1973), foi definida como aquela parte da engenharia que trata do planejamento, projeto geométrico e operações de tráfego de vias, ruas e estradas, suas redes, terminais, limites do solo e relações com outros modos de transportes para realizar com segurança, eficiência e conveniência o movimento de pessoas e bens.

As fases da engenharia de tráfego compreendem:

- 1) O estudo das características do tráfego: incluem os métodos de estudo da condução do tráfego que é usado para determinar o caráter do movimento do tráfego e uma compreensão das características básicas do motorista, do veículo e do fluxo de tráfego, inclusive estudos de:
 - usuário da via;
 - veículos;
 - velocidade, tempo de viagem e atrasos;
 - volume de tráfego;
 - origem e destino;
 - capacidade viária;
 - estacionamento;
 - acidentes;
 - transporte público.

- 2) O planejamento de tráfego: estuda as características das viagens urbanas, inclusive o transporte público, a condução dos principais estudos de transporte e técnicas básicas usadas para compreensão dos planos de transporte.
- 3) O projeto geométrico: relaciona os projetos de vias e interseções, estacionamentos e terminais.
- 4) As operações de tráfego: incluem as medidas regulamentadoras (leis e normas) e dispositivos de controle de tráfego (sinalização).
- 5) A administração: órgãos administradores do tráfego incluindo programas de educação de trânsito e legislação regulamentadora.

Os principais elementos da engenharia de tráfego são:

- 1) Os usuários: incluem motoristas e pedestres;
- 2) Os veículos: são fabricados para diferentes usos, diferenciados por peso, dimensão, manobrabilidade e são condicionados ao traçado e a resistência das vias;
- 3) As vias: o projeto de uma via está intimamente relacionado com a capacidade e as limitações dos usuários e seus veículos.

A engenharia de tráfego, ao contrário da maioria das disciplinas de engenharia, trata não só com problemas que são dependentes de fatores físicos mas muito frequentemente inclui o comportamento humano do motorista e do pedestre e seus inter-relacionamentos com a complexidade do meio ambiente.

2.3. O DESENVOLVIMENTO DO TRÁFEGO X MEIO AMBIENTE

A engenharia de tráfego como é conhecido hoje evoluiu com o advento do veículo a motor. O primeiro veículo de motor a gasolina, disponível ao público geral, foi oferecido à venda em 1888 na cidade de Nova York. Porém, muitos dos antecedentes estão arraigados na história antiga. Por exemplo, ruas de mão única eram conhecidas na Roma antiga. Foram instalados estacionamentos especiais para que as carruagens ficassem fora da via. Os veículos foram proibidos de entrar nos distritos empresariais das grandes cidades do Império Romano durante certas horas do dia por causa dos congestionamentos de tráfego. É provável que muitas regras e regulamentos similares

de tráfego eram necessários para controlar o fluxo veicular nas ruas pavimentadas da Babilônia em 2000 A.C. As modernas ilhas de tráfego e as rotatórias têm suas origens nos monumentos e praças públicas erguidas nas vias dos séculos passados. Os pavimentos eram usados já em 1600 D.C. em uma via da Cidade do México que tinha incorporada uma linha de centro de cor contrastante (PIGNATARO (1973)).

O primeiro veículo automotor a rodar nas vias da Grã-Bretanha foi um Benz 1888 de três rodas (BUCHANAN, 1963).

No Brasil, o primeiro veículo automotor a rodar era pouco melhor do que uma charrete. Com um visual copiado dos coches puxados por cavalos, um Peugeot assombrava os moradores do Rio de Janeiro de 1891 pela sua velocidade, de até 16 km/h, e pelo espírito aventureiro do seu dono, um jovem de 18 anos chamado Alberto Santos Dumont (TRAUMANN, 1996).

Segundo o ITE (1982), o sistema de transporte nos Estados Unidos e em outros países foi um dos instrumentos mais importante para alcançar o alto padrão de vida que a grande maioria dos seus cidadãos desfrutam. As estradas e as ruas juntas com o veículo automotor pessoal fizeram possível a mobilidade sem precedente para muitas pessoas e permitiram a eles desfrutar da maravilha do mundo, contribuindo para a interação social e comercial, ligando os estados e as regiões.

Nos primeiros anos do desenvolvimento do transporte nos Estados Unidos, a preocupação primária era permitir o movimento das pessoas e seus bens de um lugar para outro. Pouca consideração foi dada aos efeitos colaterais de desenvolvimento do transporte no meio ambiente. O recente desenvolvimento de sistemas de ruas, auto-estradas e estradas não tiveram alguns compromissos com o meio ambiente, especialmente em áreas urbanas. A fase foi alcançada agora onde a complexidade das áreas urbanas exige uma consideração maior do impacto das vias. Outro critério - além da eficiência - subiu em importância o valor e o impacto da melhoria de tráfego: segurança, estética e efeitos no meio ambiente social e físico. Percebendo o significativo impacto que as ruas e estradas estão dando a cada indivíduo e nas comunidades que vivem, os engenheiros de tráfego devem ter uma preocupação maior com a compatibilidade de ruas e estradas e o meio ambiente.

Só certos impactos como mudanças na qualidade do ar, aparência visual, nível de ruído e efeito global no ambiente urbano podem ser efetivamente quantificados e avaliados. Outros como estéticas e impactos sociais, são mais difíceis de medir.

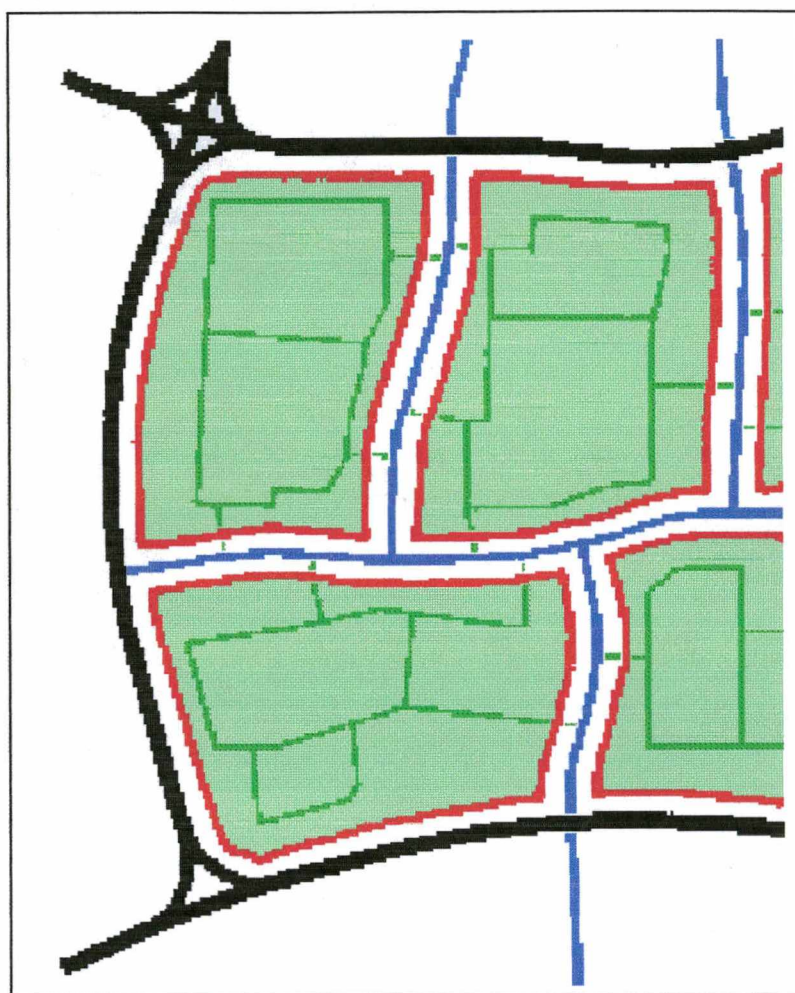
Segundo SÁ *et al.* (1995), com o objetivo de estudar os problemas provocados pelo uso do automóvel e, particularmente suas incidências sobre os diferentes tipos de aglomeração, Buchanan apresentou o trabalho “Traffic in Town” (1963), considerado, conforme MARTINS, (1995a), primeira análise qualitativa e quantitativa da circulação nas cidades. Buchanan desenvolveu o conceito de gerenciamento ambiental que englobava a delimitação de áreas ambientais (FIGURA 2.1) potenciais com a remoção do tráfego e sua reorganização voltada para os deslocamentos internos de veículos e pedestres.

“Traffic in Towns” identificou três tipos de problemas nas áreas urbanas (FREITAS, 1991):

1. frustração no uso de veículos em consequência dos congestionamentos e dificuldade de acessos;
2. acidentes; e
3. deterioração do meio ambiente, foram identificados problemas relacionados com medo e insegurança, ruído, poluição atmosférica e intrusão visual.

Atualmente, o crescimento da frota automobilística nas grandes cidades continua provocando congestionamentos, atrasos, poluição atmosférica e sonora, bem como a descaracterização de vias locais causadas pelo tráfego de passagem.

A redução da qualidade de vida da população que reside em zonas alimentadas por vias locais pode ser identificada pela poluição ambiental (sonora e do ar) gerada pelo tráfego intenso que emite gases e materiais particulados na atmosfera e produz ruídos, além de impossibilitar a utilização da via como espaço de convivência urbana (SÁ *et al.*, 1995).







- | | |
|---|--|
|  | Vias expressas (distribuição primária) |
|  | Vias arteriais (distribuição secundária) |
|  | Vias coletoras (distribuição local) |
|  | Limites da área ambiental |

Figura 2.x - Áreas ambientais são áreas onde as considerações de meio ambiente predominam sobre o uso de veículos motorizados (BUCHANAN, 1963)

MORLOK (1978), identificou dois tipos de impactos de mudanças no sistema de transporte. O primeiro é a entrada e a saída no sistema do que não é representado pelos custos ou movimento de pessoas e fretes, entradas e saídas que normalmente são chamadas de impactos ambientais naturais ou físicos que atualmente parecem ser de especial importância: poluição do ar, poluição do solo e da água, ruído e vibração. O segundo tipo é a mudança no meio ambiente artificial, simbolizado pela reorganização do uso do solo.

Neste trabalho discute-se os impactos ambientais físicos, primeiro a poluição do ar em seguida a sonora.

2.4. IMPACTO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A análise do impacto de qualidade do ar para os sistemas de transporte é uma interessante mistura de ciência, engenharia, procedimentos administrativos e suposições profissionais. Os impactos de qualidade do ar são julgados com respeito aos padrões de concentrações do meio ambiente. Assim, para analisar o impacto de um projeto de transporte, segundo COHN e MCVOY (1982), é necessário:

1. Projetar a quantidade de tráfego esperada para o projeto.
2. Calcular a quantidade de contaminante(s) que será emitida pelo tráfego projetado.
3. Calcular o resultado da concentração de contaminante (s) de interesse para os locais especiais, usando um modelo de dispersão ou outra ferramenta de análise.
4. Somar a concentração do contaminante gerado pelo tráfego a concentração de fundo gerada por outras fontes de contaminante.
5. Comparar este resultado com o padrão do meio ambiente para várias alternativas de projeto.

O dano potencial de qualquer contaminante pode ser deduzido do relatório do Committee on Pollution of the National Academy of Science, National Research Council, citado pelo ITE (1982): A poluição é definida como uma mudança indesejável nas características físicas, químicas ou biológicas do nosso ar, solo e água que pode

afetar prejudicialmente a vida humana ou de qualquer outra espécie, processo industrial, condições de vida, bens culturais; ou deterioração dos nossos recursos materiais.

O processo de concentração de poluição atmosférica inicia-se com o lançamento de poluentes ao ar (geralmente gases, podendo ser também materiais particulados). Quando transportados pelos deslocamentos de massas de ar e dependendo de outras condições de dispersão, esses poluentes passam a ter uma maior ou menor participação na composição da atmosfera de uma região (MARTINS, 1996). Assim, do desequilíbrio entre a emissão e a dispersão de poluentes é que se forma a poluição (FIGURA 2.2).

A poluição do ar, como outras formas de poluição, é causada pelo efeito multiplicativo do crescimento da população e aumento per capita das demandas por bens e serviços.

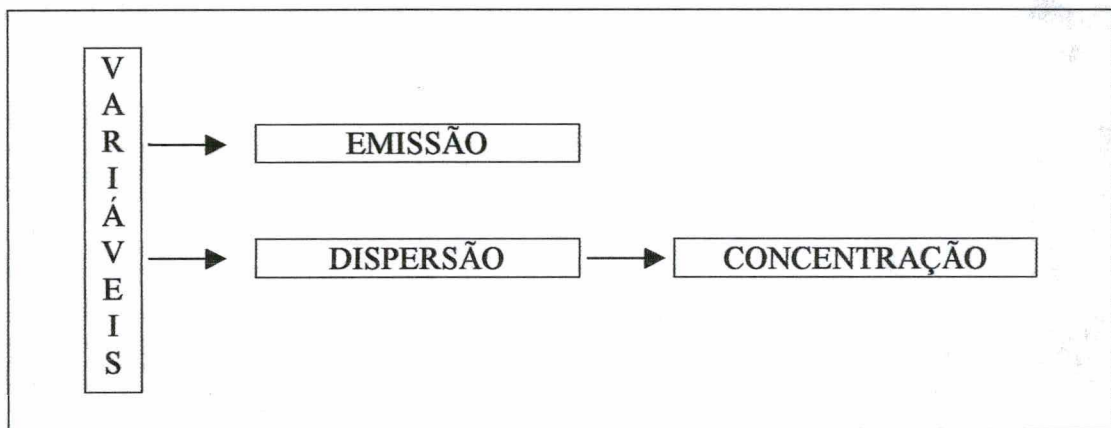


FIGURA 2.2 – Mecanismo de concentração de poluentes.

Fonte: MARTINS, 1996

2.4.1. PRINCIPAIS TIPOS DE POLUENTES RELACIONADOS COM O TRÁFEGO DE VEÍCULOS MOTORIZADOS

As atividades humanas causam um vasto número de substâncias poluentes que são emitidos para o ar. A lista de poluentes inclui produtos comuns de combustão, como monóxido de carbono, dióxido de enxofre e óxido nítrico, e inclui uma grande relação de produtos industriais, como arsênico, amianto, berílio e cádmio (HOROWITZ, 1982).

A poluição do ar relacionada com o transporte é principalmente concentrada ao redor das grandes áreas metropolitanas e é causada principalmente pelo tráfego urbano (ITE, 1982). A poluição gerada pelo transporte tem respondido com uma média de 60 por cento do total dos poluentes na atmosfera nas grandes áreas metropolitanas dos Estados Unidos. Desses 60 por cento, o automóvel privado contribui de 90 a 95 por cento da poluição do ar.

Segundo BRANCO e MURGEL (1995), os veículos com motor do ciclo Otto (ignição por centelha), qualquer que seja o combustível utilizado, gasolina, álcool, *diesel* ou gás, geram os poluentes sempre pelas mesmas fontes: escapamento, sistema de alimentação de combustível, cárter, desgaste de pneus e freios (FIGURA 2.3)

Um motor de combustão interna aspira um certo volume de ar, que é misturado com o combustível vaporizado. Essa mistura entra em combustão no interior do motor, gerando uma explosão que movimenta os pistões. Por uma série de mecanismos (virabrequim, câmbio, diferencial) os pistões imprimem movimento rotatório às rodas.

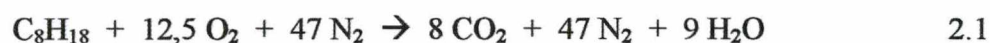


FIGURA 2.3 – Fontes de emissão de poluentes num veículo: os automóveis emitem vários tipos de poluentes e não apenas monóxido de carbono. O motor (1) também lança hidrocarbonetos; os pneus e freios (2), partículas sólidas; o tanque de combustível (3), hidrocarbonetos; e o escapamento (4) expelle monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e partículas.

A mistura ar-combustível deve ter uma relação adequada, a fim de que o oxigênio presente no ar seja suficiente para provocar a queima completa do combustível. Os produtos da combustão são expelidos pelo tubo de escapamento, atingindo a atmosfera.

Os combustíveis são compostos orgânicos constituídos por uma cadeia de carbono e hidrogênio (hidrocarbonetos ou HC), no caso da gasolina, *diesel* e gás natural, e também por oxigênio, no caso do álcool. A combustão é uma reação de oxidação. Nela o combustível (composto por carbono, oxigênio e hidrogênio) reage com o oxigênio do ar (O_2), resultando gás carbônico (CO_2) e vapor de água (H_2O), sempre que a queima for completa (equação 2.1). No entanto, isso é teórico e só ocorre em condições ideais. Na prática são formados outros subprodutos, que constituem os poluentes expelidos pelo escapamento.

Como decorrência da queima incompleta de combustível, podem ser gerados diversos poluentes. Eles são compostos intermediários entre o combustível original e o gás carbônico (BRANCO e MURGEL, 1995).



Com base nestas reações, são requeridos 1735 g de ar para cada 114 g de gasolina para a combustão completa. Teoricamente, a combustão completa ocorrerá quando a relação ar-combustível (A/C) for de 15,1:1, ou a relação estequiométrica. A relação atual em modos de operação do veículo pode variar consideravelmente. Antes, as exigências de controle de emissão, eram comuns as relações de 12,5 a 14:1. Estas relações (A/C) ricas provêm da produção de força máxima. Por causa da insuficiência de O_2 , as misturas (A/C) ricas geram grandes quantidades de CO e HCs (FIGURA 2.4). Note que as emissões mínimas de CO são produzidas perto da relação estequiométrica, enquanto as emissões de NO_x são próximas do máximo (GODISH, 1991).

Quando o motor é ligado em condições frias, a câmara de combustão requer uma mistura mais rica de combustível. Isto acontece porque temperatura da superfície do tubo múltiplo de admissão e da câmara de combustão não está quente o bastante para evaporar o combustível da combustão normal. Então, como resultado, o HC é produzido em alta concentração (YAMAZAKI, 1992).

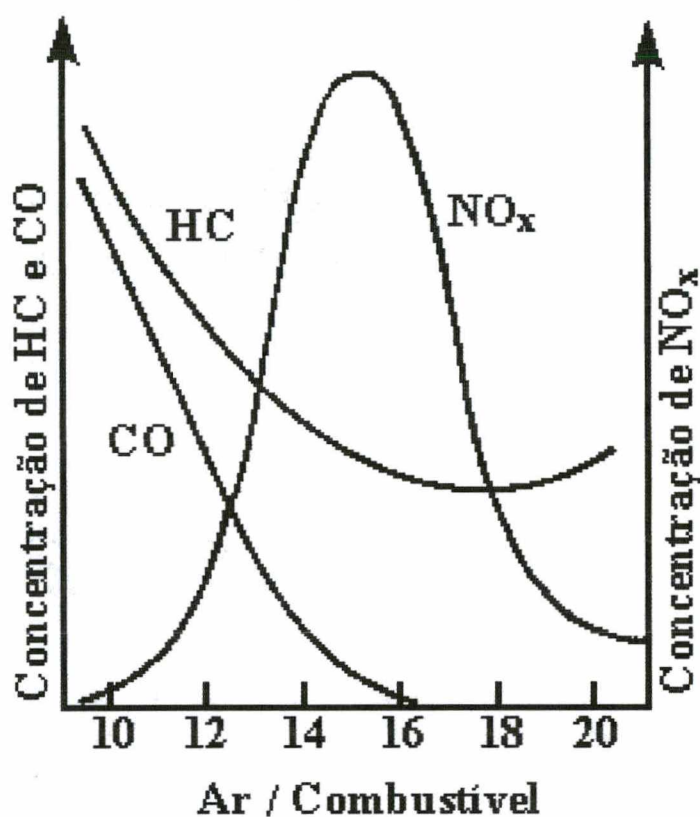


FIGURA 2.4 – Características da mistura de ar-combustível

Na TABELA 2.1 é possível verificar a quantidade de massa de emitida por tonelada de combustível consumido por um veículo com ou sem catalisador.

TABELA 2.1 – Massa emitida por tonelada de combustível

Poluente	Gasolina Sem catalisador	Gasolina com catalisador Frio	Gasolina com catalisador quente	Diesel
CO ₂	2500 kg	2800 kg	3000 kg	3100 kg
CO	300 kg	150 kg	60 kg	17 kg
HC	60 kg	30 kg	12 kg	4 kg

Fonte: (Herz, 1990) em Dobias, 1992

A TABELA 2.2 apresenta o inventário de fontes de emissão para os veículos brasileiros (gasool, álcool e diesel) em gramas por quilômetro. A contribuição relativa de cada classe de fonte é apresentada, na TABELA 2.3. É importante observar que o cenário das emissões veiculares sofre constantes mudanças, quer pela alteração no perfil da frota (álcool, gasolina) quer pela alteração na composição dos combustíveis (CETESB, 1996).

TABELA 2.2 – Fatores médios de emissão de veículos brasileiros

FONTES DE EMISSÃO	TIPO DE VEÍCULO	FATOR DE EMISSÃO (g/km)				
		CO	HC	NO _x	SO _x	MP*
TUBO DE ESCAPAMENTO	GASOOL**	22,5	1,9	1,2	0,22	0,21
	ÁLCOOL	16,6	1,9	1,2	--	--
	DIESEL	17,8	2,9	13,0	2,72	0,81
	TÁXI	21,3	1,9	1,2	0,18	0,17
	MOTOCICLETA E SIMILARES	19,1	4,2	0,1	0,22	0,08
EMISSÃO DO CÁRTER E EVAPORATIVA	GASOOL*	--	2,8	--	--	--
	ÁLCOOL	--	1,9	--	--	--
	MOTOCICLETA E SIMILARES	--	1,4	--	--	--
PNEUS	TODOS OS TIPOS	--	--	--	--	0,12

* MP: Material particulado

**Gasool : Gasolina contendo 22% de álcool

Fonte: CETESB, 1996

Os principais poluentes atmosféricos produzidos pelos veículos (gasolina, diesel, álcool) são o monóxido de carbono, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos, ácidos orgânicos e material particulado (CETESB, 1996).

Na Inglaterra, os veículos são as principais fontes de emissões atmosférica de benzeno, 1,3-butadieno, monóxido de carbono, chumbo e óxidos de nitrogênio e a maior fonte de compostos orgânicos voláteis (VOCs) que fazem parte dos processos químicos na atmosfera, produzindo com prioridade o poluente ozônio. Os VOCs englobam muitos compostos de hidrocarbonetos, inclusive dois poluentes benzeno e 1,3-butadieno. Os veículos motorizados também são fonte significativa de partículas, normalmente medidas como PM₁₀ (material particulado com menos de 10 µm de diâmetro), isto é o melhor indicador que outros parâmetros, como a fumaça preta, considera-se que esse tipo de partícula seja provavelmente depositada no pulmão (ROYAL COMMISSION, 1997).

TABELA 2.3– Contribuição relativa das fontes de poluição do ar em 1995

FONTES DE EMISSÃO		POLUENTES (%)				
		CO	HC	NO _x	SO _x	PI ⁽²⁾
TUBO DE ESCAPAMENTO DE VEÍCULOS	GASOOL*	49	19	10	8	10
	ÁLCOOL	17	9	5	--	--
	DIESEL	28	21	81	77	30
	TÁXI	2	2	1	--	--
	MOTOCICLETA E SIMILARES	2	1	--	--	--
CÁRTER E EVAPORATIVA	GASOOL*	--	31	--	--	--
	ÁLCOOL	--	9	--	--	--
	MOTOCICLETA E SIMILARES	--	1	--	--	--
OPERAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA DE COMBUSTÍVEL	GASOOL*	--	3	--	--	--
	ÁLCOOL	--	1	--	--	--
OPERAÇÃO DE PROCESSO INDUSTRIAL (1990)		2	3	3	15	10
RESSUSPENSÃO DE PARTÍCULAS		--	--	--	--	25
AEROSSÓIS SECUNDÁRIOS		--	--	--	--	25
TOTAL		100	100	100	100	100

(1) Veículos pesados.

(2) Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis.

Fonte: CETESB, 1996

O monóxido de carbono (CO) é um gás inodoro incolor cuja fonte antropogênica principal é a combustão incompleta de combustíveis orgânicos. É produzido se o ar não for suficiente para sua total combustão. Como o motor *a diesel* funciona com excesso de ar (mistura pobre), a produção de monóxido de carbono é menor do que nos outros tipos de motor (BRANCO e MURGEL, 1995). O monóxido de carbono combina com a hemoglobina do sangue, produzindo a *carboxihemoglobina* e, assim, reduz a habilidade do sangue para levar oxigênio. Em concentrações suficientemente altas, o CO é fatal aos humanos. Nas concentrações encontradas no ar urbano, o CO não é fatal, mas pode agravar doenças cardiovasculares e prejudicar funções psicomotoras. O CO é um dos principais poluentes relacionados com o transporte (HOROWITZ, 1982).

Os Hidrocarbonetos são substâncias químicas que não queimam em combustão, saem pelos escapamentos dos carros e reagem no ar produzindo fumaça (ITE, 1982). A emissão de hidrocarbonetos depende da relação ar-combustível, mas é função também das características do combustível. Se por um lado o excesso de ar tende a diminuir a

produção de hidrocarbonetos, as longas cadeias carbônicas características do óleo *diesel* provocam um aumento da emissão desses elementos. Com isso, a produção de hidrocarbonetos em um motor a *diesel* é da mesma ordem de grandeza que nos demais. Essa mesma característica do *diesel*, de queima mais difícil é responsável pela formação de partículas de carvão, que formam a conhecida “fumaça preta” emitida com frequência pelos ônibus e caminhões (BRANCO e MURGEL, 1995).

Os hidrocarbonetos podem causar dano celular, sendo que alguns, como o benzeno, são considerados carcinogênicos e mutagênicos. Participam das reações de formação do "smog" fotoquímico (o álcool em muito menor intensidade) que, além da geração de oxidantes, como a Ozona e o Peroxiacetilnitrato, reduz a visibilidade ambiente. A ação dos oxidantes é considerada de nível regional, podendo abranger áreas de centenas de quilômetros (MURGEL, 1990).

Com exceção de estudos de pesquisa, a concentração individual de HC não é monitorada habitualmente através das agências de controle. A maioria dos dados quantitativos de HC estão baseados na medida do total HCs (menos metano) normalmente calcula-se a média em entre 6-9 horas da manhã. Embora tais dados sejam abundantes, muitos contêm erros significantes de medidas. O período de medidas (6-9 horas da manhã) ajusta um modelo que tenta relacionar a qualidade do ar para as emissões. Este período de medida reflete emissões da maior parte dos veículos a motor. O total das medidas de HC (menos metano) mostram um padrão diário na maioria das cidades com dois picos, um de 6-9 horas da manhã e outro pico mais longo à tarde. Estes picos refletem o tráfego de veículos a motor e as características da dispersões meteorológicas locais. As concentrações totais de HC (menos metano) em áreas urbanas tipicamente alcançam de 1 ppm a 10 ppm (GODISH, 1991).

Nos combustíveis de origem fóssil (gasolina e *diesel*), o enxofre (S) está presente como impureza, em quantidade variável, conforme a origem do petróleo. Embora o objetivo do motor não seja queimar o enxofre, ele também é oxidado quando se dá a explosão, resultando em óxidos de enxofre (SO, SO₂, SO₃), que são genericamente denominados de SO_x.

Como se sabe, a maior parte do ar atmosférico é constituída por nitrogênio (N_2), que obviamente é aspirado para a câmara de combustão juntamente com o oxigênio. Lá dentro, com o aquecimento e o aumento da pressão decorrente da explosão, uma pequena parcela desse nitrogênio é também oxidada, formando óxidos de nitrogênio (NO , NO_2 , NO_3 ou genericamente NO_x).

Os aldeídos (CHO) resultam da oxidação parcial do combustível, durante a sua queima, especialmente no caso do uso do álcool. A toxidade dos aldeídos é, geralmente, caracterizada por irritação dos olhos, nariz, garganta e epiderme. Além da ação tóxica, os aldeídos, analogamente às emissões evaporativas e de combustíveis não queimados, participam nas reações fotoquímicas na atmosfera.

Com a alta pressão no interior do cilindro, parte do combustível ou dos gases resultantes da combustão escapam para o cárter (onde é colocado o óleo lubrificante) e, através de um respiro, vão para a atmosfera. Logo, os mesmos elementos que são emitidos pelo escapamento também são lançados pelo respiro do cárter, mas em menor quantidade.

O sistema de alimentação de combustível é responsável pelo que é chamado de "emissão evaporativa". Ela é constituída pela parcela do combustível que evapora quando o veículo (e o combustível) é aquecido por estar em funcionamento ou mesmo estacionado ao sol. Com o aumento da temperatura, o combustível tende a se evaporar, atingindo a atmosfera através do respiro do tanque, carburador, juntas e conexões mal vedadas. Além disso, quando o combustível do tanque se esgota, este está cheio de vapor. Ao reabastecer o veículo, esse combustível é expulso do reservatório na forma gasosa para dar espaço ao líquido que é colocado. Logo, sempre que se reabastece um veículo, o mesmo volume que se coloca de líquido é expelido para o ar na forma gasosa.

Finalmente, a outra fonte de poluição dos veículos são os pneus e freios. Ao se desgastarem, eles vão se transformando em matéria particulada muito fina, que permanece em suspensão no ar. Quanto às lonas e às pastilhas de freios, muitas vezes são compostas por amianto, material fibroso que pode causar uma série de doenças quando inalado (BRANCO e MURGEL, 1995).

No Brasil, o controle da emissão de poluentes por veículos é regulamentada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que, através da Resolução nº 18/86, institui no país o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE). O referido programa, complementado por outras Resoluções e a Lei Federal nº 8723 de outubro de 1993, estabelece os limites de emissão resumidos na TABELA 2.4.

TABELA 2.4 - Limites máximos de emissão de poluentes para veículos novos

ANO	CO (g/km)	HC (g/km)	Nox (g/km)	CHO (g/km)	MP (g/km)	EVAP. (g/teste)
88-91	24	2,1	2,0	--	--	6,0
92-93	12	1,2	1,4	0,15	--	6,0
Mar/94	12	1,2	1,4	0,15	0,05	6,0
Jan/97	2,0	0,3	0,6	0,03	0,05	6,0

Fonte: CETESB, 1996

O PROCONVE foi baseado na experiência internacional dos países desenvolvidos e exige que os veículos e motores atendam a limites máximos de emissão, em ensaios padronizados e com combustíveis de referência. O programa impõe ainda, a certificação de protótipos e linhas de produção, a autorização especial do órgão ambiental federal para uso de combustíveis alternativos, o recolhimento e reparo dos veículos ou motores encontrados em desconformidade com a produção ou o projeto e proíbe a comercialização dos modelos de veículos não homologados segundo seus critérios (CETESB, 1996).

2.4.2. DISPERSÃO DE POLUENTES

GODISH, (1991) afirma que no processo inicial de dispersão das fontes, os poluentes são lançados no meio ambiente onde o transporte e a diluição subsequente deles depende do fenômeno meteorológico local e da influência da topografia. No local do processo de dispersão os fenômenos meteorológicos mais importantes incluem o vento (velocidade e direção), a turbulência e a estabilidade atmosférica.

a) VENTO

Os ventos horizontais têm um papel significativo no transporte e diluição dos poluentes. Com os aumentos da velocidade do vento, o volume de ar que se move por uma fonte em um determinado período de tempo também aumenta. Se a taxa de emissão é relativamente constante, dobrando a velocidade do vento a concentração de poluentes reduzirá à metade, pois a concentração é uma função inversa da velocidade do vento.

A velocidade horizontal do vento é afetada por fricção, que é proporcional a rugosidade da superfície, que é determinada pelas características topográficas tal como as montanhas, vales, rios, lagos, florestas, campos cultivados e edifícios. A velocidades do vento em cima de superfícies lisas, como por exemplo, campos cultivados e lagos, tende a ser em média mais alto que aquelas em cima de superfícies mais rugosas, por exemplo, montanhas e edifícios. O efeito da rugosidade da superfície na velocidade do vento em função da elevação em cima de áreas urbanas, subúrbios e áreas rurais é ilustrado na FIGURA 2.5. Nota-se que a rugosidade da superfície associada com os aumentos de áreas urbanas faz com que as velocidades do vento próximas da superfície sejam significativamente reduzidas.

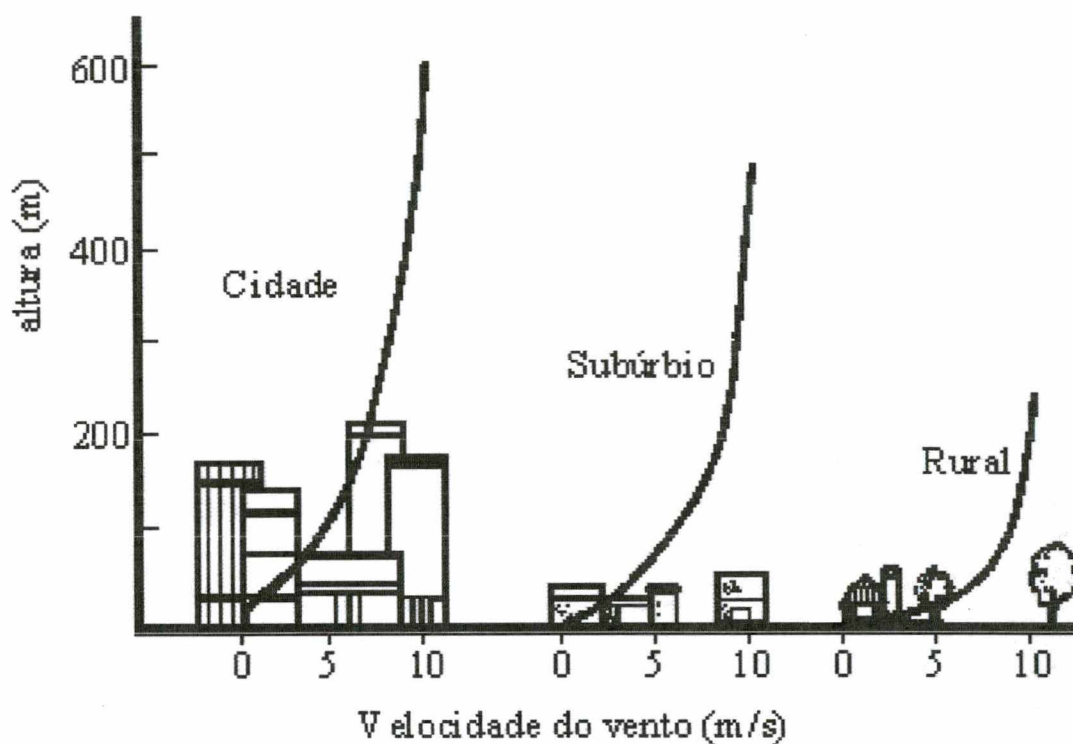


FIGURA 2.5 – O efeito da rugosidade da superfície na velocidade do vento

Fonte: GODISH (1991)

FREITAS (1991) descreve que quando uma rua tem edificação alta e sem espaçamento de ambos os lados a qual é chamada tipo desfiladeiro ou “street canyon” e a direção do vento é transversal ao perfil da rua, os redemoinhos formados pelo deslocamento dos veículos causam maiores concentrações do lado sotavento da edificação lateral (ponto 1 da FIGURA 2.6. Em caso de vento paralelo ao perfil da rua, as concentrações são iguais nos pontos 1 e 2.

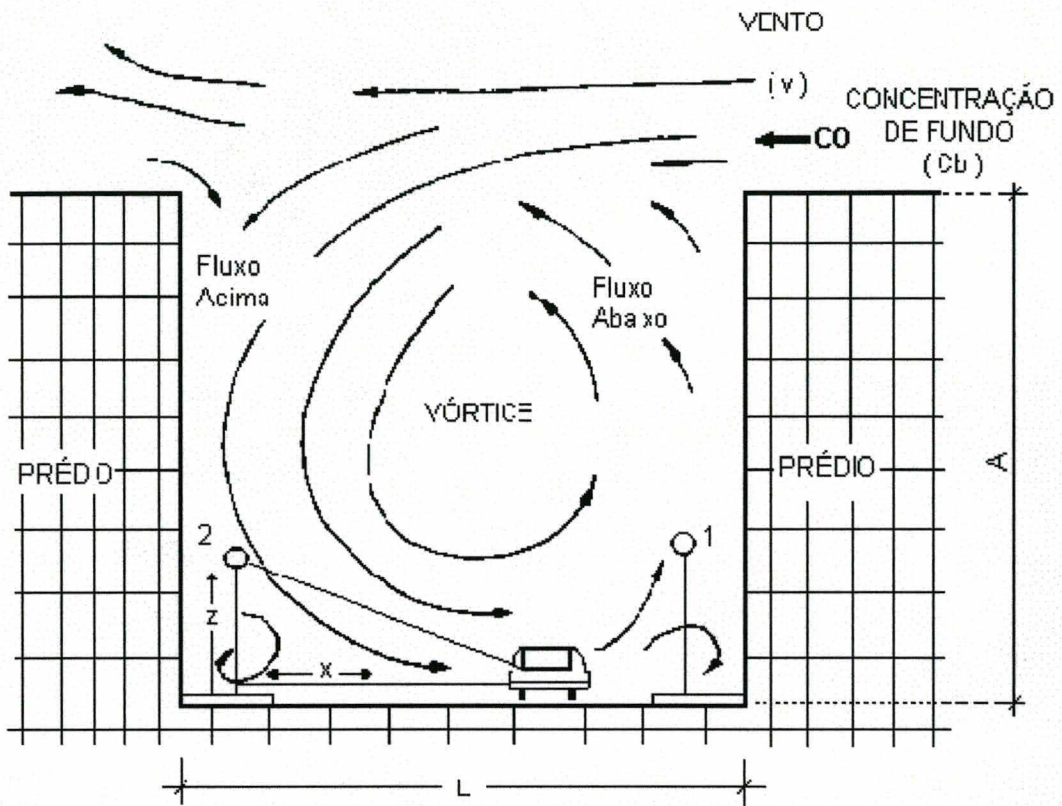


FIGURA 2.6 - Dispersão em uma rua tipo desfiladeiro

Fonte: SIEKMANN *et al.*, 1987 *apud* FREITAS (1991)

V – Vetor do vento

L – Largura da rua

A – Altura da edificação

X – Distância horizontal da fonte emissora

Z – Altura do ponto de referência da fonte emissora

b) TURBULÊNCIA

O ar não flui calmamente próximo da superfície da terra, até certo ponto, segue padrões de movimento tridimensional que é chamado de turbulência. Redemoinhos turbulentos são produzidos através de dois processos específicos: (1) turbulência térmica, sendo o resultado do aquecimento atmosférico e (2) turbulência mecânica causada pelo movimento do ar depois de uma obstrução em um fluxo de vento. Normalmente ambos os tipos de turbulência acontecem em qualquer situação atmosférica, embora em algumas situações um ou o outro pode prevalecer. A turbulência térmica é dominante em dias claros, ensolarados com ventos leves. Embora a turbulência mecânica ocorra debaixo de uma variedade de condições atmosféricas, é dominante em noites ventosas com estabilidade atmosférica neutra. O efeito da turbulência é aumentar o processo de dispersão, embora no caso da turbulência mecânica na fonte de poluição possa resultar em alto nível de poluição imediatamente a jusante FIGURA 2.7.

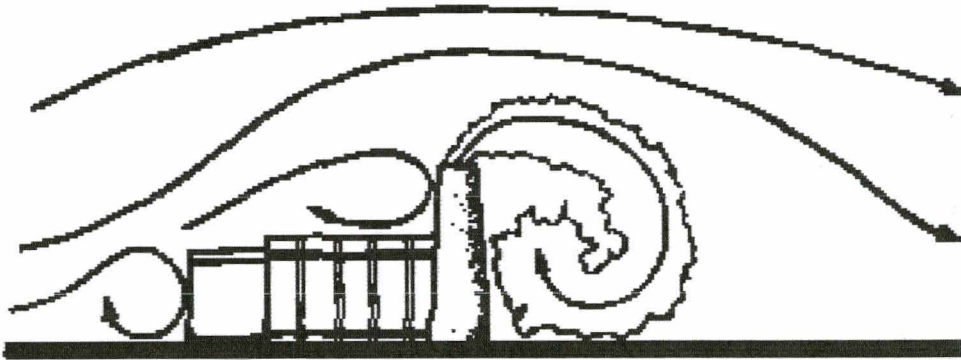


FIGURA 2.7 –Agitação do vento associada com a turbulência mecânica.

A freqüência da direção e velocidade do vento para um determinado período de tempo pode ser resumido construindo-se uma rosa dos ventos. Os dados são determinados para oito direções primárias e oito direções secundárias da bússola. A velocidade do vento é dividida em extensões. O tamanho dos raios indicam a freqüência da direção. A partir do centro, que representa as freqüências calmas, cada segmento representa a freqüência

da velocidade do vento na extensão determinada. A rosa dos ventos pode ser usada para prever a dispersão de fontes pontuais e áreas. Uma rosa de poluição que indica a frequência de determinados níveis de um poluente em função da direção do vento também pode ser construída, a FIGURA 2.8 ilustra uma rosa de poluição para o monóxido de carbono (CO).

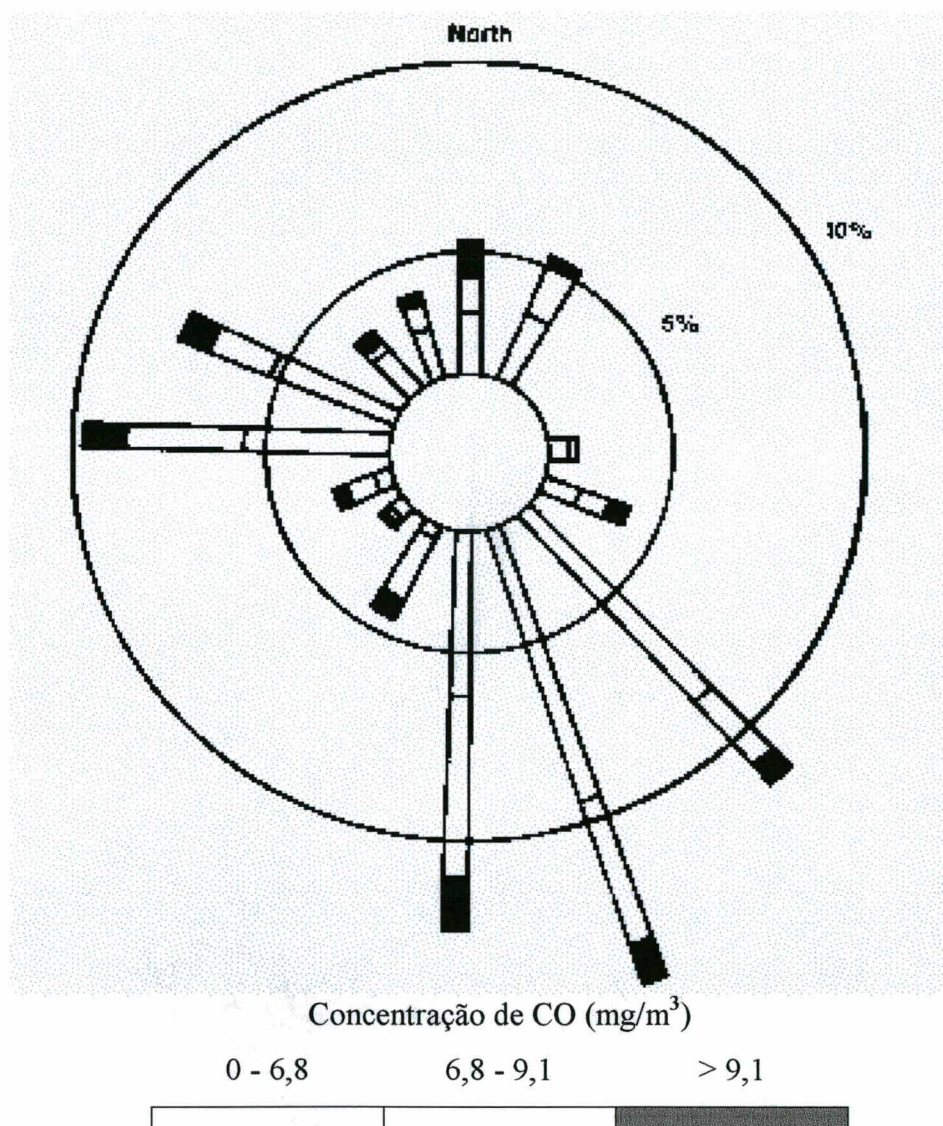


FIGURA 2.8 – Rosa de poluição de monóxido de carbono

Fonte: GODISH (1991)

c) TAXAS DE VARIAÇÃO TÉRMICA E ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA

Na troposfera, a temperatura diminui com a altura até uma elevação de aproximadamente 10 km. Esta diminuição é devida à redução dos processos de aquecimento com a altura e esfriamento radiativo do ar, e alcança seu máximo nos níveis superiores da troposfera. A temperatura que decresce com a altura é descrita pela taxa de variação térmica. Em média, a temperatura diminui $-0,65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ou $-6,5^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Isto é uma taxa normal de variação térmica.

Se uma parcela de ar seco quente fosse levantada num ambiente seco, sofreria uma expansão adiabática e esfriaria. Esse esfriamento adiabático resultaria numa taxa de variação térmica de $-1^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ou $-10^{\circ}\text{C}/\text{km}$, a taxa de variação térmica adiabática seca.

As medidas individuais de temperatura na vertical podem variar consideravelmente com a taxa normal ou adiabática. Essas mudanças de temperatura com a altura para qualquer medida determinada é a *taxa de variação térmica ambiental*. Os valores das taxas de variação térmica ambiental caracterizam a estabilidade atmosférica e profundamente afetam o movimento vertical do ar e a dispersão de poluentes.

Praticamente não há divergências em relação ao processo de emissão, porém quando é tratado o processo de dispersão, algumas contradições ou divergências são notórias, principalmente alguns fatores fundamentais como: arranjo físico das vias e rugosidade da superfície (MARTINS, (1996).

Segundo Bezerra e Chiquetto *apud* Martins (1996), os fatores que mais influenciam no processo de dispersão de poluentes são: tipos de construção e obstáculos que margeiam as vias (arranjo físico, rugosidade e porosidade da superfície), condições topográficas, condições climáticas, distância da fonte de emissão ao receptor e propriedades físico-químicas do próprio poluente.

O modelo de dispersão de poluentes - Pluma Gaussiana, é o mais usado para estudos ambientais por apresentar as seguintes características (FREITAS, 1991):

- a) base satisfatória e simples;
- b) grande faixa de aplicação;
- c) avalia adequadamente o impacto gerado pelos poluentes não reativos.

O modelo da Pluma Gaussiana, utiliza os sistemas de eixos mostrados na FIGURA 2.9, fazendo as seguintes suposições, (COHN e McVOY, 1982):

1. Emissão contínua da fonte ou tempos de emissão iguais ou maiores que os tempos de trajeto à barlavento abaixo da localização considerada, de forma que a difusão na direção do transporte pode ser negligenciado.
2. O material difundido é um gás estável ou aerossol (menos de 20 μm de diâmetro) que fica suspenso no ar por longos períodos de tempo.
3. A equação (2.2) da continuidade é satisfeita, isto é, nenhum material é removido da pluma quando move-se a barlavento e há reflexão completa no solo.

$$Q = \int_0^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \chi u \, du \, dz \quad (2.2)$$

4. A direção do vento coincide com o eixo x.
5. Exceto onde especificamente mencionado, os componentes da pluma normalmente são distribuídos na transversal do vento e direções verticais.
6. Os desvios padrões (σ) usados para quantificar a expansão da pluma é consistente com média de tempo da concentração estimada.

Assim, pode-se mostrar que a concentração de um poluente num ponto (x, y, z) gerada por uma fonte a uma altura (H) pode ser estimada usando-se a expressão 2.3.

$$\chi(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (2.3)$$

Onde:

χ = Concentração do poluente (g)

(x, y, z) = Coordenadas do ponto receptor (m)

H = Altura da emissão (m)

u = Velocidade do vento (m/s)

Q = Taxa de emissão da fonte (g/s)

σ_y, σ_z = Desvio padrão da concentração da pluma nas direções horizontais e verticais da pluma à distância barlavento x

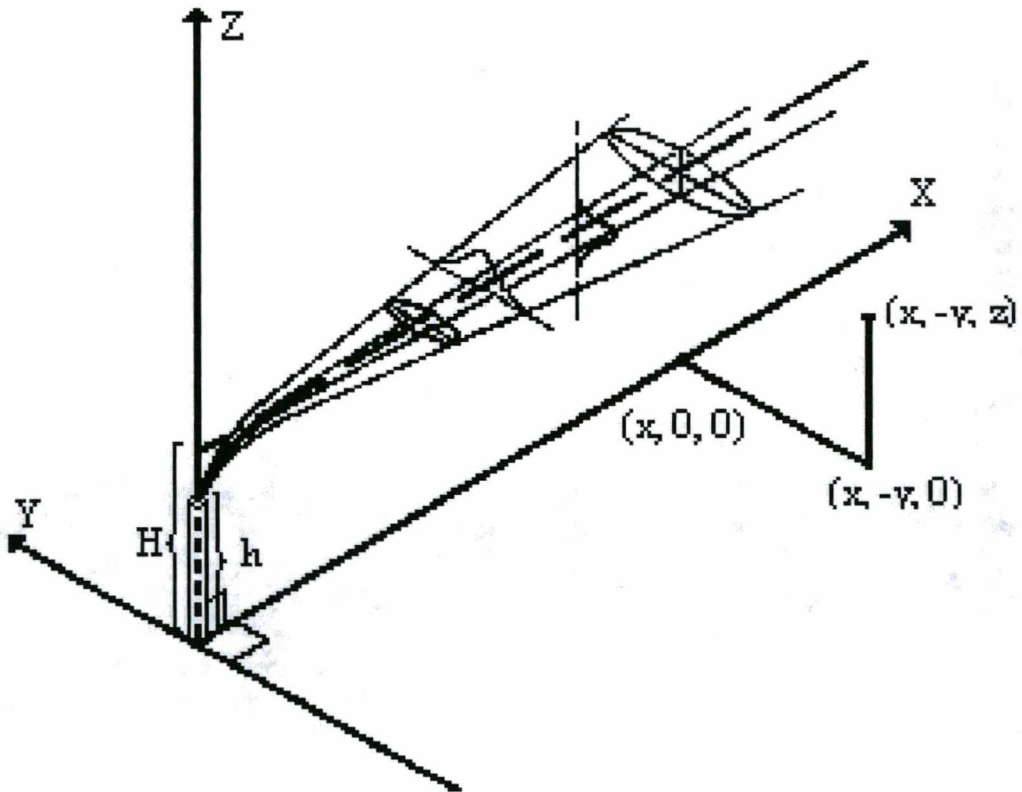


FIGURA 2.9 – Sistema de coordenadas mostrando as distribuições Gaussiana nas direções horizontal e vertical

Fonte: COHN e McVOY (1982)

A colocação dos vários termos nesta expressão faz algum sentido intuitivo. Por exemplo, Q é o numerador da primeira parte da expressão. Quer dizer que a concentração $(x, y, z; H)$ é diretamente proporcional à taxa de emissão. Assim, a expressão indica que se as emissões dobrarem, então as concentrações também dobrarão.

A velocidade do vento (u) aparece no denominador da primeira parte da expressão. Recordando a discussão relativo ao espaçamento de sucessivas partículas emitidas em função da velocidade do vento, não deveria ser surpreendente a expressão mostrar que a concentração é inversamente proporcional à velocidade de vento.

Os sigmas horizontal e vertical (desvios padrões, σ_y e σ_z) também aparecem no denominador da primeira parte da expressão. Isto indica uma relação inversa entre a expansão da pluma e a concentração, quer dizer, quanto maior a expansão da pluma, mais baixo será a concentração à linha de centro da pluma.

Os termos exponenciais nas equações simplesmente são ajustes necessários para a predição da concentrações em pontos receptores fora da linha de centro. Os outros termos da expressão são constantes.

Para a poluição gerada pelo tráfego considera-se a emissão a nível do solo ($z = 0$) e o impacto mais importante é também analisado a nível do solo ($H = 0$), onde as pessoas estão prováveis de serem expostas. Portanto, não existirá diferença de altura entre a fonte e o receptor e a equação básica para a dispersão Gaussiana será (equação 2.4):

$$\chi(x, y, 0; 0) = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \quad (2.4)$$

Assim, determinada a velocidade do vento, a taxa de emissão e a localização do receptor, pareceria que se tivesse algum sistema para determinar a expansão da pluma (σ_y, σ_z) em função da estabilidade, calcular as concentrações de poluentes seriam um assunto simples.

Um possível método para prever a expansão da pluma com base em observações meteorológicas poderia envolver a medida de flutuações na componente vertical e horizontal da direção do vento. Podem ser usados cata-ventos com vetores horizontais e verticais para medir as flutuações na direção de vento em uma base contínua. Estas observações podem ser analisadas, por exemplo, para derivar uma direção horizontal com alguma medida do desvio padrão do ângulo do vento (σ_θ). Do valor de (σ_θ) poderia calcular σ_y , determinado a distância descendente de x por simples trigonometria ($\sigma_y = \tan \sigma_\theta$, ou, se σ_θ é expresso em radianos, $\sigma_y \cong \sigma_\theta$). claro que, a mesma técnica básica poderia ser usada para calcular o σ_z .

2.5 – IMPACTO DA POLUIÇÃO SONORA

A frase POLUIÇÃO SONORA será considerada neste trabalho como sinônimo de RUIÍDO, BARULHO ou SOM DESAGRADÁVEL.

O ruído será discutido aqui no contexto de poluição do ar, porque o ar é o principal meio de transmiti-lo ao ouvido humano.

O termo NÍVEL DE RUIÍDO é usado amplamente pelos leigos para descrever a severidade de um ruído ambiental. Em acústica, a palavra NÍVEL é reservada para todas as quantidades expressas na escala decibel (WHO, 1980).

Neste trabalho, os termos NÍVEL SONORO e NÍVEL DE RUIÍDO referem-se a escala decibel que é considerada para as características da audição humana. Porém, deve-se ter cuidado para distinção entre nível de pressão sonora, nível de potência sonora, nível de intensidade sonora, nível sonoro e nível de ruído.

Ruído é o resultado de vibrações sonoras que se propagam especialmente no ar originando variações de pressão detectáveis pelo ouvido humano. É um som desagradável e, por isso, indesejado pelas pessoas (INAMB, 1993).

A utilização, em larga escala, de veículos motorizados nos centros urbanos é a principal causa do problema da poluição sonora. Segundo o ITE (1982), nos Estados Unidos, tornou-se uma preocupação nacional e um problema crescente.

MORLOK, (1978) considera que a maioria dos sons do sistema de transporte são indesejáveis, principalmente porque tem o potencial de perturbar o ser humano, e em alguns casos pode ser de fato prejudicial às pessoas e outros organismos viventes. Porém, há certas circunstâncias nas quais um certo tipo de ruído pode ser desejável pelo menos, como no caso do sino e outros ruídos, como o apito de trens que cruzam estradas. Porém, com a exceção de tais casos, geralmente o ruído do sistema de transporte não é desejado.

Atualmente o ruído é considerado um dos problemas que mais diretamente afeta a qualidade de vida da população, especialmente nos centros urbanos.

2.5.1. CARACTERIZAÇÃO DO RUÍDO

O ruído é um tipo de som, só que definido como desagradável. Portanto o problema de medir o quanto o ruído é desagradável não depende somente do fenômeno físico, mas leva também em consideração as diferentes formas que as pessoas percebem os sons, ou seja, o que pode ser considerado ruído para uma pessoa, pode ser considerado como um som agradável para outra pessoa (FREITAS, 1991).

ESTEVES (1983) cita como exemplo que para os engenheiros de projeto, o som da decolagem de seu novo avião a jato pode ser música para seus ouvidos, mas será um estrondo agonizante para as pessoas que moram próximo ao fim da pista de decolagem. Mas o som não precisa ser alto para ser incômodo: um risco na parede, uma torneira pingando ou o aviso de um relógio eletrônico podem incomodar mais que um forte trovão.

Pode-se caracterizar o ruído de tráfego pelas seguintes componentes (COHN e McVOY, 1982): a intensidade (magnitude), expressa em decibéis (dB); a frequência, expressa em hertz (Hz) e resumida na ponderação A; a componente temporal que descreve as flutuações diárias, semanais, mensais e anuais do impacto. Outro componente implícito é o tempo de variação, que descreve e quantifica o comportamento esporádico e aleatório do ruído de tráfego no meio ambiente. Serão descritas as duas mais importantes características do ruído de tráfego: intensidade e frequência.

a) INTENSIDADE

Os sons (ou ruídos) emitidos propagam-se por vibrações individuais de partículas no meio elástico de um lado para outro ao longo da direção de propagação, normalmente de uma maneira cilíndrica ou esférica. O deslocamento de cada partícula dentro do meio

transmitido é zero, embora a pulsação da onda se mova a uma alta velocidade que excede a 340 m por segundo no ar a 20°C. A equação 2.5 mostra a expressão física para a velocidade do som.

$$c = \sqrt{\gamma r T} \quad (2.5)$$

Onde: c = velocidade do som

γ = taxa de calor específico do gás

r = constante do gás

T = temperatura absoluta.

Quando um objeto vibra, produz radiação de energia acústica. A taxa que uma fonte de energia sonora produz é descrita como potência sonora, expressa em unidades de energia por unidade de tempo. Em uso convencional, os valores da potência sonora são expressos em unidades dimensionais chamadas decibéis (dB), calculados pela equação 2.6 (GODISH, 1991):

$$P_s = 10 \log_{10} \frac{w}{w_0} \quad (2.6)$$

Onde: P_s = Potência sonora, em decibéis (dB)

w = Energia sonora medida, em watts (w)

w_0 = Potência de referência, (10^{-12} w)*

Quando a energia sonora passa numa área unitária, este fluxo é descrito como intensidade sonora. É tipicamente expressa como watts por metro quadrado. Os valores da intensidade sonora são expressos em decibéis, e o seu cálculo é similar à potência sonora, equação 2.7:

$$I_s = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} \quad (2.7)$$

Onde I_s = Intensidade sonora (dB)

I = Intensidade sonora medida (w/m^2)

I_0 = Intensidade de referência (10^{-12} w/m^2)*

* ISO (1963) *apud* WHO (1980). A intensidade de referência foi escolhida somente para as ondas sonoras no ar HOTHERSALL e SALTER (1977).

Quando a energia sonora está radiando de uma fonte e bate numa superfície, produz pressão sonora. Esta pressão pode ser medida por instrumentos conhecidos como medidores de níveis de pressão sonora.

Por exemplo, um avião a jato pode gerar uma pressão sonora acima de 20 Pascais. Por outro lado, um som calmo, como o sussurrar de folhas, pode causar uma troca na pressão atmosférica numa magnitude de apenas 20 micropascais (μPa). Este valor é considerado pressão sonora de referência (ISO, 1959 *apud* WHO, 1980), correspondendo ao menor limite de audição humana a 1000 Hz.

O outro lado da escala, onde ocorre o limiar da dor, a pressão sonora vai aproximadamente a 100 Pa (BRUEL&KJAER, 1988).

O ouvido humano não responde linearmente, mas logaritmicamente aos estímulos. Este fenômeno foi estudado primeiramente em 1825 por E. H. Weber (COHN e McVOY, 1982).

Para estas reações do ouvido humano foi achado mais prático para expressar os parâmetros acústicos como uma relação logarítmica do valor medido para um valor padrão. Estas reduções dos números para proporções gerenciáveis resultou na unidade chamada de Bel (Alexander Graham Bell) definida como o logaritmo de base dez da relação de duas intensidades. Mas esta unidade era em prática muito grande e uma unidade de um décimo de um Bel, o decibel, é agora de uso geral. Uma escala conveniente para medição do nível de pressão sonora é definida pela equação 2.8 (BRUEL&KJAER, 1988):

$$NPS = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0} \quad (2.8)$$

Onde: NPS = Nível de Pressão Sonora (dB)

P = Pressão Sonora Medida (Pa)

P_0 = Pressão Sonora de Referência, normalmente 20 μPa .

Por exemplo, substituindo a pressão sonora medida (P) pela pressão de referência (P₀) temos:

$$NPS = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0} = 20 \log (1) = 0 \text{ dB (limiar da audição a 1000 Hz).}$$

Zero dB não é uma ausência de ruído, simplesmente implica que o nível em questão é igual ao nível de referência (BRUEL&KJAER, 1988).

Substituindo pela pressão sonora de um avião a jato, 20 Pa, temos:

$$NPS = 20 \log_{10} \frac{20}{0,00002} = 120 \text{ dB.}$$

A FIGURA 2.10 mostra algumas fontes sonoras com os seus respectivos valores de nível de pressão sonora (NPS) e correspondentes valores de pressão sonora (rms)*.

Um dos mais importantes conceitos que deve ser adotado firmemente para medições de ruído é que, por causa das unidades logarítmicas, a adição e subtração não podem ser usadas diretamente em decibel. Duas fontes, cada uma produzindo um nível de pressão sonora de 60 dB quando medidas não produzirão 120 dB (ambas emitindo ao mesmo tempo). Para se chegar a um nível correto deve-se considerar as duas pressões sonoras instantâneas de duas fontes em um ponto do espaço (BRUEL&KJAER, 1988).

* A raiz quadrada do valor médio dos quadrados dos valores instantâneos de uma quantidade. Para uma variação periódica, a média é tomada mais de um período. A NBR-10152 (1987) denomina de valor eficaz da pressão, em pascais.

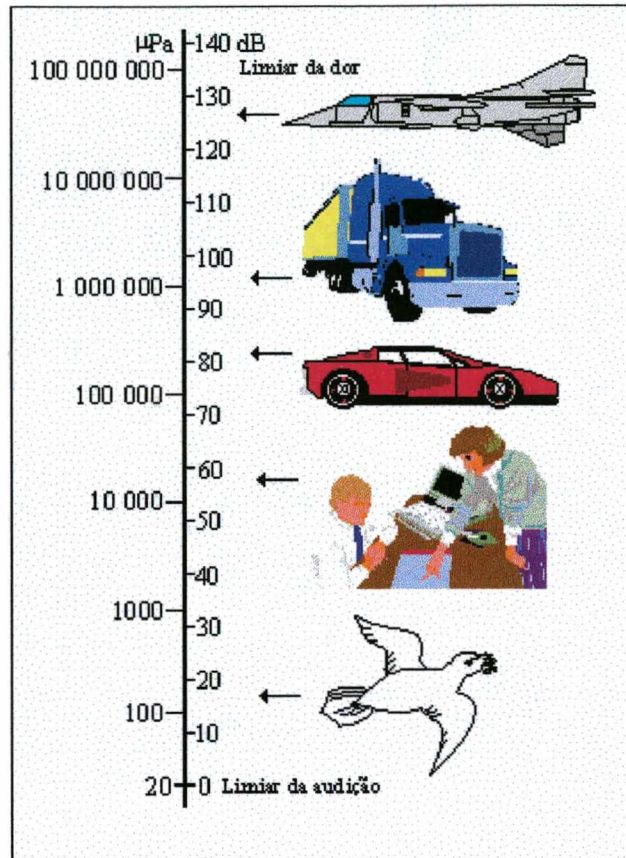


FIGURA 2.10 – Níveis de pressão sonora de várias fontes típicas, em dB e em μPa

Fonte: BERANEK e VÉR (1992) ESTEVES (1983), COHN e McVOY (1982)

Por exemplo, um caminhão, listado na FIGURA 2.10 tem uma pressão sonora (rms) de 0,63 Pa, então aplicando a equação 2.8 tem-se:

$$NPS = 10 \log_{10} \left(\frac{0,63}{0,00002} \right)^2 = 90 \text{ dB}$$

Dois caminhões:

$$NPS = 10 \log_{10} 2 \left(\frac{0,63}{0,00002} \right)^2 = 10 \log_{10} \left(\frac{0,63}{0,00002} \right)^2 + 10 \log_{10} 2 = 93 \text{ dB}$$

Quatro caminhões:

$$NPS = 10 \log_{10} 4 \left(\frac{0,63}{0,00002} \right)^2 = 10 \log_{10} \left(\frac{0,63}{0,00002} \right)^2 + 10 \log_{10} 4 = 96 \text{ dB}$$

A regra para somar o decibel é que dobrando-se o nível da fonte resultará em um aumento de 3 dB, e dividindo-se o nível da fonte à metade resultará em uma diminuição de 3 dB. Este conceito pode ser generalizado para adicionar qualquer NPS de diferentes valores para obter um NPS total usando-se a equação 2.9:

$$NPS = 10 \log_{10} \left[10^{\frac{NPS_1}{10}} + 10^{\frac{NPS_2}{10}} + 10^{\frac{NPS_3}{10}} \dots \right] \quad 2.9$$

GERGES (1992) observa que nenhuma correção será necessária se a diferença dos dois níveis for maior que 10 dB.

COHN e McVOY (1982) afirmam que existem três tipos básicos de fontes relacionadas com o ruído de tráfego. O primeiro é a fonte pontual, representada por um único veículo. O segundo é a fonte em linha que pode ser um trem ou um fluxo de tráfego uniforme e pesado (FIGURA 2.11). O terceiro tipo é mais relacionado com o tráfego típico de estradas, a fonte linear modificada que tem características de ambas pontual e em linha.

Assumindo que a fonte pontual está junto ao solo e é perfeitamente absorvida, sem problemas com fatores atmosféricos e que a intensidade sonora e o nível de pressão sonora são numericamente iguais, então a redução do nível de pressão sonora cada vez que a distância r da fonte dobrar será:

$$NPS_1 - NPS_2 = 10 \log \frac{I_1}{I_0} - 10 \log \frac{I_2}{I_0} = 10 \log I_1 - 10 \log I_0 - 10 \log I_2 + 10 \log I_0 = 10 \log \frac{I_1}{I_2}$$

mas como $r_2=2r_1$ a área da esfera $A_2=4A_1$, então $I_1=4I_2$, assim,

$$NPS_1 - NPS_2 = 10 \log \left(\frac{4I_2}{I_2} \right) = 10 \log 4 = 6 \text{ dB}$$

Então, a regra para fonte pontual é que o nível de pressão sonora (NPS) diminui para cada dobro da distância, e aumenta 6 dB para cada metade da distância.

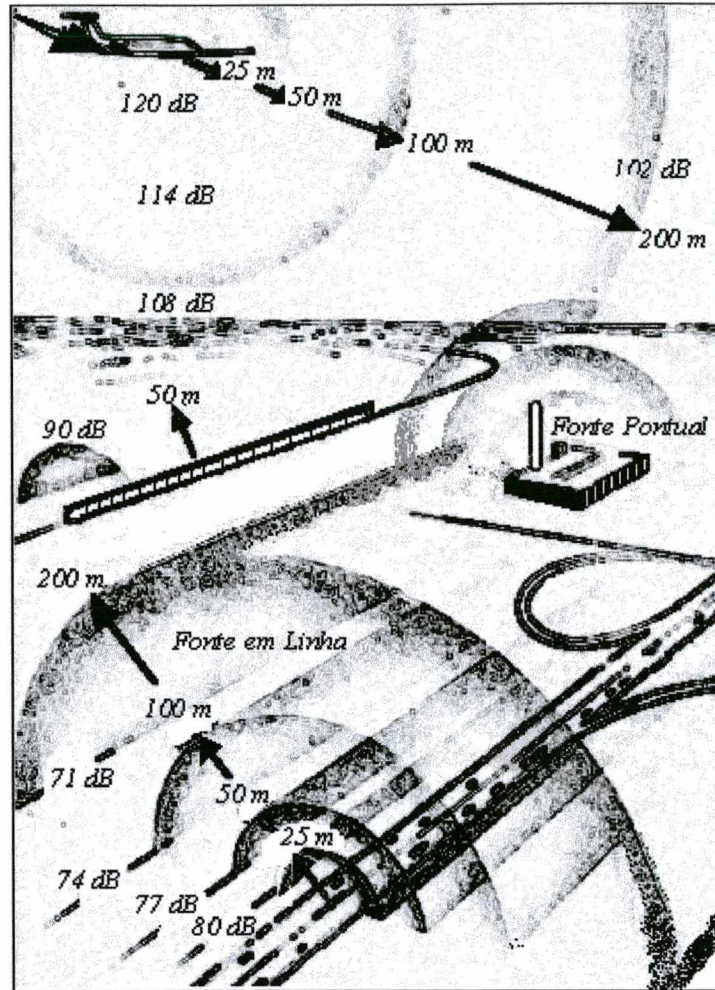


FIGURA 2.11 – Atenuação das fontes pontuais e em linhas
 Fonte: BRUEL&KJAER (1988)

A fonte em linha forma superfícies cilíndricas concêntricas sobre o eixo. A intensidade sonora é reduzida à metade quando a distância dobra devido ao tamanho da área de impacto da potência sonora dobrar com o dobro da distância. Assim:

$$NPS_1 - NPS_2 = 10 \log \frac{I_1}{I_2}$$

mas como $r_2=2r_1$ a área do cilindro $A_2=2A_1$, então $I_1=2I_2$.

$$NPS_1 - NPS_2 = 10 \log \left(\frac{2I_2}{I_2} \right) = 10 \log 2 = 3 \text{ dB}$$

Então, o nível de pressão sonora (NPS) da fonte em linha, diminui 3 dB para cada dobro da distância, e aumenta 3 dB para cada metade da distância.

b) FREQUÊNCIA

A frequência é a mais importante característica sonora e sua discriminação através dos órgãos audíveis humanos constitui o ato de audição (GODISH, 1991). A frequência é expressa em ciclos por segundo ou Hertz (Hz). Se 1000 ondas sonoras completas passam num ponto por segundo, o som tem uma frequência de 1000 Hz.

Tipicamente, o alcance da audição humana é de 20 Hz a 20.000 Hz (BRUEL&KJAER, 1988). Mas, apresenta sensibilidade diferenciada para as várias frequências de sons (FREITAS, 1991). Então foram estabelecidos circuitos de compensação A, B, C e D variável com a frequência, de forma a modelar o comportamento do ouvido humano (GERGES, 1992). A FIGURA 2.12 mostra três das escalas diferentes. Segundo COHN e McVOY (1982), a curva A correlaciona muito bem com a resposta humana ao ruído, particularmente ao incômodo causado pelo tráfego.

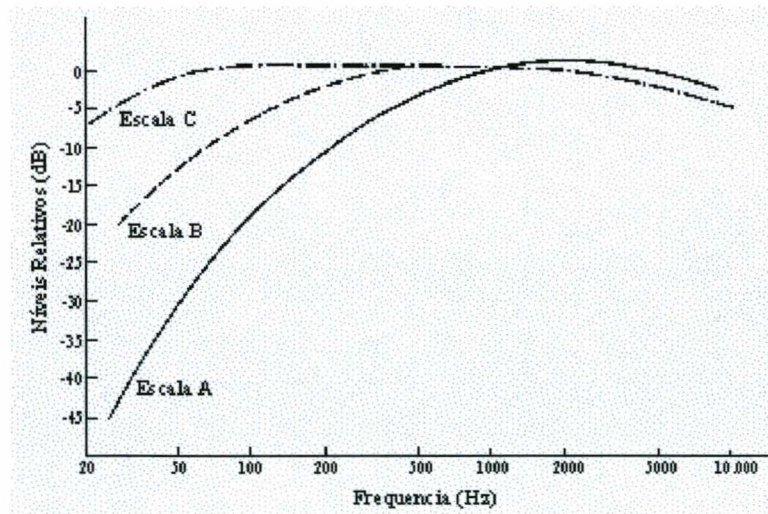


FIGURA 2.12 – Curvas de ponderação A, B e C para medidas do nível de pressão sonora

Fonte: GODISH (1991)

2.5.2. ÍNDICES DE AVALIAÇÃO DE RUÍDO

Existem muitos índices para quantificar o incômodo gerado pelo ruído, incorporando medidas físicas e psicológicas (ITE, 1976), mas especificamente para o ruído de tráfego, é comum o uso dos seguintes índices:

a) Leq – Nível sonoro equivalente

O Leq é o nível sonoro médio ponderado A, calculado durante o período de medição da amostra de ruído e é dado pela equação 2.10:

$$Leq = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p(A)(t)}{p_0} \right)^2 dt \quad 2.10$$

Onde:

T = total do tempo de medição

$p(A)(t)$ = pressão acústica instantânea, na escala de compensação A

p_0 = pressão acústica de referência (20 μ Pa).

Os equipamentos de medição de ruído fornecem diretamente os valores do Leq .

b) L_x - Níveis estatísticos (L_{10} , L_{50} , L_{90} e outros)

Os valores de L_x são retirados do histograma cumulativo do ruído que mostra o percentual do tempo total de exposição em relação ao nível de pressão sonora dB(A) (GERGES, 1992). Por exemplo:

- L_{10} = nível excedido em 10% do tempo de medição;
- L_{50} = nível excedido em 50% do tempo de medição;
- L_{90} = nível excedido em 90% do tempo de medição.

Os valores de L_{10} , L_{50} e L_{90} são geralmente interpretados como medidas de pico, média e níveis de ruído de fundo respectivamente (ORTOLANO, 1997).

2.5.3 – AS PRINCIPAIS FONTES DE RUÍDO DE TRÁFEGO

Nas condições de tráfego urbano a principal fonte de ruído são os veículos comerciais (HOTHERSALL e SALTER, 1977).

SANCHO e SEMCHERMES (1982) citados por ROTT (1995) afirmam que há duas situações características de ruído veicular. A primeira ocorre quando o veículo se encontra parado, cuja fonte principal, neste caso, é o motor e o escapamento (FIGURA 2.3). A segunda ocorre quando o veículo encontra-se em movimento, que além das fontes mencionadas, deve-se considerar a influência dos demais componentes: pneus, pavimentos, ruído aerodinâmico, vibração da carroceria e os sistemas auxiliares (freios, buzina e outros).

Segundo HOTHERSALL e SALTER (1977), GERGES (1991), ALVES FILHO (1997) e outros, os efeitos das principais fontes de ruído de tráfego nos níveis de ruído são os seguintes:

- Motor – A influência do tamanho do motor é diretamente proporcional à área da superfície de radiação. O carregamento dos veículos amortece as vibrações pela carga útil. O nível máximo de ruído é associado à máxima rotação do motor.
- Entrada de ar - É gerado pela abertura e fechamento da válvula de admissão do ar, predominando na faixa de 50 a 250 Hz.. Quando a carga do motor aumenta de zero para máxima, tem-se um aumento de 10 a 15 dB para motores a diesel e de 20 a 25 para motores a gasolina.
- Exaustão - É produzido pela liberação dos gases do interior do cilindro, quando se dá a abertura da válvula de descarga dos gases. Os silenciadores reduzem o nível de ruído de 10 a 15 dB.
- Ventilador- Os ventiladores são usados para refrigerar o motor. Todos eles produzem um tipo de ruído aerodinâmico. Em motores a diesel, o ruído gerado pela ventoinha varia de 100 a 150 dB.

- Resistência ao Rolamento - É causado pelo vórtice criado pela passagem do carro. O aumento do nível de pressão sonora com a velocidade é da ordem de 30 dB/dezena.
- Pneus - Numa velocidade aproximada de 50 km/h o ruído dos pneus é predominante. O mecanismo básico da produção de ruído de pneu é:
 - a) ar bombeado dos interstícios da superfície da pista e do pneu;
 - b) impacto dos tipos de elementos de trilha do pneu sobre a superfície da pista;
 - c) vibração do pneu;
 - d) fluxo aerodinâmico acima da superfície do pneu.

Estudos realizados por YAMAZAKI (1992), para cada ponto de geração de ruído, mostram um bom equilíbrio entre a emissão de ruído pelo motor (25%), exaustão (20%), entrada de ar (30%) e pneu (20%) durante um teste com velocidade constante de 50 km/h. Mas, para uma velocidade de 35 km/h, a parcela dos pneus contribui com 70% para emissão do ruído total FIGURA 2.13. Nota-se deste estudo que o ruído dos pneus predomina para uma velocidade menor.

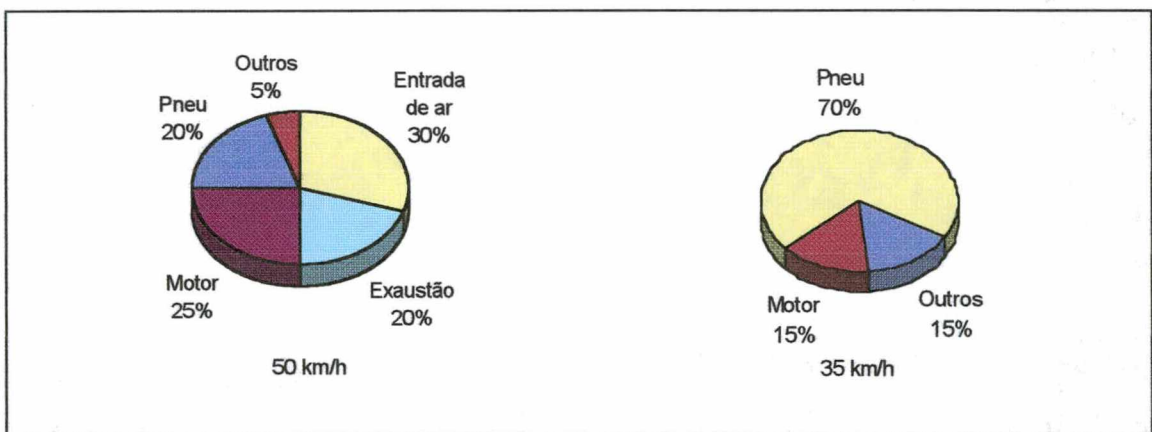


FIGURA 2.13 – Variação das fontes de ruído veicular com a velocidade

Fonte: YAMAZAKI (1992)

Todas as fontes de ruído veicular têm suas variações dependentes das condições de operação do veículo, principalmente em relação à velocidade e aceleração.

2.5.4 – EFEITOS DO RUÍDO À SAÚDE HUMANA

O ruído, a partir de uma certa intensidade, variável segundo os indivíduos, provoca uma situação de estresse que pode manifestar-se por:

- doenças cardiovasculares,
- insônia,
- estados depressivos,
- mudança de comportamento: irritabilidade, agressividade

Além destes efeitos somáticos ou psicossomáticos, o ruído perturba a comunicação verbal, diminui o desempenho no trabalho e pode provocar a perda da acuidade auditiva quando a exposição for prolongada, a uma intensidade superior a 85 dB(A). Esta situação não corresponde àquelas encontradas nas proximidades das infra-estruturas rodoviárias, mesmo naquelas de forte movimento (DER/SC, 1993).

3. METODOLOGIA

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A pesquisa visa medir a concentração de monóxido de carbono e os níveis sonoros na zona urbana de Florianópolis onde os quantitativos de veículos, pedestres e residências são elevados.

As medições foram realizadas nos meses de novembro e dezembro de 1997, em dias típicos da semana: Terça, quarta e quinta-feira (BARTLETT, 1992), sem chuva e sem grandes variações de temperatura, umidade e velocidade do vento.

Tendo em vista os locais apresentarem fluxo de tráfego livre e congestionado, intercalados, dependendo da hora do dia, que é típico de áreas urbanas, não foi considerada a velocidade dos veículos, pois esta sofre variações entre os horários de pico e os entrepicos.

Foram utilizados como base para fins de desenvolvimento desta metodologia os seguintes trabalhos:

- Uma metodologia de avaliação de impactos de shopping centers sobre o sistema viário urbano (GOLDNER, 1994);
- Ruído: fundamentos e controle (GERGES, 1992);
- Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade, NBR 10151 (ABNT, 1987);
- Description and measurement of environmental noise, BS 7445 (BRITISH STANDARD, 1991) que incorpora a ISO 1996 – Acoustics – Assessment of noise with respect to community response;
- Veículos rodoviários automotores em aceleração – Determinação do nível de ruído, NBR 8433 (ABNT, 1984) que incorpora a ISO 362 – Acoustics – Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method;

- Modelo empírico para a previsão de ruído de tráfego para a cidade de São Paulo, CT 304 (IPT, 1984);
- Spatial distribution of urban pollution: civilizing urban traffic (CROXFORD *et al.*, 1996);
- Effects of street grid configuration on pedestrian exposure to vehicular pollution: Civilising urban traffic (PENN *et al.*, 1995);
- Pedestrian exposure to urban air pollution: exploratory results (CROXFORD e PENN, 1995);
- Siting considerations for urban pollution monitors (CROXFORD e PENN, 1998).

3.2 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE PESQUISA

A cidade de Florianópolis está situada a 27° 35' 48'' de latitude sul e 48° 32' 57'' de longitude a oeste de Greenwich, a 25m de altitude. Possui clima mesotérmico úmido (sem estação seca) e verão quente. A média anual da temperatura no período de 1923-1984 foi de 20,4 °C. Fevereiro, que é o mês mais quente, apresenta uma média mensal de 24,5 °C e julho, que é o mês mais frio, 16,4 °C (HERMANN *et al.*, 1986, *apud* CECA/FNMA, 1997). A média das máximas do mês mais quente varia de 28 a 31 °C e a média das mínimas do mês mais frio, de 7,5 a 12 °C (EMBRAPA, 1988, *apud* CECA/FNMA, 1997). A umidade relativa do ar é alta e sua média anual fica em torno de 82%.

Dados do censo demográfico (IBGE 1991) referentes ao município de Florianópolis que tem uma área de 440 km², revelam uma população de 252.170 habitantes, sendo que 94% vive nas áreas urbanas.

Pode-se projetar para 1997 uma população de 271.183 habitantes e uma taxa de densidade de 616,33 habitantes/Km², verificando-se na área central, segundo o IPUF *apud* CECA/FNMA (1997), densidades acima de 2000 hab/ha.

3.3 PONTOS DE ESTUDO

Foram consideradas os seguintes critérios para a escolha dos pontos de medição:

1 – Para representar um conjunto de pontos, é necessário ter características de uma situação de “caso típico”, isto é, uma situação onde os efeitos negativos do tráfego sobre as pessoas fossem médios.

2 – Para avaliar o impacto dos níveis sonoros e de monóxido de carbono sobre as pessoas, não se poderia estar afastado das residências ou locais de trabalho onde elas ficam expostas, por mais de 8 horas, ao barulho e ao poluente.

3 – Para minimizar a influência de outras fontes que afetam os níveis sonoros e de monóxido de carbono, não se deveria estar localizado próximo a construções, indústrias, aeroportos, aclives ou declives, curvas, cruzamentos, estacionamentos, marquises, redutores de velocidade e movimentação de pedestres. Essas fontes, aliadas a dispersão dos gases e propagação do som ao ar livre, tornam os dados não representativos para o objetivo desta pesquisa.

Dessa forma foram selecionados os seguintes pontos de estudo (FIGURA 3.1) da cidade de Florianópolis, que possui uma parte localizada na Ilha de Santa Catarina e outra no Continente:

a) Ilha de Santa Catarina:

Ponto 01 – R. Heitor Luz (Entre Av. Mauro Ramos e R. Jairo Callado)

Ponto 02 – R. Othon Gama D’Eça (Entre R. Bocaiúva e R. Armínio Tavares)

Ponto 03 – Av. Rio Branco (Entre R. Othon Gama D’Eça e R. Nereu Ramos)

Ponto 04 – Av. Hercílio Luz com R. Fernando Machado

Ponto 05 – Terminal Urbano (Entre R. Nunes Machado e R. Saldanha Marinho)

Ponto 06 – R. Jerônimo Coelho (Entre R. Vidal Ramos e R. Osmar Cunha)

b) Continente:

Ponto 07 – R. Pedro Demoro (Entre R. Mal. Hermes e R. Antunieta Barros)

Ponto 08 – R. Eurico Gaspar Dutra (Entre R. Santos Saraiva e R. Valgas Neves)

Ponto 09 – Av. Ivo Silveira (Entre R. Pedro I e R. Pedro II).

3.4 GRANDEZAS ADOTADAS

Esta pesquisa pretende medir os níveis sonoros e a concentração de monóxido de carbono gerados pelo tráfego, para tanto, adotará os seguintes indicadores representativos para esta análise:

a) Parâmetros de Tráfego:

Volume de Tráfego – representado pelo volume de veículos leves - VL (carros de passeio e caminhonetes), volume de veículos pesados - VP (caminhões e ônibus) e o volume de motocicletas – VM, que circulavam durante o período descrito na parte 3.5 (página 51). A escolha desse tipo de contagem objetiva caracterizar a composição do tráfego na via selecionada.

b) Parâmetros de Poluição Sonora

Poluição Sonora - representado através do **Nível Equivalente de Energia - L_{eq} , dB(A)**; a escolha baseia-se na medida física do ruído que é fácil de ser compreendida, sua previsão teórica não é complicada, e os níveis de ruídos medidos em termos de L_{eq} são mais facilmente manipuláveis do que outros índices estatísticos (FREITAS, 1991). Considerou-se também para análise dos resultados os **Níveis Percentuais Estatísticos L_{10}** (Nível sonoro medido em dB(A), excedido em 10% do tempo) e **L_{90}** (Nível sonoro medido em dB(A), excedido em 90% do tempo, utilizado para análise de ruído de fundo).

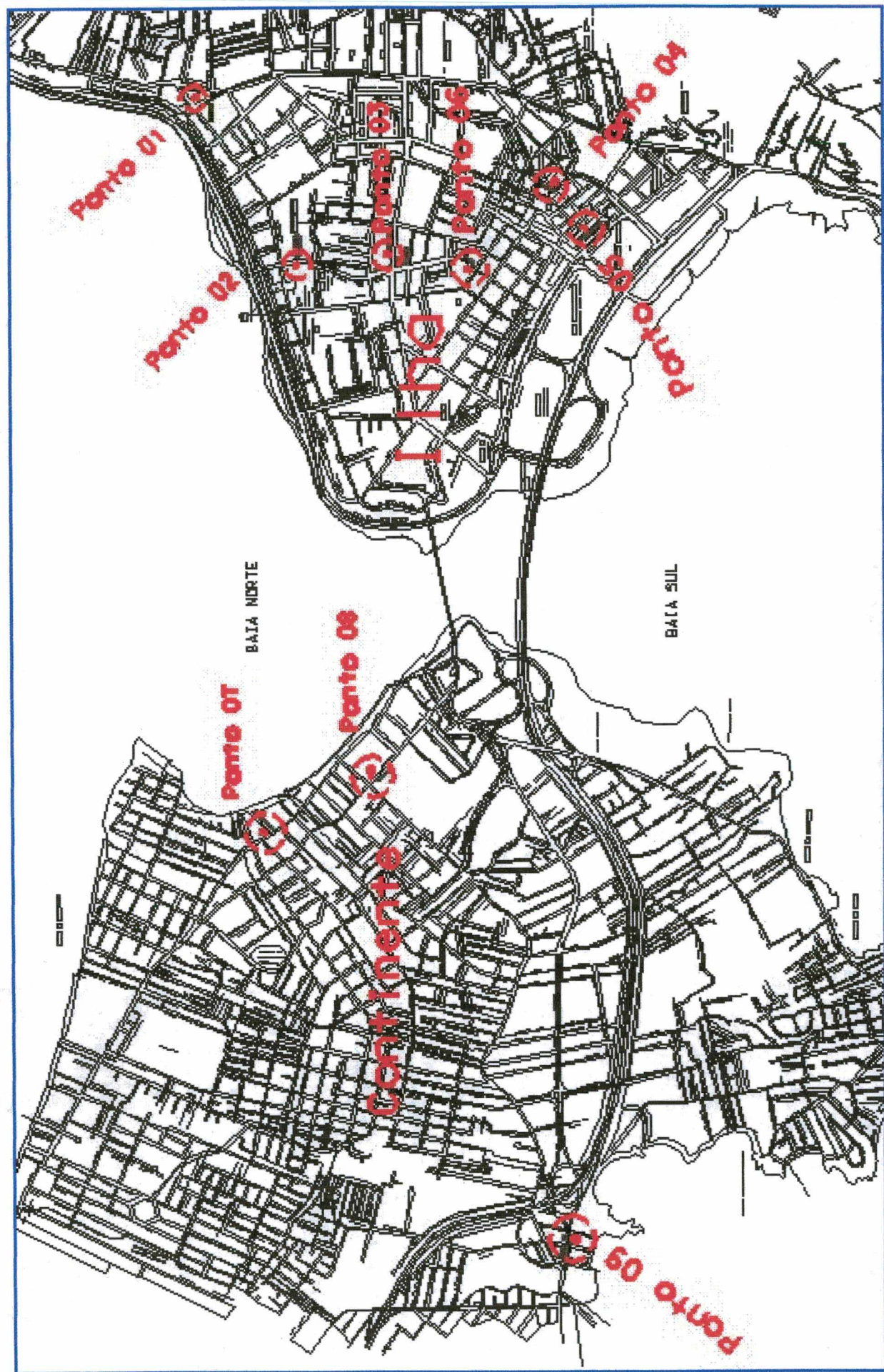


FIGURA 3.1 – Localização da área de estudo (Fonte: IPUF, 1998).

c) Parâmetros de Poluição Atmosférica

Poluição Atmosférica - representado através da **Concentração de Monóxido de Carbono (CO) - C_{co} (ppm)**. A escolha da concentração de monóxido de carbono para representar a poluição atmosférica, deve-se a importância que este tipo de poluente tem para a qualidade do ar urbano e também, as características inerentes a este poluente conforme é mostrado a seguir (FREITAS, 1991):

- é emitido por todos os combustíveis veiculares;
- sua emissão apresenta forte correlação com os regimes de operação do tráfego (aceleração, desaceleração, velocidade constante);
- sua concentração pode ser medida de forma contínua e assim possibilita testes para situações onde ocorrerão flutuações de tráfego e das condições meteorológicas em período de tempo curto;
- é um poluente quimicamente inerte, portanto sua concentração não é alterada por reações químicas;
- em áreas urbanas, sua principal fonte de emissão é de origem veicular, e
- pode ser usado como um indicador dos níveis de poluição atmosférica causada por outros tipos de poluente (ex: hidrocarbonetos e chumbo).

d) Parâmetros Geométricos da Via

Foram coletadas as seguintes características geométricas da via em relação ao ponto de medição selecionado: **largura da via, distância do cruzamento mais próximo, distância da fachada ou muros e distância do aparelho ao meio-fio, com dimensões em metros.**

Também foi caracterizado o **sentido do fluxo de tráfego** em relação ao centro da cidade.

e) Parâmetros Meteorológicos

As seguintes variáveis meteorológicas foram fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do Ministério da Agricultura: **temperatura em °C** (máxima, mínima e média diária, e valores intermediários às 12:00 e 24:00 h Time Meridian Greewich (TMG), isto é, 9:00 e 21:00 h local), **umidade em %** (umidade relativa média diária do ar e valores intermediários às 12:00, 18:00 e 24:00 h TMG, isto é, 9:00, 15:00 e 21:00 h local) e **velocidade do ar em m/s** (valores intermediários às 12:00, 18:00 e 24:00 TMG).

3.5 COLETA DOS DADOS

As medições do **volume de veículos leves - VL** (carros de passeio e caminhonetes), **volume de veículos pesados - VP** (caminhões e ônibus) e o **volume de motocicletas - VM**, foram realizadas através de contagem manual durante o período de 7:30 às 21:10, sendo 10 minutos em cada hora fora de pico e 60 minutos nos horários de pico. Foram considerados horários de pico de tráfego: de 7:30 às 8:30 h, de 11:30 às 12:30 h, de 13:30 às 14:30 h e 17:30 às 18:30 h. Valores⁵ estes observados em estudos de tráfego para a cidade de Florianópolis. **O nível equivalente de energia - L_{eq}** e os **níveis percentuais estatísticos L_{10} e L_{90}** , foram coletados de 7:30 às 21:10 h, durante 10 minutos contínuos em cada hora. **A concentração de monóxido de carbono - CO**, foi medida continuamente no período de 7:30 às 21:10, com médias a cada 10 minutos.

Os medidores de nível sonoro e de concentração de monóxido de carbono foram posicionados a uma distância horizontal de 0,5 m da via, a uma distância vertical de 1,2 m e, no mínimo, a 1,5 m de fachadas ou superfícies refletoras

3.6 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Foram utilizados os seguintes equipamentos de medição:

a) Dados de Ruído

Para a coleta dos dados de ruído foram utilizados Medidor de Nível Sonoro Bruel&Kjaer, tipo 2236-D (FIGURA 3.2) sobre tripé (dimensões: 257x97x41 mm), modelo 1 que obedece à IEC 651 de 1979 e à 804 de 1985, e também à ANSIS 1.4 de 1983 e ao Projeto S 1.43 de 6 de Setembro de 1992. Contendo filtro de proteção contra a ação do vento, microfone para campo livre tipo 4188 pré-polarizado de ½”, calibrador acústico tipo 4230 que emite um sinal de calibração em campo livre nominal de 93,8 dB a 1 kHz para calibração antes de cada série de medições e verificação depois de cada série. O medidor foi configurado para iniciar automaticamente em cada hora numa faixa de medição de 40 a 120 dB, tempo de resposta F (para medições normais) e ponderação de frequência A (para medições acústicas em geral). Para transferir os dados diários o medidor foi conectado ao computador que utilizava o programa de comunicação B&K dB2XL que faz leituras direto no programa Excel.

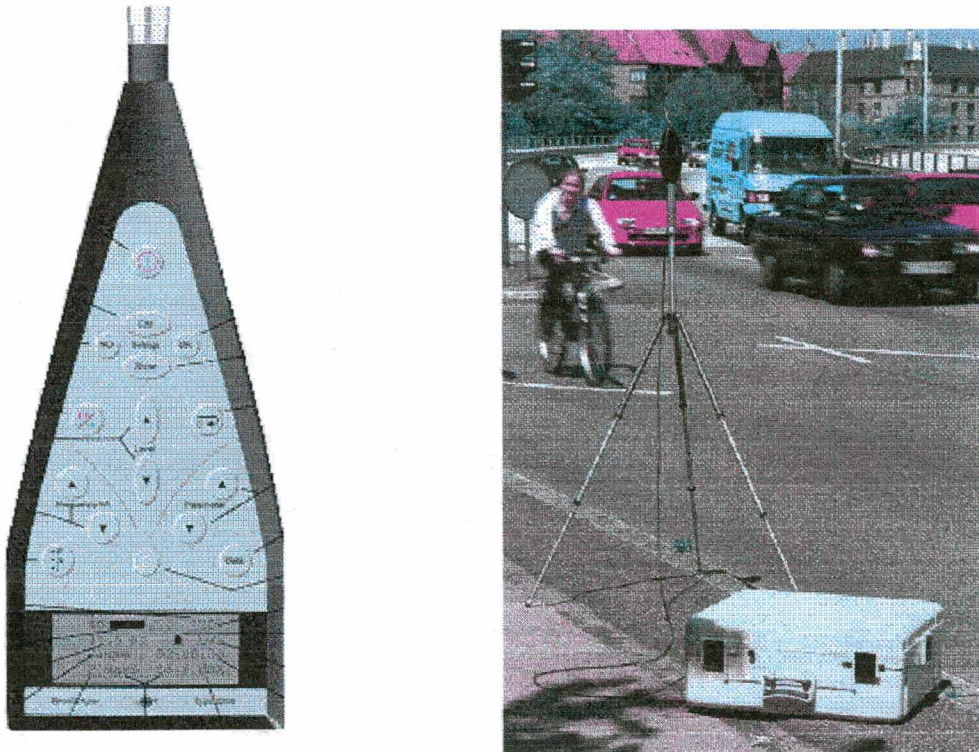


FIGURA 3.2 – Medidor de nível sonoro e a posição para medição de ruído de tráfego.

Fonte: BRUEL&KJAER (1993) e BRUEL&KJAER (1997).

b) Dados de Monóxido de Carbono

Os níveis de monóxido de carbono gerados pelo tráfego foram obtidos utilizando-se medidor de monóxido de carbono StreetBox (FIGURA 3.3), desenvolvido pelo Pesquisador Ben Croxford da Universidade de Londres. O aparelho opera com programa de computador instalado antes da medição, podendo coletar dados continuamente durante semanas. No final do período o aparelho foi conectado a um computador que utilizava o programa de comunicação “Terminal – do Windows 3.1” e o programa “Sbwin – desenvolvido por Ben Croxford” para transferir os dados coletados e salvá-los como arquivos texto que podiam ser lidos e gravados como arquivos do programa Excel. O aparelho apresenta as seguintes características:

- Tamanho de 171 x 122 x 55 mm (caixa impermeável);
- Monóxido de Carbono, CO: 0 - 40 ppm (precisão $\pm 0,1$ ppm);
- Temperatura: -20 a +70°C (precisão $\pm 1\%$);
- Umidade: RH% (precisão $\pm 2\%$);
- Baterias: Duas pilhas alcalinas tamanho PP3 9 V e quatro pilhas alcalinas tamanho AA 1,5 V, com opção para recarregar com painel de energia solar;
- Memória: grava dados a cada 6 minutos com diversas opções de intervalos de saída (por exemplo, 10 min, 60 min);
- Compatibilidade: Windows (95, 3.1, NT) e Macintosh.

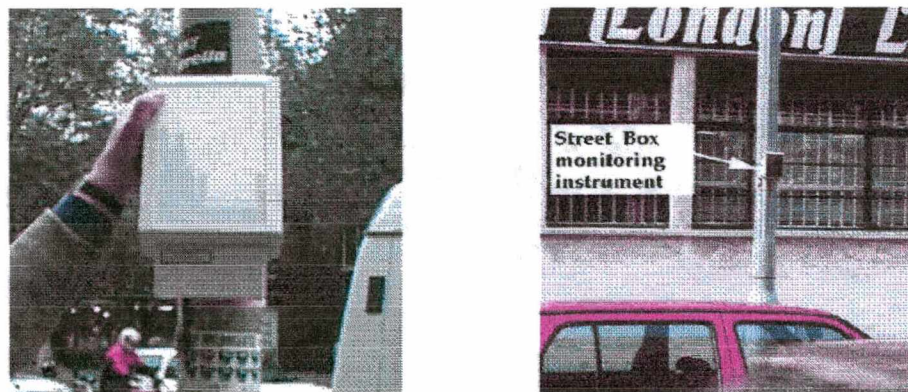


FIGURA 3.3 – Medidor de monóxido de carbono e a posição para medição da concentração de monóxido de carbono de tráfego urbano.

Fonte: Croxford (1998).

4. ANÁLISE DOS DADOS

Os dados de tráfego, monóxido de carbono e ruído foram obtidos segundo a metodologia descrita no capítulo 3. Destes dados foram elaborados uma série de gráficos, a fim de proporcionar uma melhor visualização do comportamento das variáveis.

4.1. FROTA DE VEÍCULOS

Florianópolis possui uma frota cadastrada de 126.071 veículos, (DETRAN, 1997), distribuídos conforme a FIGURA 4.1, encontrando-se uma relação aproximada de 1 veículo para 2 pessoas, alta em relação a média nacional que é de 1 veículo para 11 pessoas. Esta relação indica o uso predominante do transporte individual ao invés do transporte alternativo o que é preocupante para a degradação do meio ambiente considerando que cada carro, para uma velocidade de 40 a 60 km/hora, joga na atmosfera 28 litros/minuto de monóxido de carbono (BORREGO *et al.*, 1996).

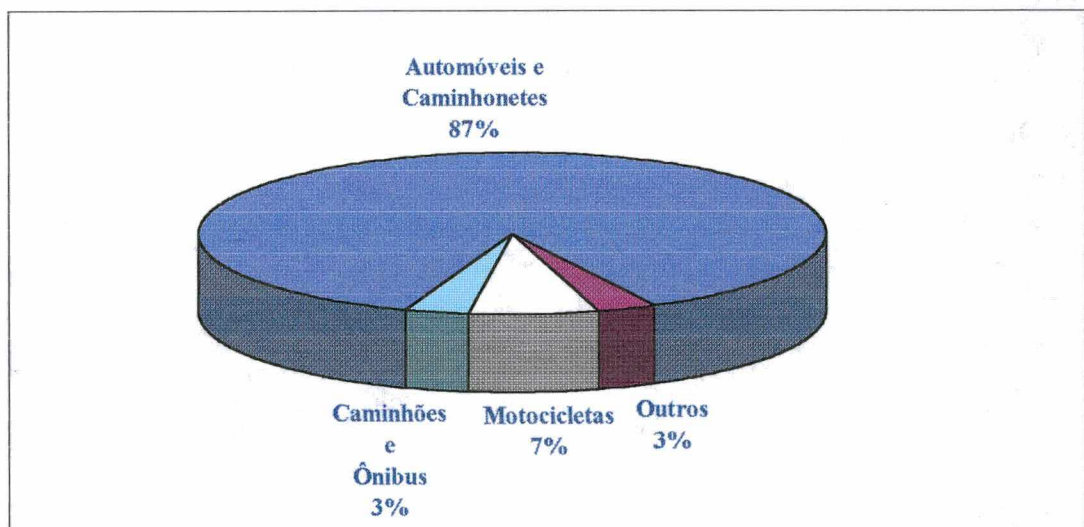


FIGURA 4.1 – Composição da Frota de Veículos no Município de Florianópolis

Fonte: DETRAN/SC (1997)

Segundo o DETER (citado por CECA/FNMA, 1997), no aglomerado urbano de Florianópolis, existem 174 linhas de transporte coletivo convergindo para o centro da capital, transportando 316.000 passageiros diariamente, sendo 60 % no município e 40 % entre os demais municípios e Florianópolis. Além disto as próprias características de cidade poli-nucleada, faz com que existam contínuos fluxos internos em direção ao centro por parte dos moradores do norte e sul da Ilha. O turismo agrava ainda mais este problema, principalmente nos meses de forte fluxo de visitantes no período de verão.

4.2. VARIAÇÃO DA TEMPERATURA, UMIDADE E VELOCIDADE DO AR

Os dados foram coletados nas condições meteorológicas apresentadas na TABELA 4.1, que mostra a variação diária da temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento nos respectivos pontos de medição.

TABELA 4.1 – Dados meteorológicos
a) Temperatura °C

PONTO-LOCAL(DATA)	HORA(TM _G)*				MÉDIA DIÁRIA
	12:00	00:00	MAX	MIN	
01-Heitor Luz (11/11/97)	28,0	23,2	28,8	22,8	25,2
02-Othon G. DEça(12/11/97)	25,0	23,2	28,5	22,2	24,4
03-Rio Branco(13/11/97)	24,3	23,4	27,2	23,1	24,3
04-Hercílio Luz(04/12/97)	26,8	23,4	27,6	20,2	24,3
05-Terminal (09/12/97)	26,2	25,0	30,0	20,1	25,3
06-Jerônimo Coelho(25/11/97)	21,6	21,8	23,0	20,8	21,8
07-Pedro Demoro(26/11/07)	22,2	21,5	23,8	19,6	21,7
08-E. Gaspar Dutra(11/12/97)	25,2	23,4	27,8	22,8	24,5
09-Ivo Silveira (10/12/97)	26,4	24,0	29,0	22,8	25,2

*Hora no Meridiano de Greenwich

Fonte: INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

b) Umidade relativa do ar (%)

<i>PONTO-LOCAL(DATA)</i>	<i>HORA(TMG)*</i>			<i>MÉDIA DIÁRIA</i>
	12:00	18:00	00:00	
01-Heitor Luz (11/11/97)	73	77	93	84,0
02-Othon G. DEça(12/11/97)	84	78	96	88,5
03-Rio Branco(13/11/97)	86	91	88	88,3
04-Hercílio Luz(04/12/97)	84	82	87	85,0
05-Terminal (09/12/97)	70	66	82	75,0
06-Jerônimo Coelho(25/11/97)	84	87	82	83,8
07-Pedro Demoro(26/11/07)	84	87	97	91,3
08-E. Gaspar Dutra(11/12/97)	70	64	78	72,5
09-Ivo Silveira (10/12/97)	75	73	81	77,5

*Hora no Meridiano de Greenwich

Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

c) Velocidade do vento (m/s)

<i>PONTO-LOCAL(DATA)</i>	<i>HORA(TMG)*</i>		
	12:00	18:00	00:00
01-Heitor Luz (11/11/97)	CALMO	3,0 S	3,0 S
02-Othon G. DEça(12/11/97)	1,0 S	5,0 NE	CALMO
03-Rio Branco(13/11/97)	1,0 W	1,0 S	CALMO
04-Hercílio Luz(04/12/97)	1,0 SE	5,0 S	CALMO
05-Terminal (09/12/97)	CALMO	3,0 N	CALMO
06-Jerônimo Coelho(25/11/97)	2,0 SE	2,0 SE	CALMO
07-Pedro Demoro(26/11/07)	3,0 N	3,0 N	CALMO
08-E. Gaspar Dutra(11/12/97)	4,3 S	4,3 S	1,8 SE
09-Ivo Silveira (10/12/97)	1,0 N	5,0 N	5,0 NE

*Hora no Meridiano de Greenwich

Fonte: INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

4.3. DISTRIBUIÇÃO DIÁRIA DO TRÁFEGO

A apresentação dos dados coletados será pela ordem denominada aos pontos de medição e não pela ordem de datas de realização das coletas. Cada ponto conterá o mapa de sua posição em relação à rua selecionada e interseção mais próxima, bem como o gráfico de variação do fluxo de tráfego durante o período de pesquisa. As distâncias do ponto em relação à interseção mais próxima, fachada e meio-fio, estão descritas nas respectivas planilhas e expostas no anexo A, juntamente com os dados que originaram os gráficos.

a) Ponto 01 - R. Heitor Luz (Entre Av. Mauro Ramos e R. Jairo Callado)



FIGURA 4.2 – Posição do ponto 01 na Rua Heitor Luz

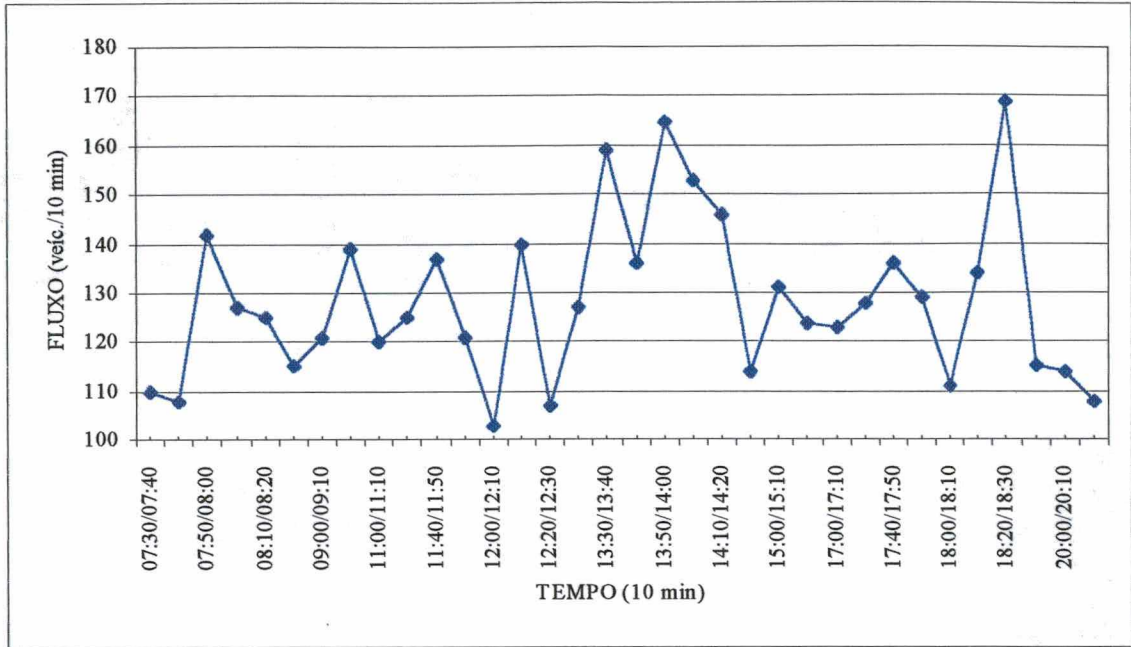


FIGURA 4.3 – Variação do fluxo de tráfego no ponto 01- Rua Heitor Luz

O ponto 01 localiza-se à esquerda da rua Heitor Luz no sentido bairro-centro, antes do semáforo. Neste ponto, a rua é de mão única com 2 faixas de tráfego e dá acesso, principalmente, ao Shopping Beira Mar e à Av. Mauro Ramos via expressa norte. É uma via arterial com congestionamentos periódicos.

O tráfego apresenta-se regular nos períodos de 7:30 h às 13:10 h e 14:20 h às 18:20 h.

Os picos máximos ocorrem nos períodos de 13:30/13:40 h, 13:50/14:00 h e 18:20/18:30 h com respectivamente 159, 165, 169 veículos a cada 10 minutos.

Este ponto apresenta um fluxo médio no período de 7:30 h às 21:10 h de 128 veículos a cada 10 minutos com um percentual médio de 11,4% de veículos pesados.

b) Ponto 02 – R. Othon Gama D’Eça (Entre R. Bocaiúva e R. Arminio Tavares)

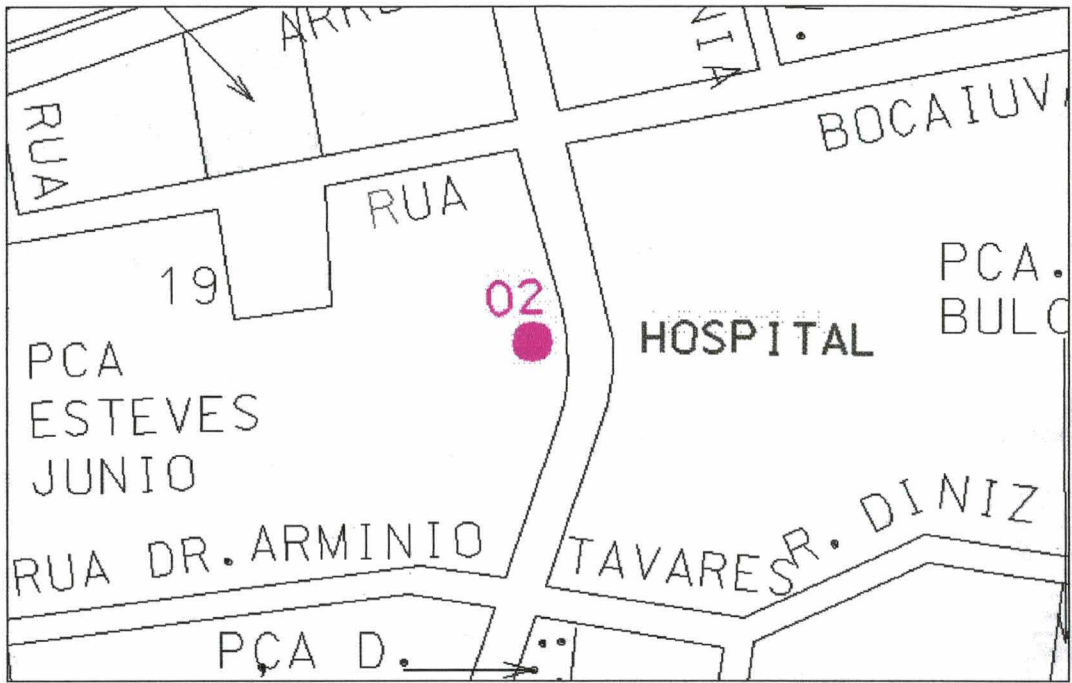


FIGURA 4.4 – Posição do Ponto 02 – Rua Othon Gama D’Eça

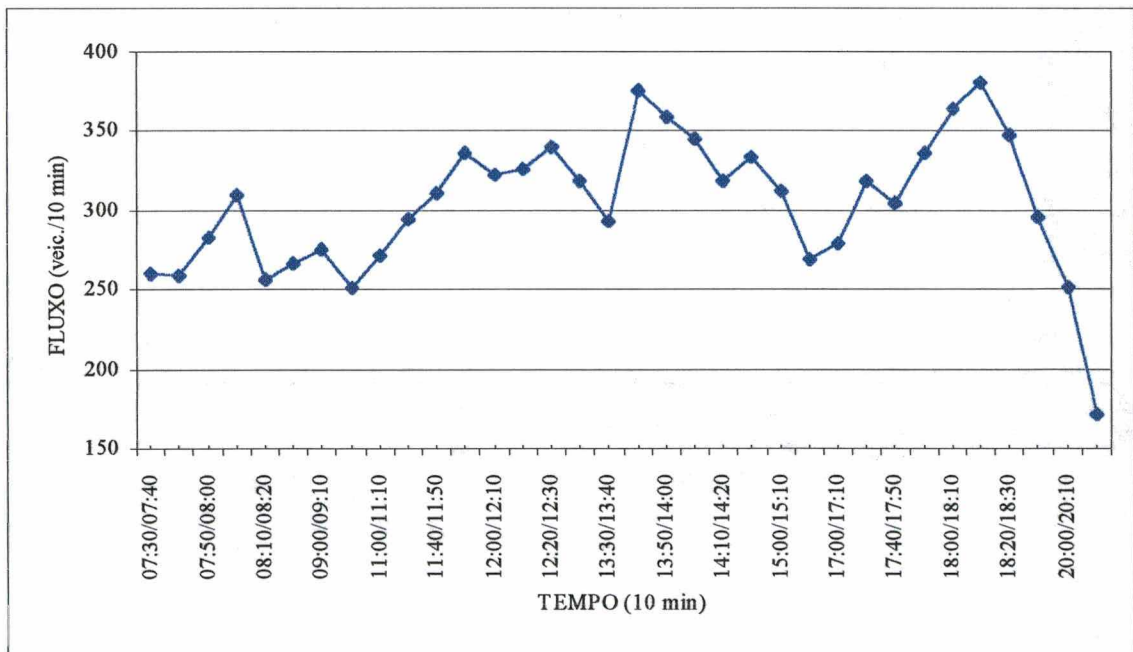


FIGURA 4.5 – Variação do fluxo de tráfego no Ponto 02 – Rua Othon Gama D’Eça

O ponto 02 situa-se na frente do Hospital Governador Celso Ramos na rua Othon Gama D'Eça, que possui quatro faixas de tráfego nos dois sentidos e estacionamento proibido em ambos.

O fluxo de veículos é intenso nos dois sentidos, variando na maior parte do tempo entre 250 a 350 veículos a cada 10 minutos e os veículos pesados tiveram uma participação média de 4,2%.

Os picos máximos ocorrem de 13:40/13:50 h e 18:10/18:20 h com fluxo de 376 e 381 veículos a cada 10 minutos respectivamente.

Em 80% do tempo medido, o fluxo total de tráfego ficou abaixo de 338 veículos/10 minutos.

c) Ponto 03 – Av. Rio Branco (Entre R. Othon Gama D'Eça e R. Nereu Ramos)



FIGURA 4.6 – Posição do Ponto 03 - Av. Rio Branco

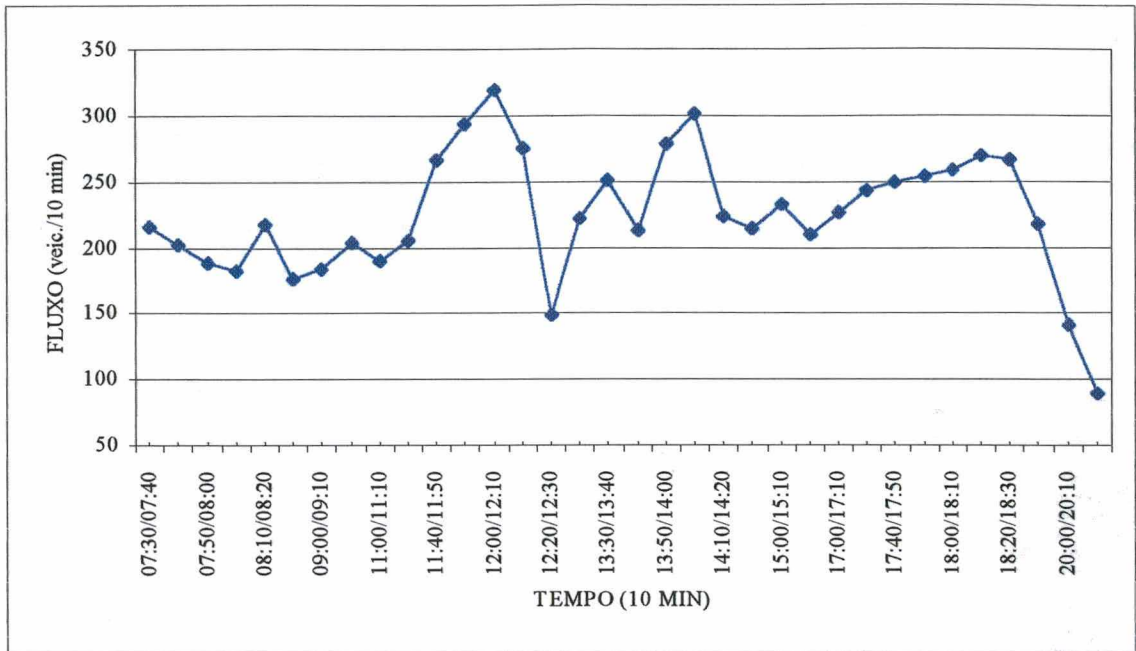


FIGURA 4.7 – Variação do fluxo de tráfego no Ponto 03 - Av. Rio Branco

A FIGURA 4.6 mostra a posição do ponto 03 na Av. Rio Branco, em frente a um posto de combustível. A avenida é praticamente circular à zona central do comércio da cidade, não tem canteiro central nem estacionamento, possui quatro faixas de tráfego nos dois sentidos.

Nota-se, pelo gráfico da FIGURA 4.7, que o fluxo de veículos mantém-se normal até as 11:40 h (aproximadamente 200 veículos a cada 10 minutos) e cresce até atingir seu máximo no período de 12:00/12:10 h (321 veículos/10 minutos).

Outros dois picos ocorrem nos períodos de 14:00/14:10 h e 18:10/18:20 h (270 veículos /10 minutos).

Em 80% do tempo de medição o fluxo de tráfego ficou abaixo de 267 veículos a cada 10 minutos.

O fluxo médio no período de 7:30 às 21:10 foi de 225 veículos a cada 10 minutos com um percentual médio de 2,7% de veículos pesados.

d) Ponto 04 – Av. Hercílio Luz com R. Fernando Machado

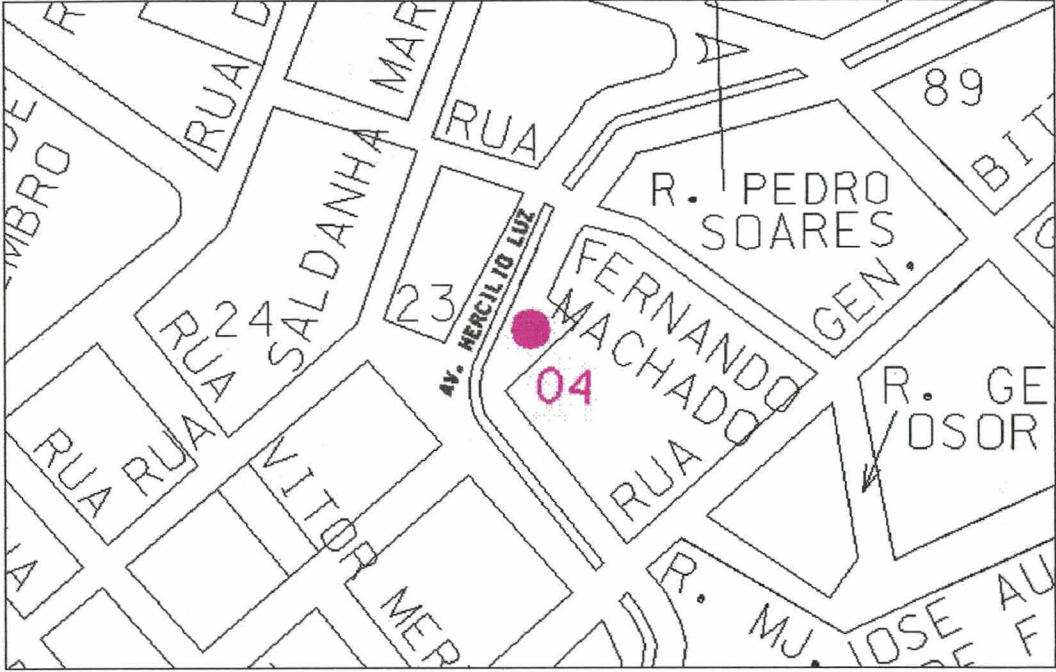


FIGURA 4.8 – Posição do Ponto 04 na Av. Hercílio Luz

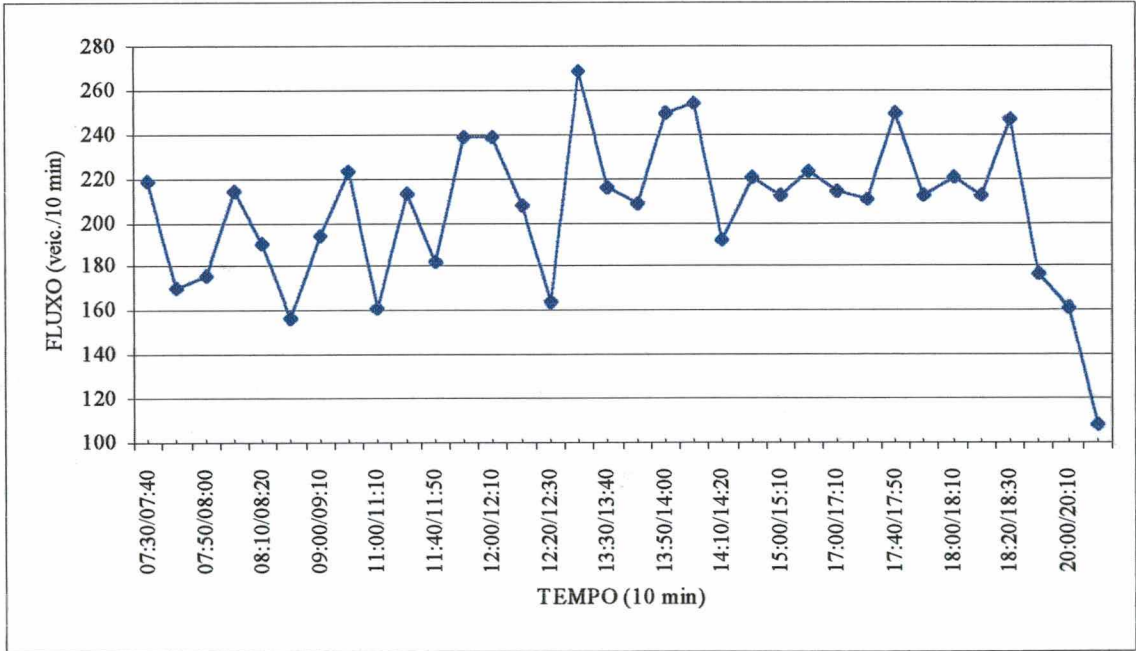


FIGURA 4.9 – Variação do fluxo de tráfego no Ponto 04 - Av. Hercílio Luz

O trecho da Av. Hercílio Luz que contém o Ponto 04 é usado para estacionamento, carga e descarga no canteiro central. A velocidade é lenta e o fluxo mantém-se equilibrado durante o dia.

O pico máximo ocorreu no período de 13:00/13:10 h com um fluxo médio de 269 veículos/10 minutos.

A presença dos veículos pesados durante o período de coleta foi em média de 3,1%.

O fluxo total médio durante o período de contagem (7:30/21:30 h) foi de 206 veículos/10 minutos.

Em 80% dos casos, o fluxo de tráfego nos dois sentidos ficou abaixo de 229 veículos/10 minutos.

Ponto 05 – Terminal Urbano (Entre R. Nunes Machado e R. Saldanha Marinho)

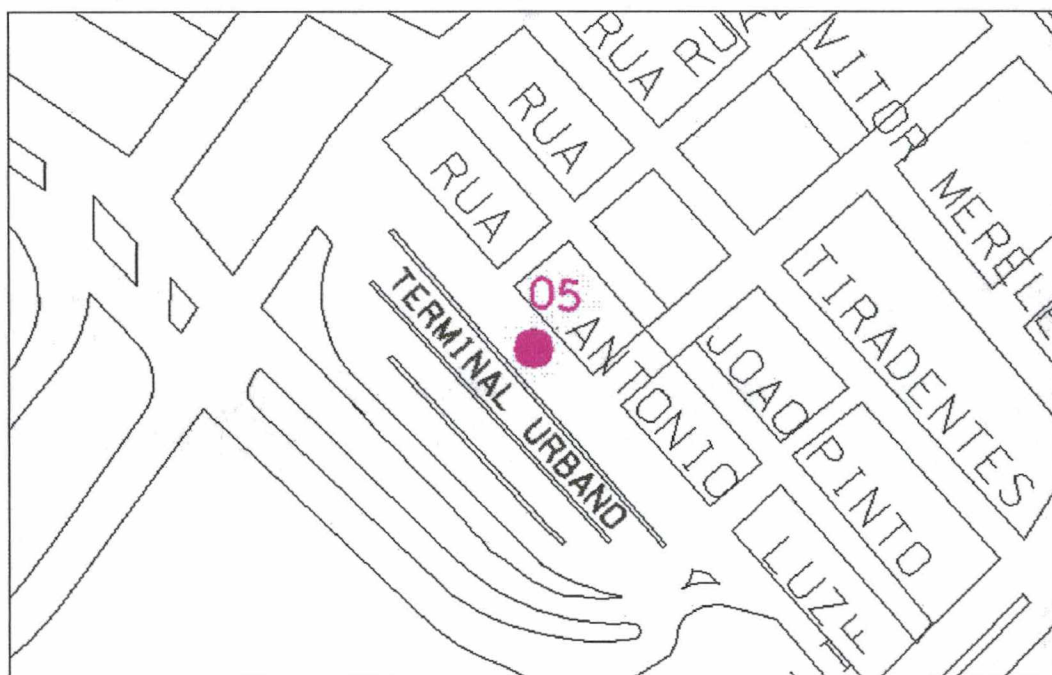


FIGURA 4.10 – Posição do Ponto 05 no terminal urbano

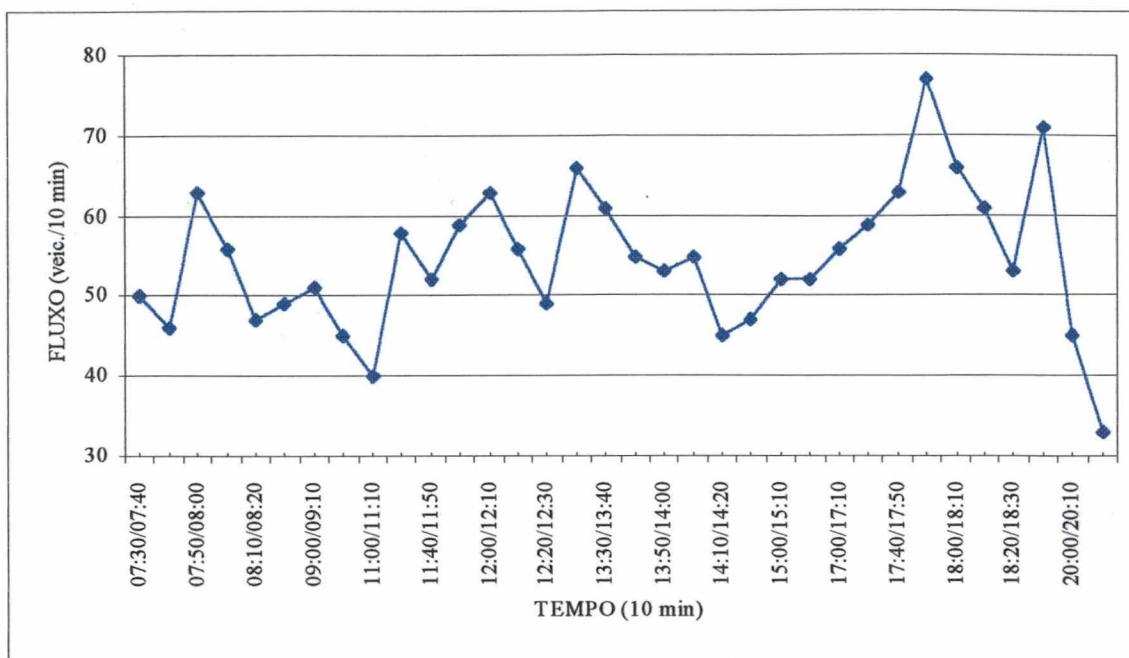


FIGURA 4.11 – Variação do fluxo de tráfego do Ponto 05 – Terminal urbano

O ponto 05 localiza-se entre a rua Antônio Luz e o terminal urbano de Florianópolis. Esta rua não apresenta movimentação de veículos, apenas de pedestres. O fluxo de ônibus é na parte interna do terminal a 9,0 m de distância do equipamento.

O fluxo mantém-se variando entre 40 e 65 ônibus/10 minutos das 7:30 h às 17:50 h.

O Pico máximo ocorreu no período de 17:50 /18:00 h onde foram registrados 77 ônibus/10 minutos.

Em 80% dos casos, o fluxo de tráfego ficou abaixo de 62 veículos/10 minutos.

A média geral do fluxo de tráfego no período de contagem foi de 55 veículos/10 minutos.

Ponto 06 – R. Jerônimo Coelho (Entre R. Vidal Ramos e R. Osmar Cunha)

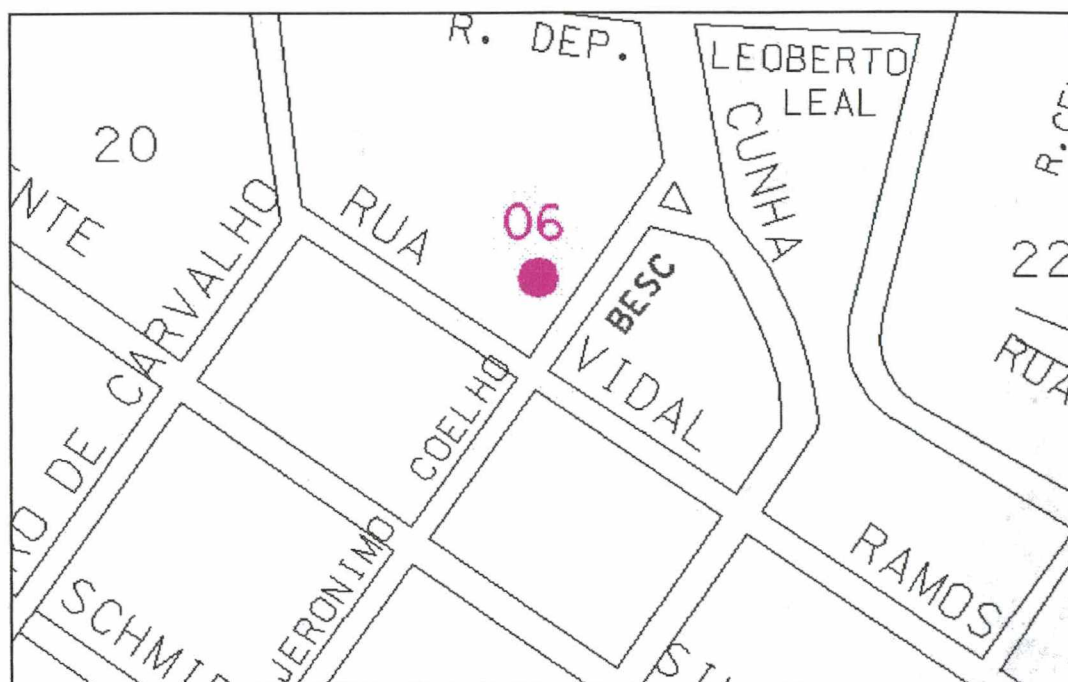


FIGURA 4.12 – Posição do Ponto 06 - Rua Jerônimo Coelho

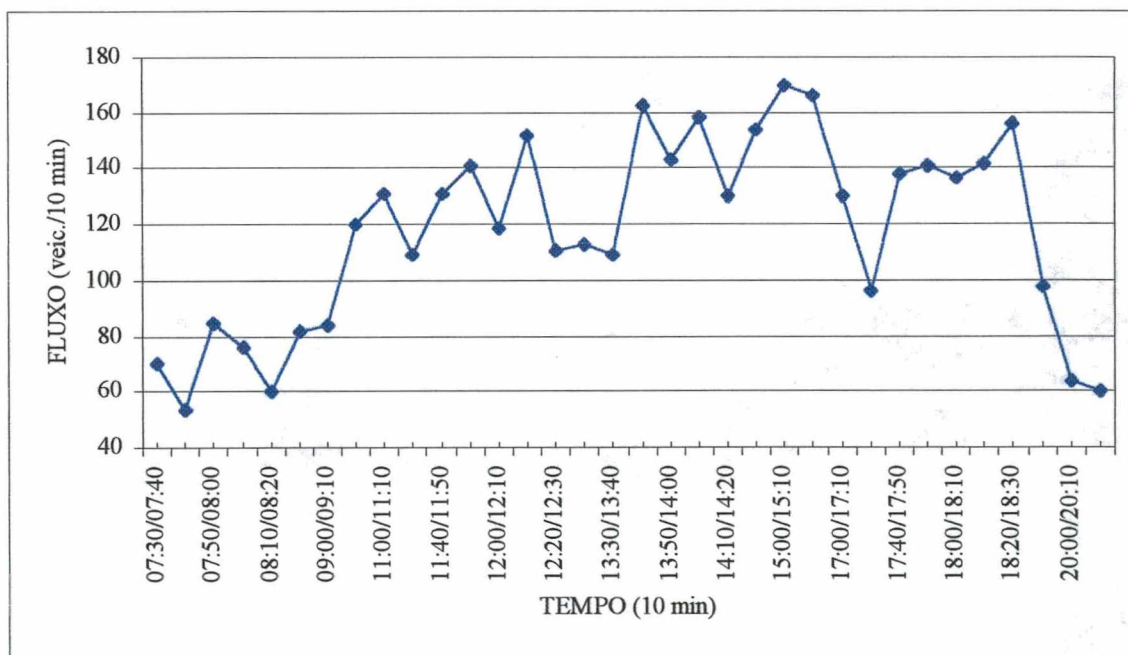


FIGURA 4.13 – Variação do fluxo de tráfego no Ponto 06 – Rua Jerônimo Coelho

A FIGURA 4.12 mostra a posição do ponto 06 na rua Jerônimo Coelho. Neste ponto a rua é de mão única, estreita (8m) e forma um típico desfiladeiro. As medições foram realizadas no dia 25/11/97.

O fluxo de veículos (FIGURA 4.13) foi crescente pela manhã até atingir um dos picos no período de 12:10/12:20 h (152 veículos/10 minutos). Os outros picos foram maiores e ocorreram nos seguintes períodos: 13:40/13:50 (163 veículos/10 minutos); 15:00/15:10 h (170 veículos/10 minutos); 16:00/16:10 h (165 veículos/10 minutos); 18:20/18:30 (156 veículos/10 minutos).

A média geral do fluxo foi de 117 veículos/10 minutos.

Em 80% do período de amostragem o fluxo ficou abaixo de 147 veículos/10 minutos.

O percentual médio de veículos pesados foi de 5,2% durante o período de coleta.

Ponto 07 – R. Pedro Demoro (Entre R. Mal. Hermes e R. Antunieta Barros)

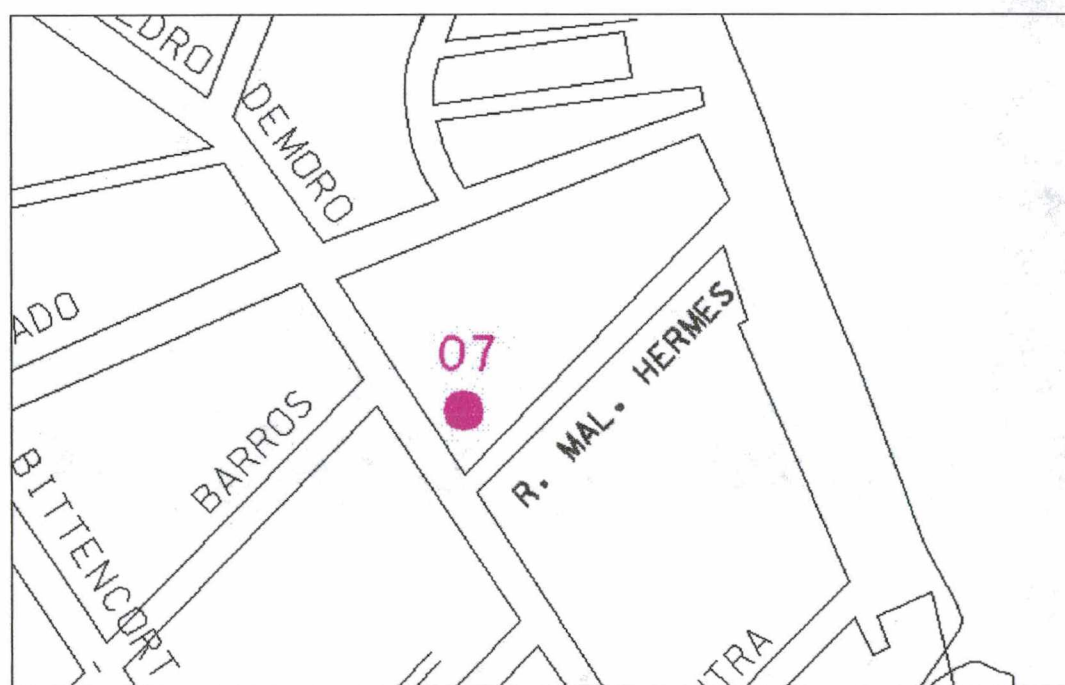


FIGURA 4.14 – Posição do Ponto 07 na R. Pedro Demoro

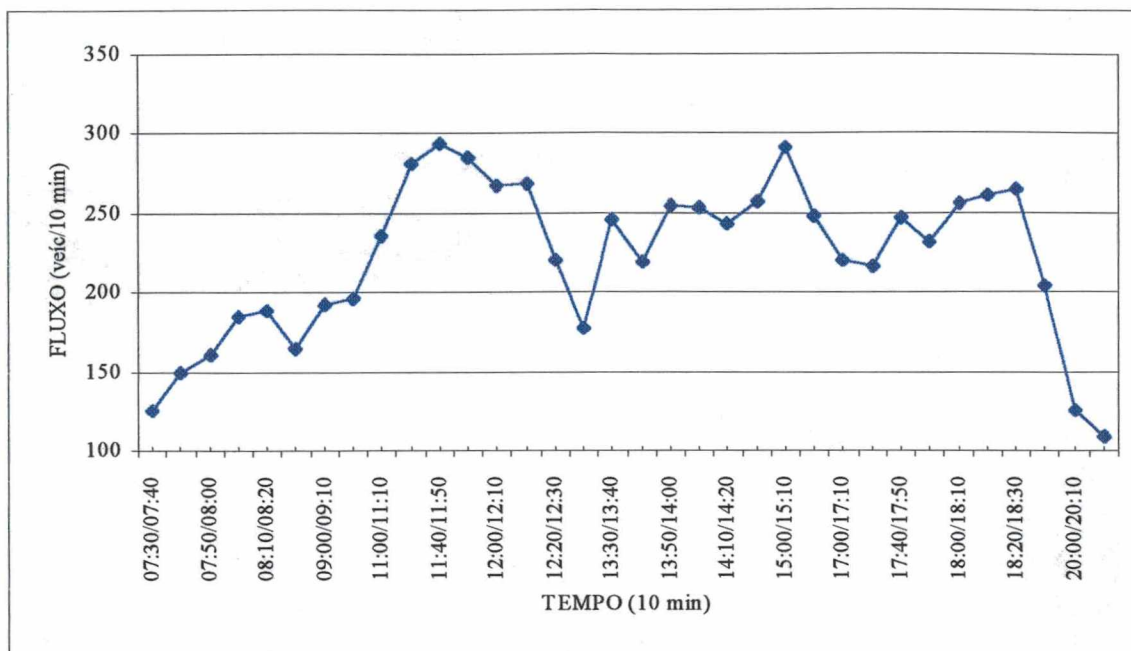


FIGURA 4.15 – Variação do fluxo de tráfego no Ponto 07 - R. Pedro Demoro

No dia 26/11/97 (Quarta feira) fez-se a medição no ponto 07 (FIGURA 4.14) localizado numa via de mão única com duas faixas de tráfego e estacionamento proibido (Rua Pedro Demoro, com 8 m de largura) fora da zona central da cidade, mas principal corredor de tráfego do centro da cidade para os bairros do norte do continente.

Observando o gráfico da FIGURA 4.15, nota-se que os maiores fluxos de veículos ocorreram nos horários de 11:40/11:50 (294 veículos/10 minutos), 15:00/15:10 (290 veículos/10 minutos) e 18:20/18:30 h (265 veículos/10 minutos). Ficando o tráfego calmo nos horários de 7:30/7:40, 13:00/13:10 e após às 20:00.

Em 80% das observações, o fluxo de tráfego ficou abaixo de 263 veículos/10 minutos.

O fluxo médio durante o período de coleta foi de 222 veículos/10 minutos, sendo que o percentual de veículos pesados chegou em média a 8,7%.

Ponto 08 – R. Eurico Gaspar Dutra (Entre R. Santos Saraiva e R. Valgas Neves)

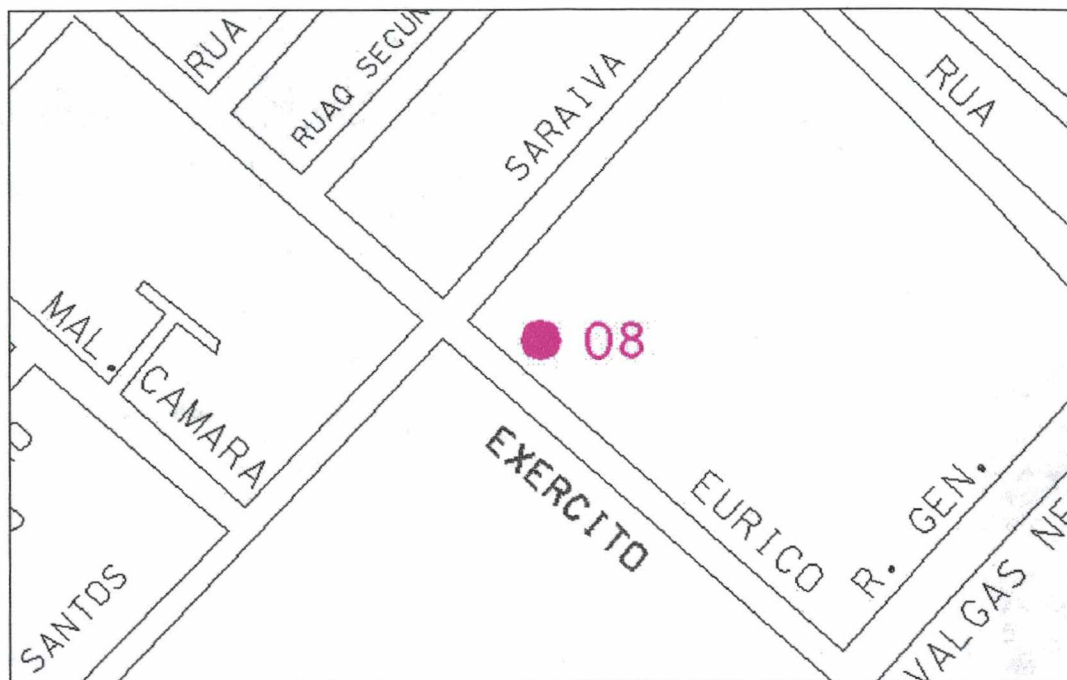


FIGURA 4.16 – Posição do Ponto 08 na Rua Eurico Gaspar Dutra

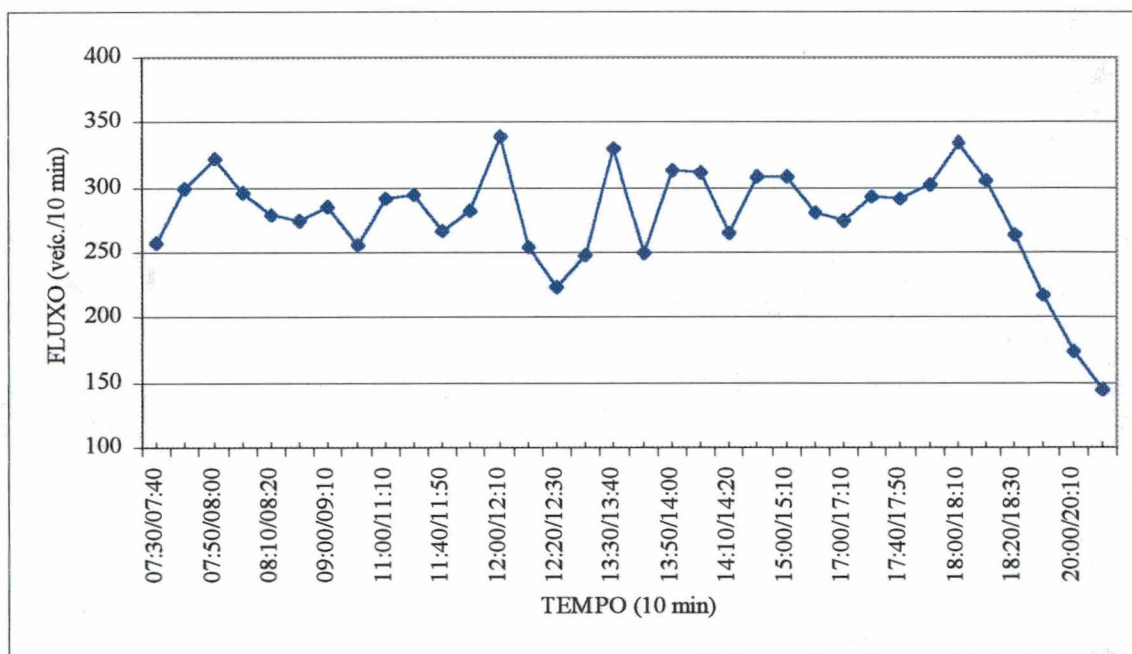


FIGURA 4.17 – Variação do fluxo de tráfego no Ponto 08 - R. Eurico Gaspar Dutra

O ponto 08 (R. Eurico Gaspar Dutra), ao contrário do ponto 07, localiza-se no principal corredor de tráfego dos bairros da zona norte do continente para o centro da cidade. (FIGURA 4.16). Tem as mesmas características do ponto 07, com a vantagem na largura da via (10 m), com duas faixas de tráfego.

O fluxo de tráfego neste ponto mantém-se intenso durante todo o dia, aproximadamente 300 veículos/10 minutos e uma queda acentuada apenas durante a noite.

Este ponto tem o maior fluxo médio de veículos em relação aos outros pontos pesquisados, são 278 veículos/10 minutos, sendo que os veículos pesados participam com uma média percentual de 8,0%.

Ponto 09 – Av. Ivo Silveira (Entre R. Pedro I e R. Pedro II)

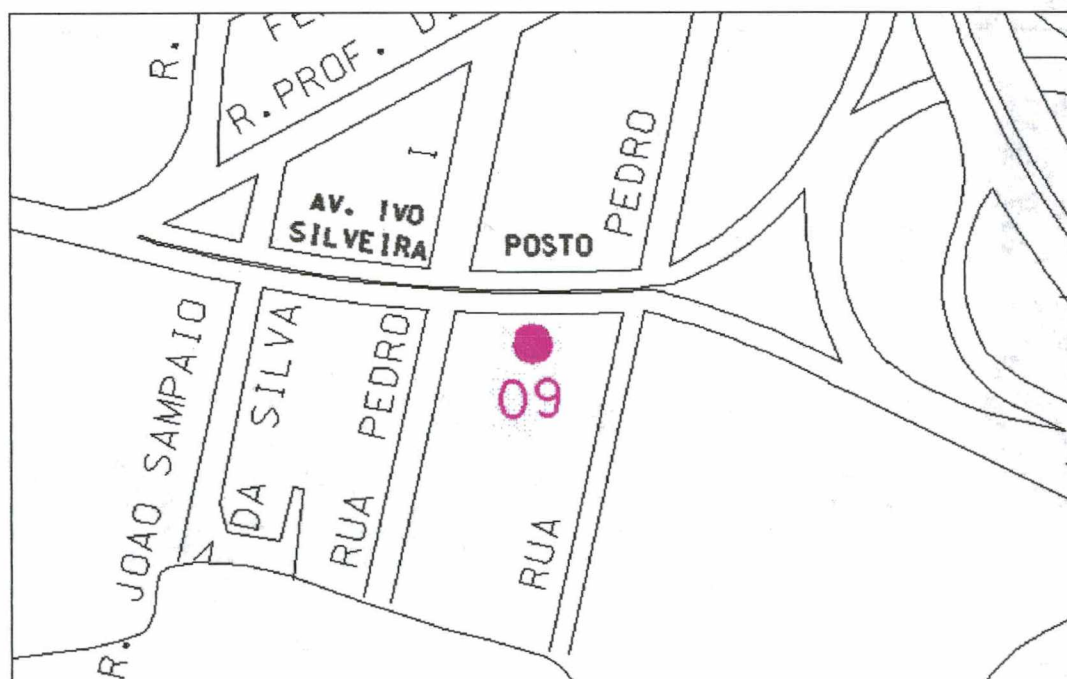


FIGURA 4.18 – Posição do Ponto 09 na Av. Ivo Silveira

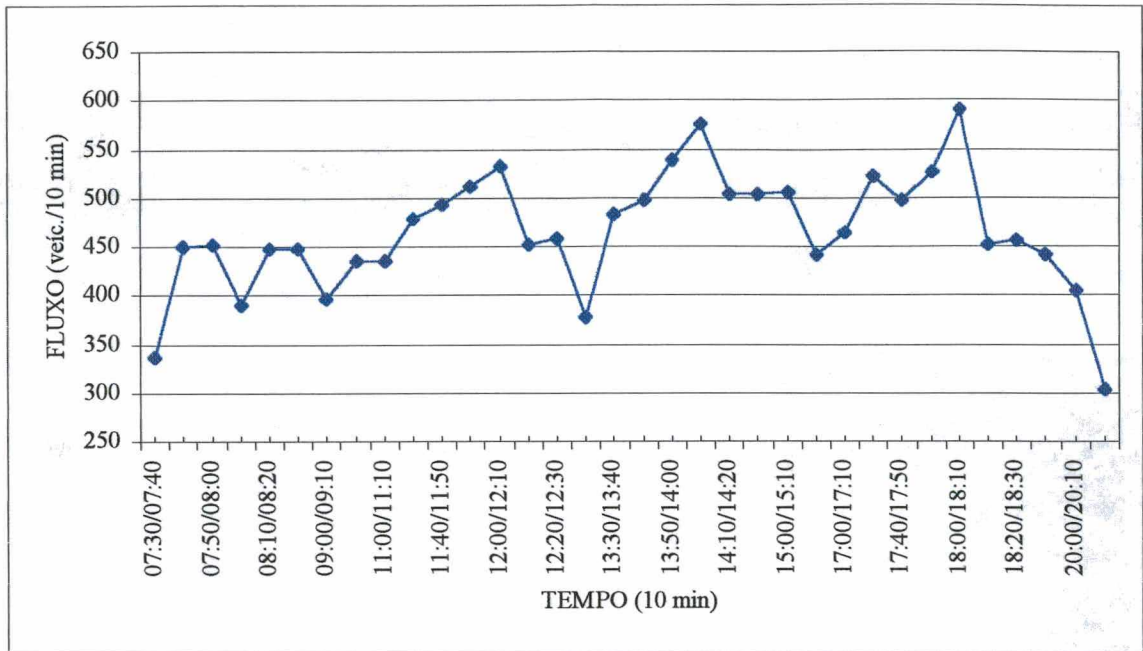


FIGURA 4.19 – Variação do fluxo de tráfego no Ponto 09

O ponto 09 na Av. Ivo Silveira (FIGURA 4.18) é o mais afastado do centro da cidade. A Avenida tem canteiro central de 2 m, duas faixas de tráfego por sentido e localiza-se próximo ao limite do município de Florianópolis com São José.

Este ponto apresenta o maior fluxo médio de veículos em relação aos outros pontos pesquisados durante o período de amostragem, são 465 veículos /10 minutos.

Os dois principais picos ultrapassam 550 veículos/10 minutos.

A participação dos veículos pesados no fluxo total é de 8,8 %.

Em 80% dos casos, o fluxo médio ficou abaixo de 508 veículos/10 minutos.

4.4 – DISTRIBUIÇÃO DIÁRIA DE MONÓXIDO DE CARBONO

As concentrações máximas de CO ocorreram no ponto 08 – Rua Eurico G. Dutra (FIGURA 4.27), no período das 11:50/12:00 h (10,8 ppm) e, no ponto 01 – Rua Heitor Luz (FIGURA 4.20), das 13:00/13:10 h (10,7 ppm), quando observamos que o fluxos de tráfego eram de picos. Os pontos mínimos das concentrações de CO foram nos períodos de menores volumes de tráfego.

Os níveis de monóxido de carbono em comparação com os padrões de qualidade estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução n.º 003 de 28 de junho de 1990 (TABELA 4.2), mostram que não houve risco da concentração ultrapassar os limites padronizados.

TABELA 4.2: Padrões de qualidade do ar

<i>Poluente</i>	<i>Padrão</i>		<i>Tempo de exposição</i>
	<i>($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	<i>(ppm)</i>	<i>(h)</i>
CO	10.000	9	8
	40.000	35	1

Fonte: CONAMA, Resolução n.º 003, de 28 de junho de 1990 (adaptação)

- Os valores máximos não devem ser excedidos mais de uma vez por ano;
- 1 ppm = 1145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

As FIGURAS 4.20 a 4.28 mostram os gráficos do comportamento da concentração de monóxido de carbono em cada ponto selecionado.

Os valores que deram origem aos gráficos estão no anexo A.

a) Ponto 01 – R. Heitor Luz (Entre Av. Mauro Ramos e R. Jairo Callado)

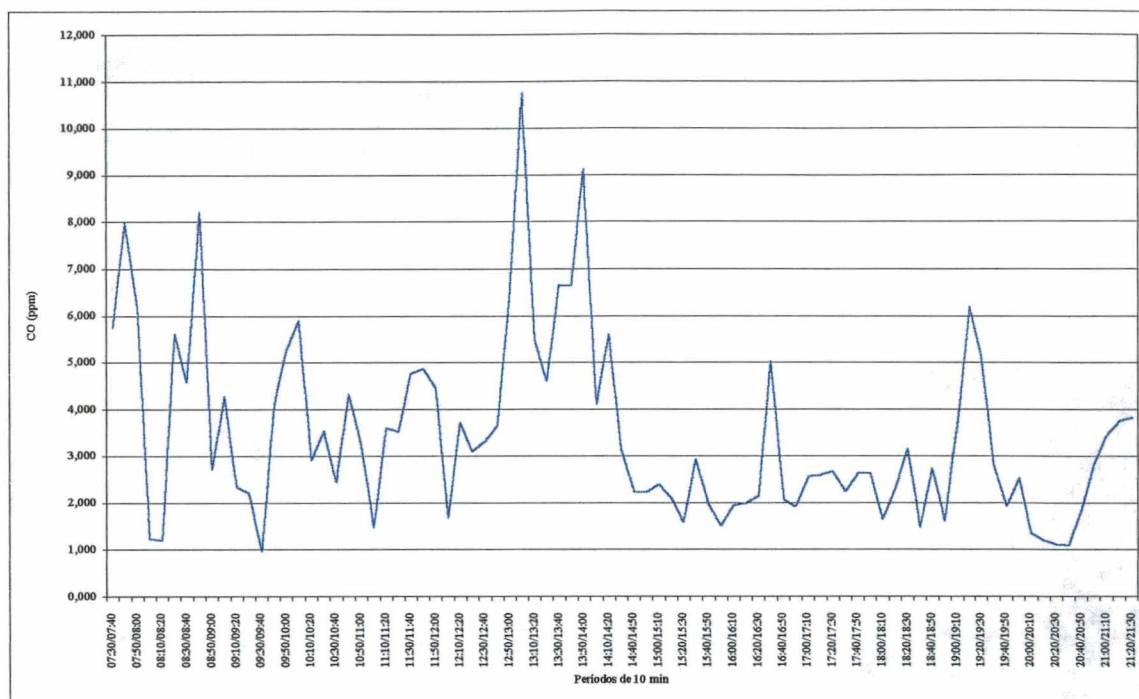


FIGURA 4.20 – Distribuição diária de CO no ponto 01 - Rua Heitor Luz

A FIGURA 4.20 mostra o gráfico da variação da concentração de monóxido de carbono na rua Heitor Luz (ponto 01).

Os dois maiores picos da concentração média de 10 minutos ocorreram nos períodos de 13:00/13:10 h (10,7 ppm) e 13:50/14:00 h (9,1 ppm).

A maior concentração média de 1 hora foi de 7,2 ppm, ocorrida entre 13 h e 14 h. Para 8 horas, foi de 4,1 ppm, ocorrida no período de 7:30/15:30 h. Comparando estes níveis com os limites da concentração padronizada, para 1 h (35 ppm) e 8 h (9 ppm), CONAMA (1990), TABELA 4.2, nota-se que os níveis de concentração não foram ultrapassados.

As medidas realizadas no ponto estiveram 80% do período total de medição abaixo de 4,9 ppm.

b) Ponto 02 – R. Othon Gama D’Eça (Entre R. Bocaiúva e R. Armínio Tavares)

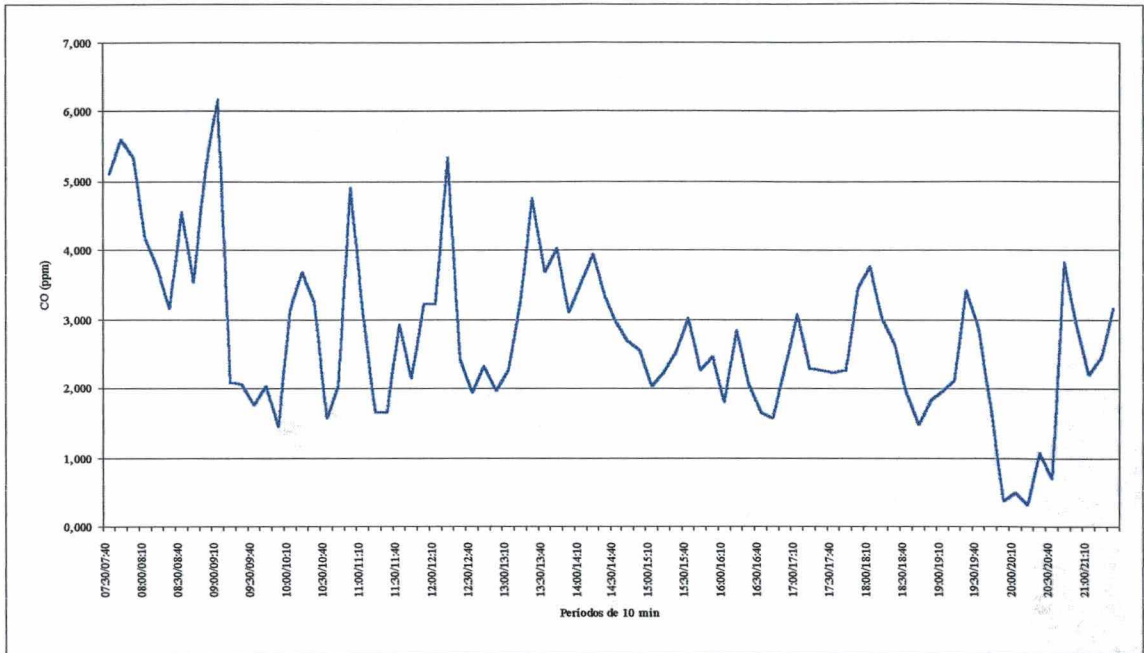


FIGURA 4.21 – Distribuição diária de CO no ponto 02 - Rua Othon Gama D’Eça

A variação de monóxido de carbono (CO) mostrada no gráfico da figura 4.21 apresenta pela parte da manhã os maiores picos da concentração de 10 minutos nos seguintes períodos:

- 7:40/7:50 5,6 ppm
- 9:00/9:10 6,2 ppm
- 12:10/12:20 5,3 ppm

A média máxima de 1 hora foi de 4,5 ppm (7:30/8:30h). E, de 8 h, foi 3,2 ppm (7:30/15:30h). Comparando estas concentrações com os padrões de qualidade do ar (TABELA 4.2), nota-se que os níveis de concentração, neste ponto, não foram ultrapassados.

Em 80% do tempo medido os níveis de concentração ficaram abaixo de 3,6 ppm.

c) Ponto 03 – Av. Rio Branco (Entre R. Othon Gama D’Eça e R. Nereu Ramos)

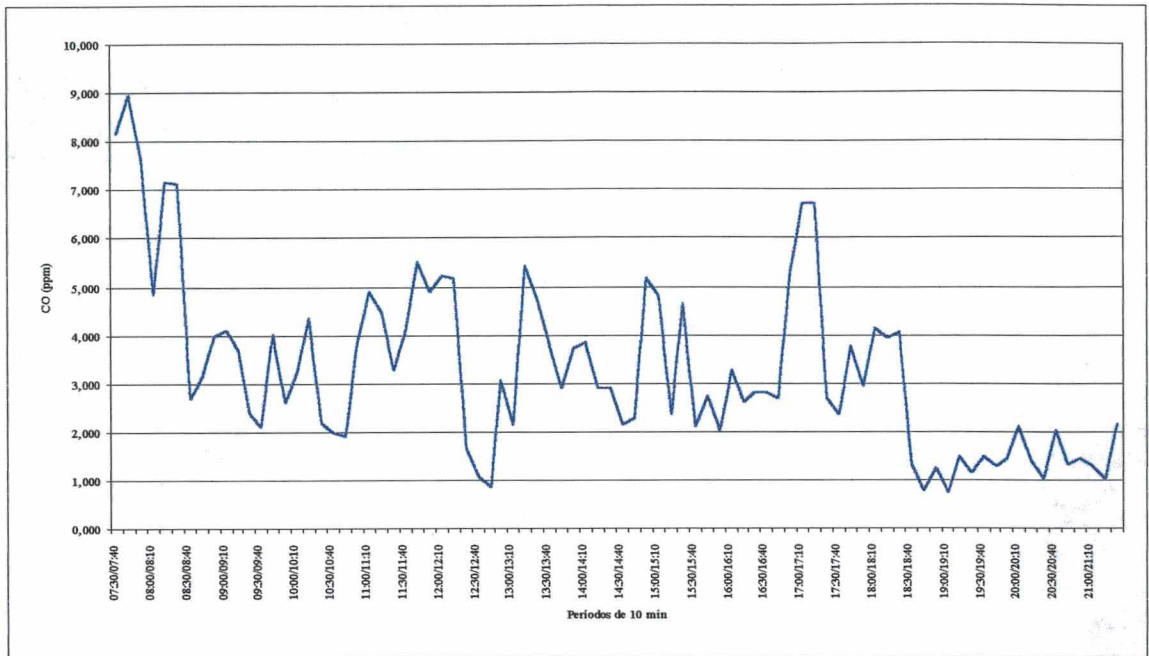


FIGURA 4.22 – Distribuição diária de CO no ponto 03 - Av. Rio Branco

O ponto 03 na Av. Rio Branco apresenta picos descendentes de variação da concentração de monóxido de carbono (FIGURA 4.22)

O pico máximo da concentração de 10 minutos ocorreu no período de 7:40/7:50h (8,9 ppm). A concentração média máxima de 1 hora foi de 7,3 ppm que ocorreu entre 7:30h e 8:30h. Para 8 h foi de 3,9 ppm (7:30/15:30). Comparando estes níveis com os limites da concentração padronizada, para 1 h (35 ppm) e 8 h (9 ppm), CONAMA (1990), TABELA 4.2, nota-se que os níveis de concentração não foram ultrapassados.

Em 80% das concentrações, os valores estiveram abaixo de 4,8 ppm.

A concentração média total (14 h de medição) foi de 3,3 ppm.

d) Ponto 04 – Av. Hercílio Luz com R. Fernando Machado

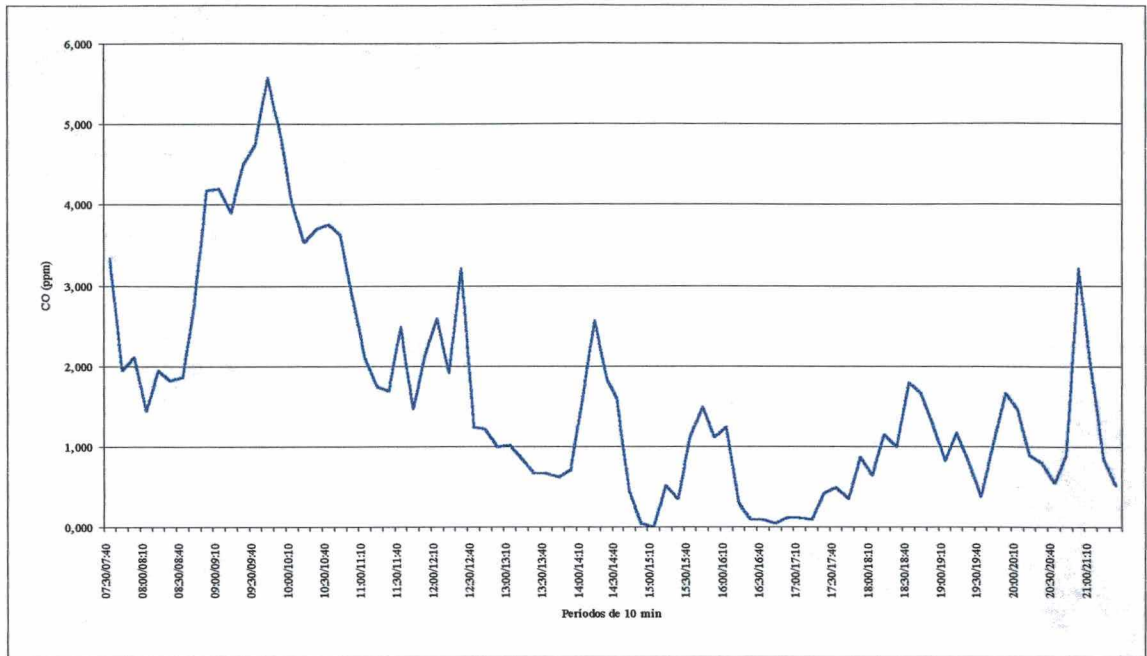


FIGURA 4.23 – Distribuição diária de CO no ponto 04 - Av. Hercílio Luz

A FIGURA 4.23 mostra o comportamento das concentrações de monóxido de carbono no ponto 04 na Av. Hercílio Luz.

Nota-se que os picos são decrescentes à partir das 9:40 h, onde a concentração registrada foi de 5,6 ppm.

A concentração média máxima de 1 hora foi de 4,6 ppm, que ocorreu das 9:00h às 10:00h. Para 8 horas, a concentração média máxima foi de 2,2 ppm, ocorrida de 7:30h às 15:30h. Comparando estas concentrações com os padrões de qualidade do ar (TABELA 4.2), nota-se que os níveis de concentração, neste ponto, não foram ultrapassados.

Em 80% das medidas realizadas, neste ponto, registrou-se um valor inferior a 2,7 ppm.

e) Ponto 05 – Terminal Urbano (Entre R. Nunes Machado e R. Saldanha Marinho)

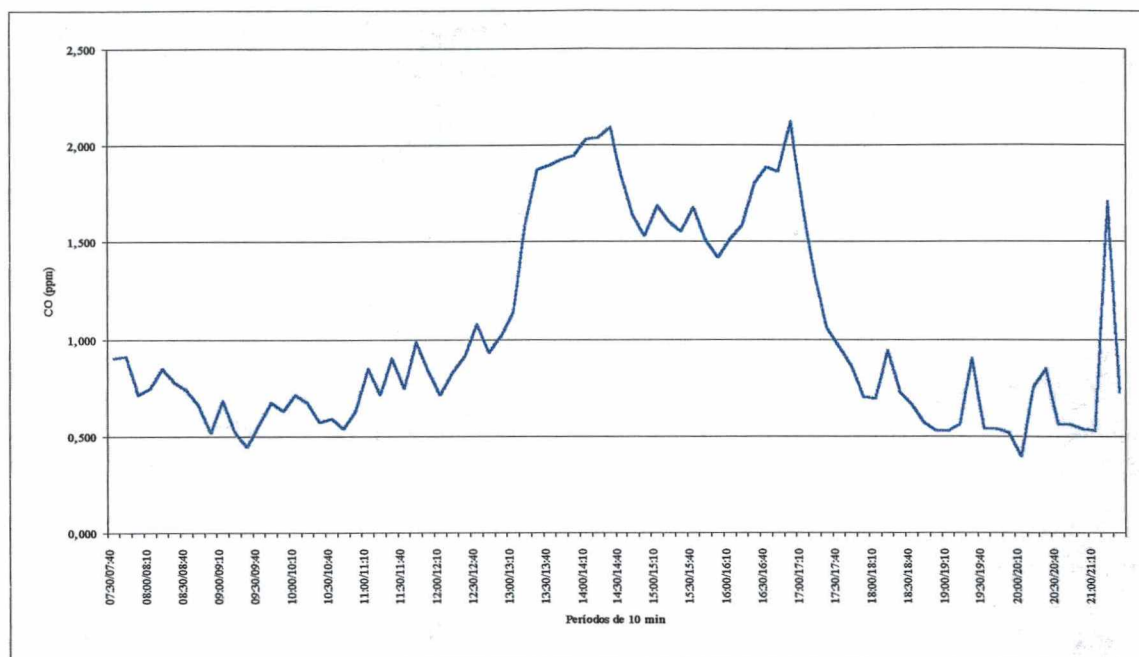


FIGURA 4.24 – Distribuição diária de CO no ponto 05 - Terminal Urbano

Neste ponto, o gráfico da FIGURA 4.24 apresenta uma concentração de CO crescente até o pico das 14:20/14:30h (2,1 ppm). Outro pico ocorreu às 16:50/17:00h (2,1 ppm).

Observa-se que os níveis de concentração de CO no terminal (ponto 05) são os mais baixos de todos os outros. Isto pode ser devido ao tipo de combustível (diesel) utilizado pelos ônibus que produz índices menores de CO.

A média máxima de 1 hora foi de 2,0 ppm (13:30/14:30). Para 8 horas, a média dos níveis de concentração de monóxido de carbono, foi de 1,3 ppm, ocorrida entre 10:50/18:50 h.

Em 80% dos casos, foram registrados valores de concentração menores que 1,6 ppm. A média geral da concentração (14 h de medição) foi de 1,0 ppm.

f) Ponto 06 – R. Jerônimo Coelho (Entre R. Vidal Ramos e R. Osmar Cunha)

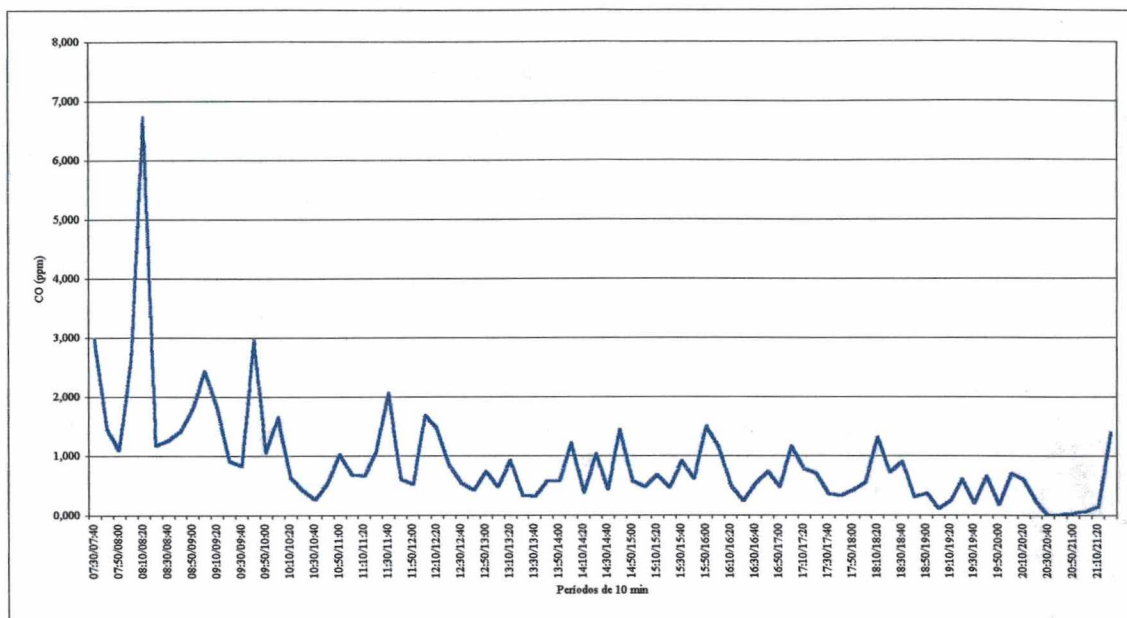


FIGURA 4.25 – Distribuição diária de CO no ponto 06 - Rua Jerônimo Coelho

Registrou-se no ponto 06 (FIGURA 4.25) um pico inicial às 8:10/8:20 h de 6,7 ppm e, no restante do período medido, os níveis mantiveram-se muito baixos variando de 0 a 2 ppm.

A média máxima da concentração de 1 hora foi de 2,7 ppm (7:30/8:30h). Para 8 horas foi registrado uma média máxima da concentração de 1,2 ppm (7:30/15:30h). Comparando estas concentrações com os níveis padrões da TABELA 4.2, nota-se que os níveis observados não ultrapassam nenhum dos limites.

Em 80% do tempo medido, a concentração de CO esteve abaixo de 1,3 ppm.

A média geral dos níveis de concentração medidos durante 14 horas foi de 0,9 ppm.

g) Ponto 07 – R. Pedro Demoro (Entre R. Mal. Hermes e R. Antunieta Barros)

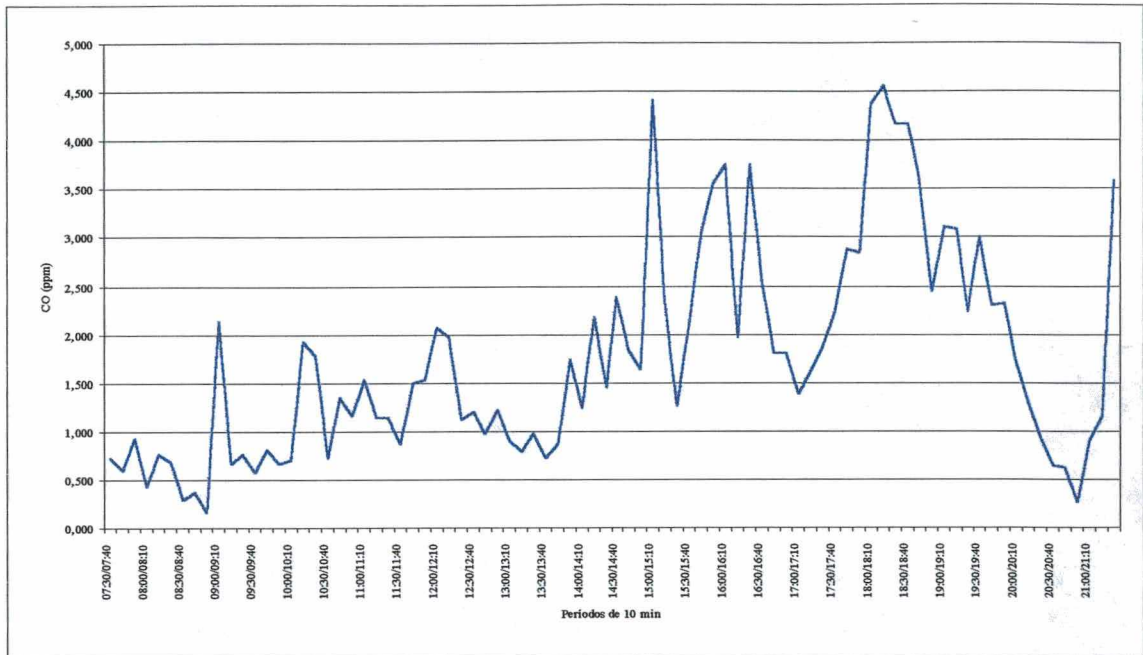


FIGURA 4.26 – Distribuição diária de CO no ponto 07 - Rua Pedro Demoro

O gráfico do ponto 07 (FIGURA 4.26) mostra uma concentração crescente até atingir o pico da 15:00/15:10 de 4,4 ppm. Outro pico foi registrado às 18:10/18:20 h de 4,6 ppm.

A média máxima para a concentração de 1 hora foi de 4,0 ppm (17:50/18:50h). E, para a concentração de 8 horas, foi de 2,3 ppm (12:00/20:00h). Estes níveis observados não ultrapassaram os limites padrões de qualidade do ar.

Em 80% dos casos os níveis de concentração estiveram abaixo de 2,5 ppm.

A concentração média total dos níveis coletados neste ponto, durante o período de 14 h, foi de 1,8 ppm.

h) Ponto 08 – R. Eurico Gaspar Dutra (Entre R. Santos Saraiva e R. Valgas Neves)

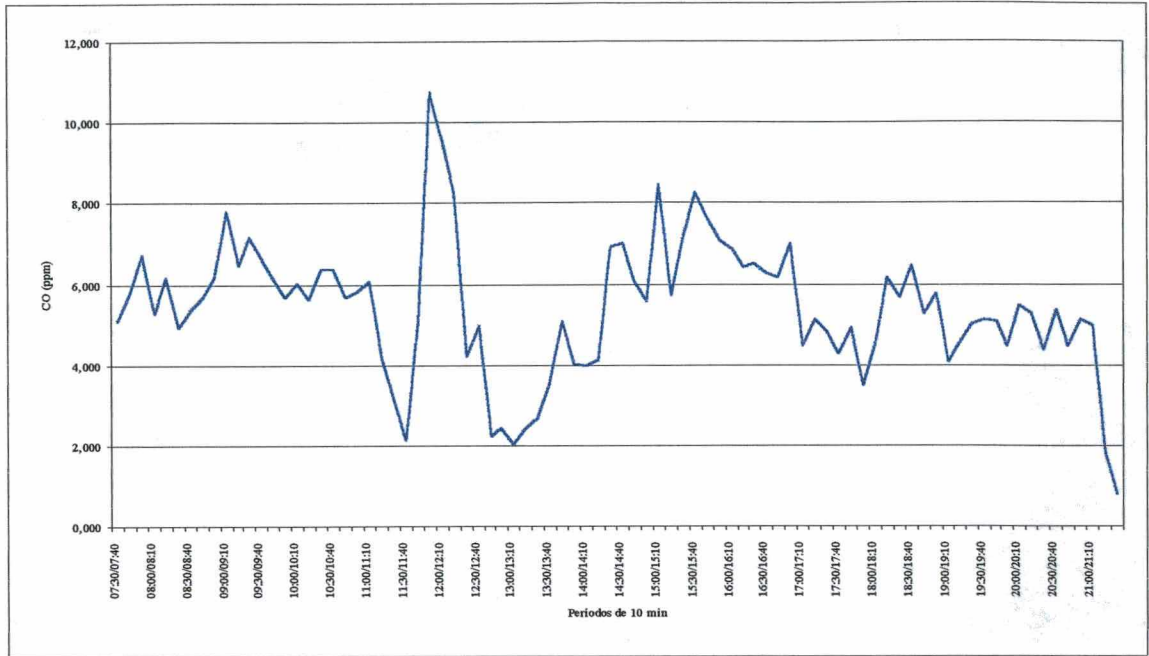


FIGURA 4.27 – Distribuição diária de CO no ponto 08 - Rua Eurico Gaspar Dutra

Esta FIGURA (4.27) mostra graficamente que a concentração de CO até as 11:00 h estava equilibrada. Ocorreu um pico de 10,8 ppm de 11:50/12:00 h, voltando à estabilidade até atingir um outro pico menor de 8,5 ppm de 15:00/15:10 h e, a partir daí, volta ao equilíbrio novamente.

A concentração média máxima de 1 hora foi de 7,4 ppm (15:00/16:00). E, para 8 horas, foi de 5,8 ppm (12:00/20:00h). Estes níveis observados não ultrapassaram os limites padrões de qualidade do ar.

Em 80% dos casos os níveis de concentração foram inferiores a 6,5 ppm.

A concentração média total do período de coleta dos dados (7:30/21:30) foi de 5,4 ppm.

Ponto 09 – Av. Ivo Silveira (Entre R. Pedro I e R. Pedro II)

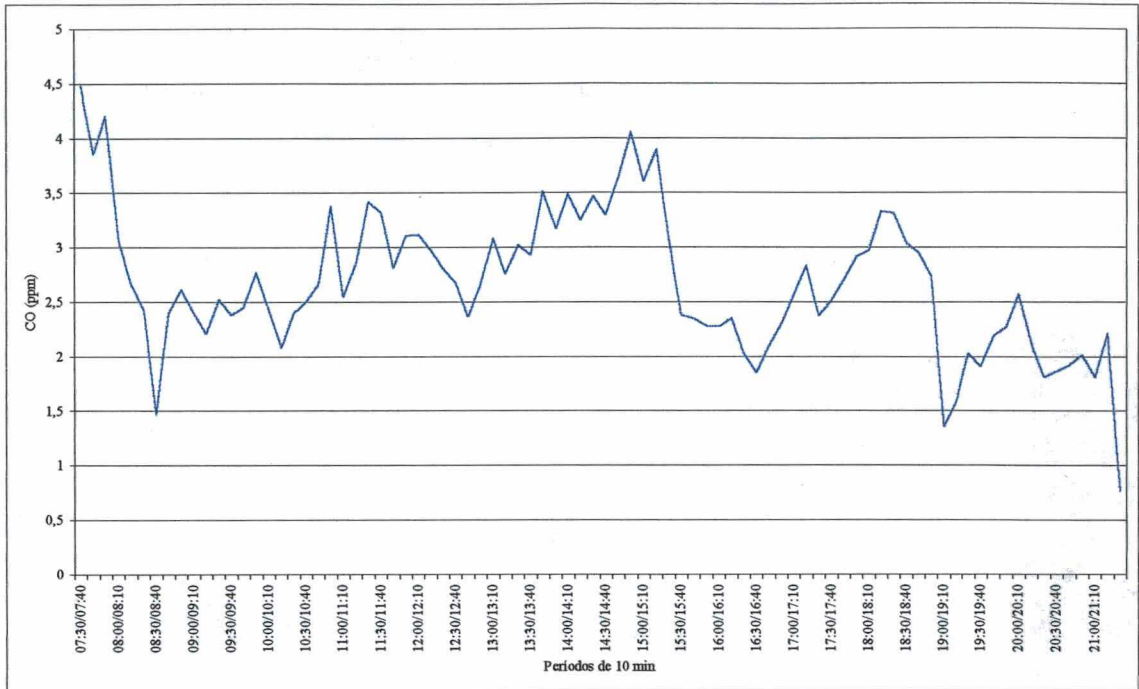


FIGURA 4.28 – Distribuição diária de CO no ponto 09 - Av. Ivo Silveira

A concentração de CO neste ponto já começa pelo pico (7:30 h – 4,5 ppm). Ocorreu mais um pico no período de 14:50/15:00 h (4,1 ppm) e, no restante do dia, a variação manteve-se equilibrada sem picos consideráveis. Este comportamento pode ser favorecido pelo amplo espaço aberto do local.

A concentração média máxima de 1 hora foi de 3,7 ppm (14:20/15:20h). Para 8 horas foi registrada uma concentração média máxima de 3,0 ppm (7:30/15:30). Comparando estas concentrações com os níveis padrões da TABELA 4.2, nota-se que os níveis observados não ultrapassam nenhum dos limites determinados.

Em 80% dos níveis medidos, os valores ficaram abaixo de 3,2 ppm.

A concentração média geral de 14 h de medição foi de 2,7 ppm.

4.5. DISTRIBUIÇÃO DIÁRIA DE RUÍDO

Para dar uma noção dos limites toleráveis em termos de poluição sonora, encontrou-se nas normas brasileiras alguns parâmetros já definidos em dezembro de 1987, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que fixou o método de determinação do nível sonoro (NBR 10151) em função do uso do solo, obtendo o seguinte quadro de níveis limite: (TABELA 4.3).

TABELA 4.3: Níveis máximos de ruído

<i>Zona</i>	<i>Dia dB(A)</i>	<i>Noite dB(A)</i>
Hospital	45	40
Residencial	55	50
Centro da Cidade	65	60
Industrial	70	65

Fonte: ABNT, NBR-10151 (1987) (adaptação)

Os níveis encontrados na cidade estão apresentados nos gráficos das FIGURAS 4.29 a 4.37. E os valores que deram origem a estes gráficos estão apresentados no anexo A. Os limites de horários foram definidos de acordo com a recomendação da ABNT (1987): a faixa das 6 h às 20 h para o período diurno e a faixa das 20 h às 6 h para o período noturno.

A pesquisa dos níveis sonoros é apresentada usando-se os seguintes índices de avaliação do ruído de tráfego:

- Nível equivalente de energia – Leq. Usado pela maioria dos métodos de previsão de ruído de tráfego em vários países.
- Nível percentual estatístico L_{10} – fornece a indicação mais precisa do incômodo causado pelo ruído de tráfego. É usado pelo Departamento de Transporte da Inglaterra para previsão de ruído de tráfego (DTWO, 1988).
- Nível percentual estatístico L_{90} - utilizado para definição de ruído de fundo.

a) Ponto 01 – R. Heitor Luz (Entre Av. Mauro Ramos e R. Jairo Callado)

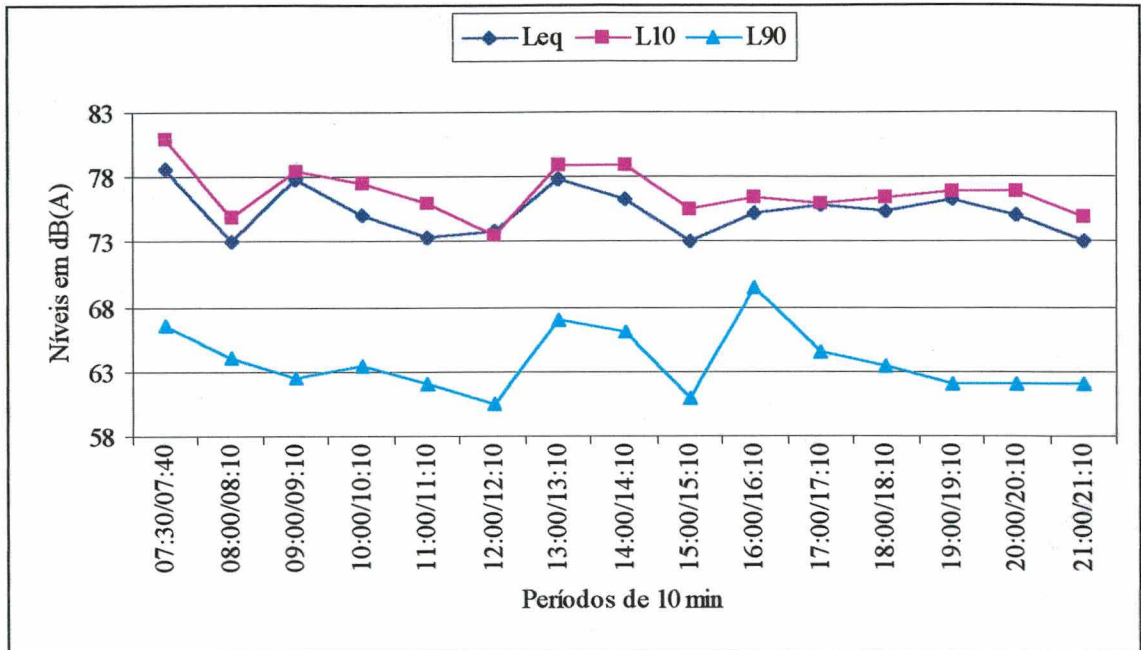


FIGURA 4.29 – Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 01 - Rua Heitor Luz

A FIGURA 4.29 apresenta a variação do nível equivalente de energia juntamente com os níveis estatísticos L_{10} e L_{90} para amostras de 10 minutos a cada hora durante o período de 7:30h à 21:10h.

Os níveis observados (Leq), comparados com o nível máximo de ruído estabelecido para o centro da cidade durante o período diurno, cujo valor é de 65 dB(A), TABELA 4.3, excede neste ponto em, no mínimo, 8 dB(A) e, no máximo, 13,6 dB(A), ocorrido no período de 7:30/7:40 h.

Neste caso, a resposta estimada da comunidade pode ser esperada na categoria Média, descrita por “Queixas generalizadas” (ABNT, 1987).

Neste período (7:30/7:40h), o nível excedido em 10% do tempo de medição (L_{10}) foi de 81 dB(A) e o ruído de fundo (L_{90}) foi de 66,5 dB(A).

b) Ponto 02 – R. Othon Gama D’Eça (Entre R. Bocaiúva e R. Armínio Tavares)

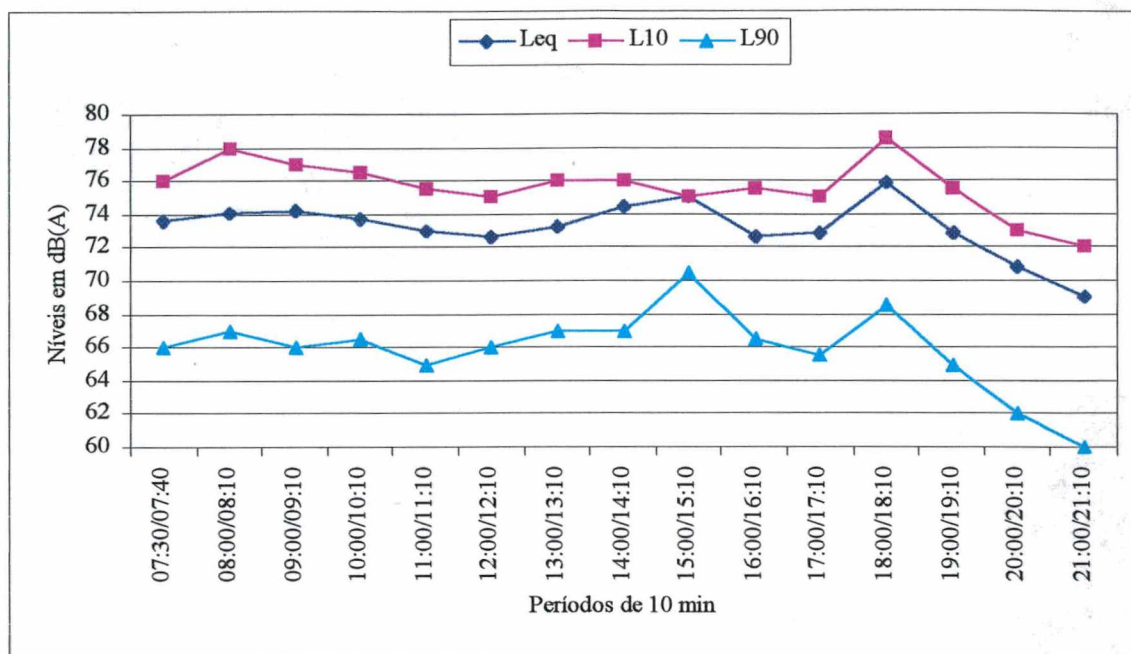


FIGURA 4.30 - Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 02 - Rua Othon Gama D’Eça

A FIGURA 4.30 mostra que o maior valor do nível observado (Leq), ocorreu no período de 18:00/18:10h, dando um excesso de 10,9 dB(A) em relação ao nível estabelecido pela ABNT (1987), cujo valor é de 65 dB(A), para o centro da cidade durante o período diurno, TABELA 4.3. O menor valor excedido neste ponto foi de 5,9 dB(A).

A resposta estimada da comunidade para o período diurno, neste caso, é classificada na categoria Média, descrita por “Queixas generalizadas” (ABNT, 1987).

No período noturno, o excesso do nível observado em relação ao valor padronizado, 60 dB(A), foi de 9 dB(A) que corresponde a uma reação estimada da comunidade em “Queixas esporádicas”.

No período de maior diferença entre os níveis de ruído (18:00/18:10), o nível excedido em 10% do tempo de medição (L₁₀) foi de 78,5 dB(A) e o ruído de fundo (L₉₀) foi de 68,5 dB(A).

c) Ponto 03 – Av. Rio Branco (Entre R. Othon Gama D’Eça e R. Nereu Ramos)

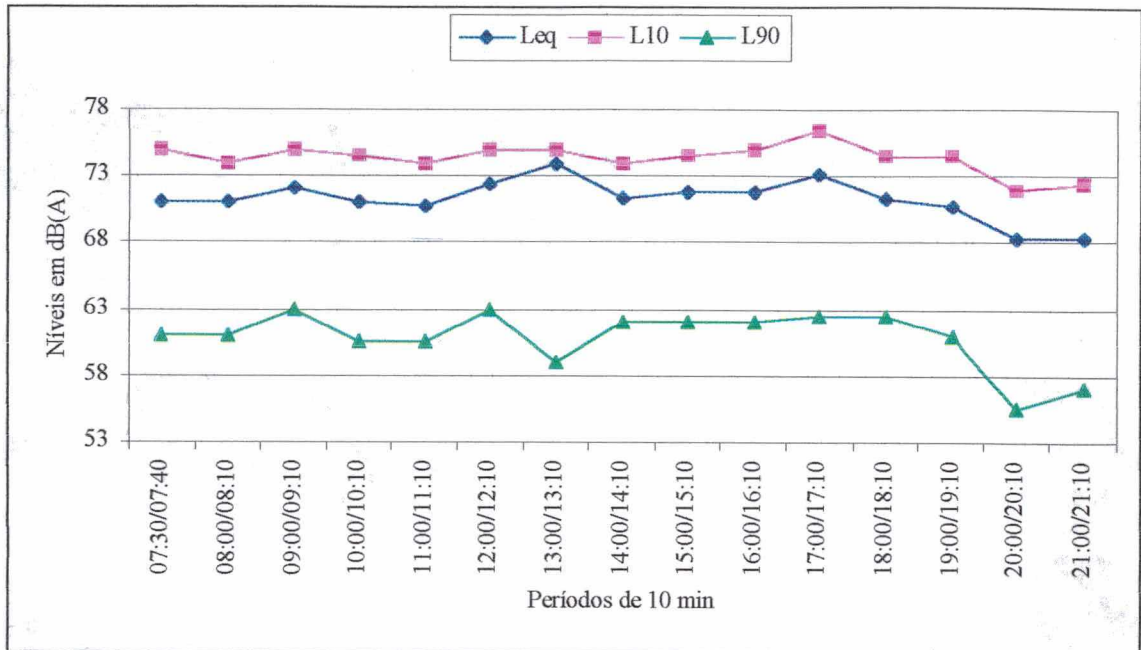


FIGURA 4.31 – Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 03 - Av. Rio Branco

Comparando os níveis observados (Leq) com o nível máximo padronizado, 65 dB(A), nota-se que o excesso de ruído no período diurno, é, no mínimo, 3,4 dB(A) e, no máximo, 8,9 dB(A), ocorrida de 13:00/13:10 h.

Esta diferença pode provocar uma resposta estimada da comunidade na categoria Pouca, descrita por “Queixas esporádicas” (ABNT, 1987).

O nível excedido em 10% do tempo de medido no período de maior valor do nível equivalente de energia foi de 75 dB(A).

O nível excedido em 90% do tempo de medição no período de maior excesso entre o nível observado e o padronizado foi de 59 dB(A)

d) Ponto 04 – Av. Hercílio Luz com R. Fernando Machado

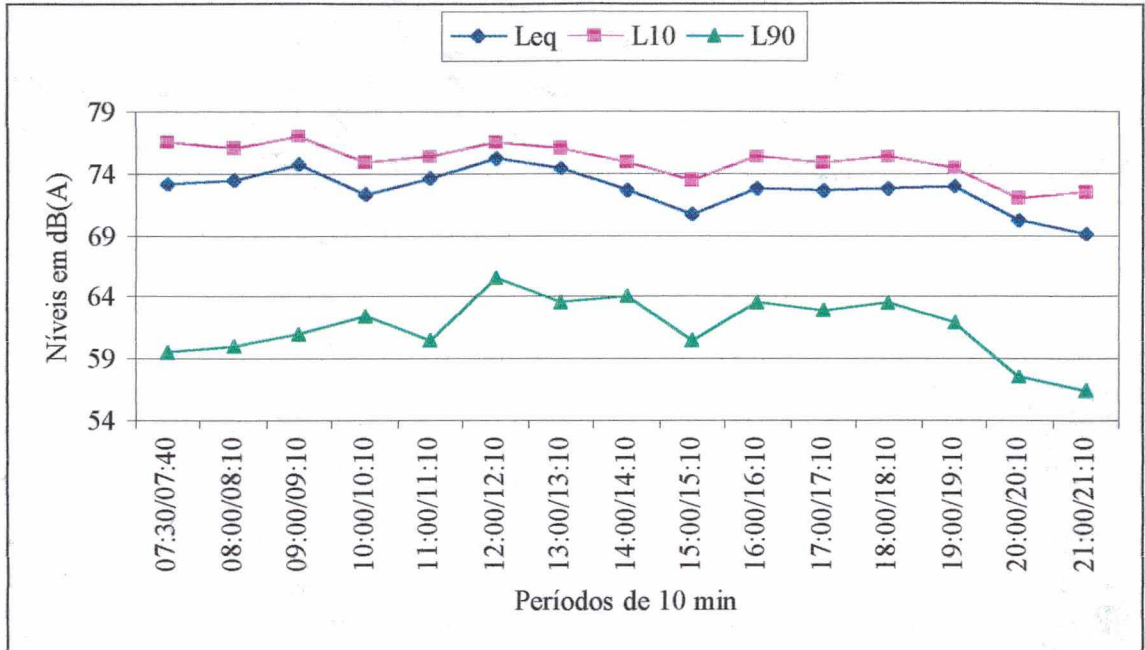


FIGURA 4.32 – Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 04 - Av. Hercílio Luz

O ponto 04 – Av. Hercílio Luz, FIGURA 4.32, apresenta também uma variação equilibrada dos níveis acústicos.

Observa-se que o nível equivalente de energia encontrado excede durante o dia, em relação ao nível critério de 65 dB(A), em, no mínimo 5,3 dB(A) e, no máximo 10,3 dB(A) no período de 12:0/12:10 h, a reação da comunidade em relação ao ruído pode ser esperada na categoria Média, descrita por “Queixas generalizadas” (ABNT, 1987).

O nível excedido em 10% do tempo de medição, no período de maior excesso observado (12:00/12:10 h), foi de 76,5 dB(A).

O nível excedido em 90% do tempo de medição, no período de maior diferença entre o nível observado e o padronizado foi de 65,5 dB(A).

e) Ponto 05 – Terminal Urbano (Entre R. Nunes Machado e R. Saldanha Marinho)

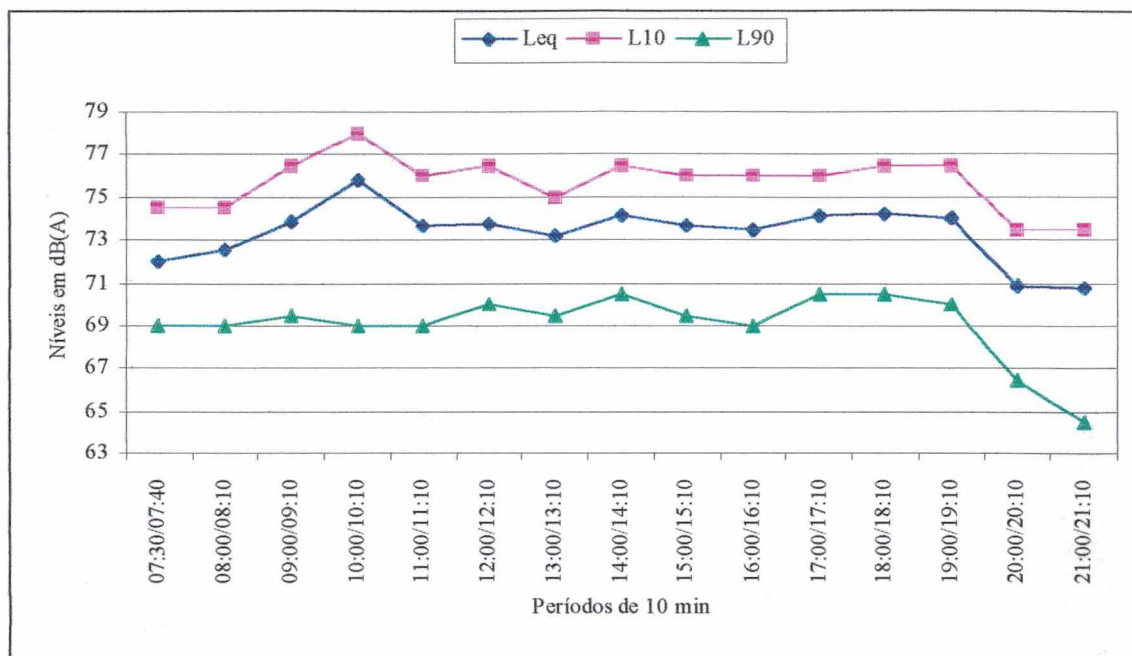


FIGURA 4.33 – Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 05 - Terminal Urbano

No terminal urbano o maior valor do nível equivalente de energia, 75,8 dB(A), ocorreu no período de 10:00/10:10 h.

Comparando este nível com o nível máximo de ruído estabelecido, 65 dB(A), TABELA 4.3, o excesso é de 10,8 dB(A).

A resposta estimada da reação pública pode ser esperada na categoria Média, descrita como “Queixas generalizadas”.

Nota-se que o ruído de fundo L_{90} , tem diferenças menores com o nível equivalente de energia que os outros pontos pesquisados. Isto indica uma grande contribuição de fontes estranhas ao ruído de tráfego.

f) Ponto 06 – R. Jerônimo Coelho (Entre R. Vidal Ramos e R. Osmar Cunha)

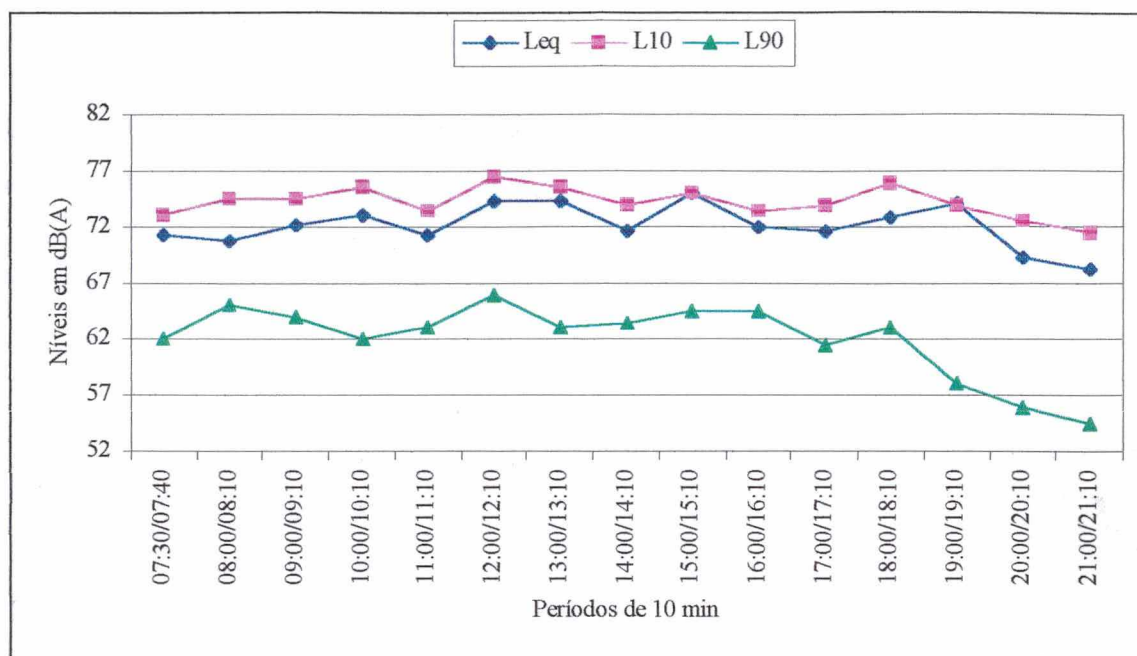


FIGURA 4.34–Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 06–R. Jerônimo Coelho

Este ponto também apresenta um equilíbrio dos níveis acústicos no período diurno.

Os períodos com maior nível equivalente de energia foram 12:00/12:10h e 15:00/15:10 h, onde foram registrados respectivamente 74,4 dB(A) e 75,1 dB(A).

As diferenças excedidas neste ponto em relação ao nível máximo padronizado foram, no mínimo 4,3 dB(A) e, no máximo 10,1 dB(A).

A resposta estimada da comunidade, no período diurno, pode ser classificada como Média (Queixas generalizadas).

No período noturno, o excesso do nível observado em relação ao valor padronizado, 60 dB(A), foi de 8,2 dB(A) que corresponde a uma reação estimada da comunidade em “Queixas esporádicas”.

g) Ponto 07 – R. Pedro Demoro (Entre R. Mal. Hermes e R. Antunieta Barros)

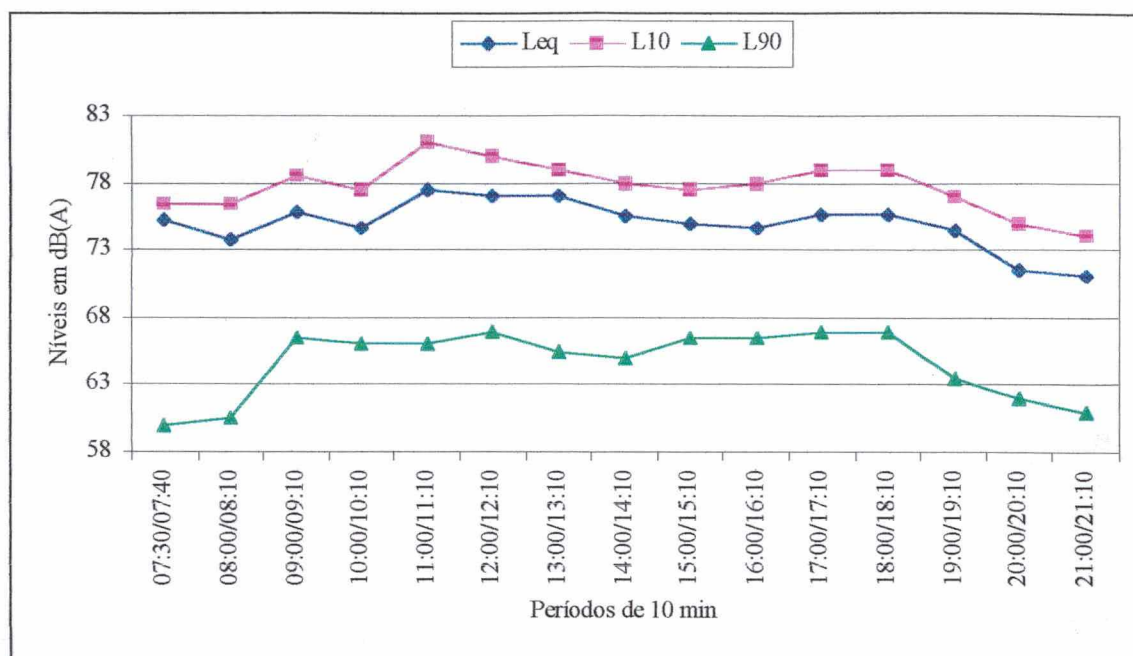


FIGURA 4.35 – Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 07 - Rua Pedro Demoro

Neste ponto, FIGURA 4.35, o maior valor registrado para o nível equivalente de energia foi de 77,5 dB(A), ocorrido no período de 11:00/11:10h.

As diferenças excedidas, em relação o nível máximo estabelecido, 65 dB(A), foram, no mínimo, 6,6 dB(A) e, no máximo, 12,5 dB(A).

A resposta estimada da comunidade pode ser classificada como Média, descrita como “Queixas generalizadas” (ABNT, 1987).

No período noturno foi registrado um excesso de 11,1 dB(A), representando a resposta estimada do público, também, em Média, descrita como “Queixas generalizadas”.

O nível excedido em 10% do tempo de medição, no período de maior excesso observado (11:00/11:10 h), foi de 81 dB(A).

h) Ponto 08 – R. Eurico Gaspar Dutra (Entre R. Santos Saraiva e R. Valgas Neves)

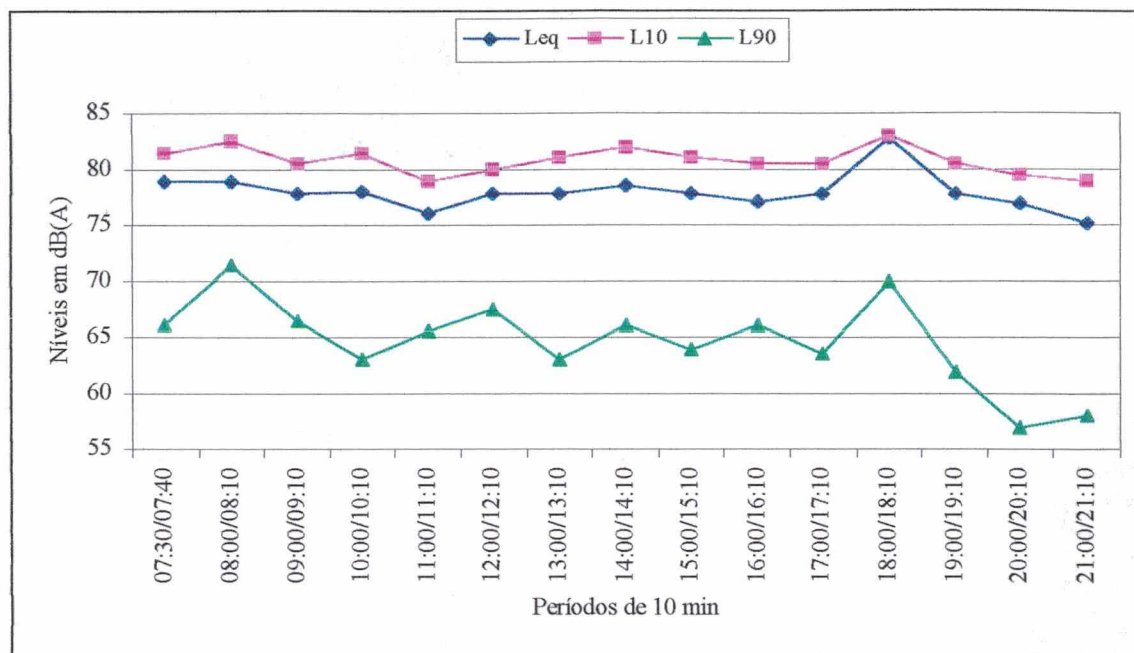


FIGURA 4.36 - Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 08 - Rua Eurico Gaspar Dutra

Este ponto apresenta o maior excesso de ruído em relação aos outros pontos pesquisados na cidade.

O nível padronizado de 65 dB(A) foi excedido neste ponto em, no mínimo, 11,1 dB(A) e, no máximo, 17,9 dB(A).

O maior valor do nível equivalente de energia, 82,9 dB(A), ocorreu no período de 18:00/18:10h (FIGURA 4.36).

A resposta estimada da comunidade para o valor mínimo, 11,1 dB(A), durante o período diurno, pode ser classificada como Média – “Queixas generalizadas” e, para o valor máximo, 17,9 dB(A), têm-se a categoria Enérgica, descrita como “Ação comunitária”. Esta mesma categoria pode ser usada no período noturno onde o excesso registrado foi de 15,2 dB(A).

i) Ponto 09 – Av. Ivo Silveira (Entre R. Pedro I e R. Pedro II)

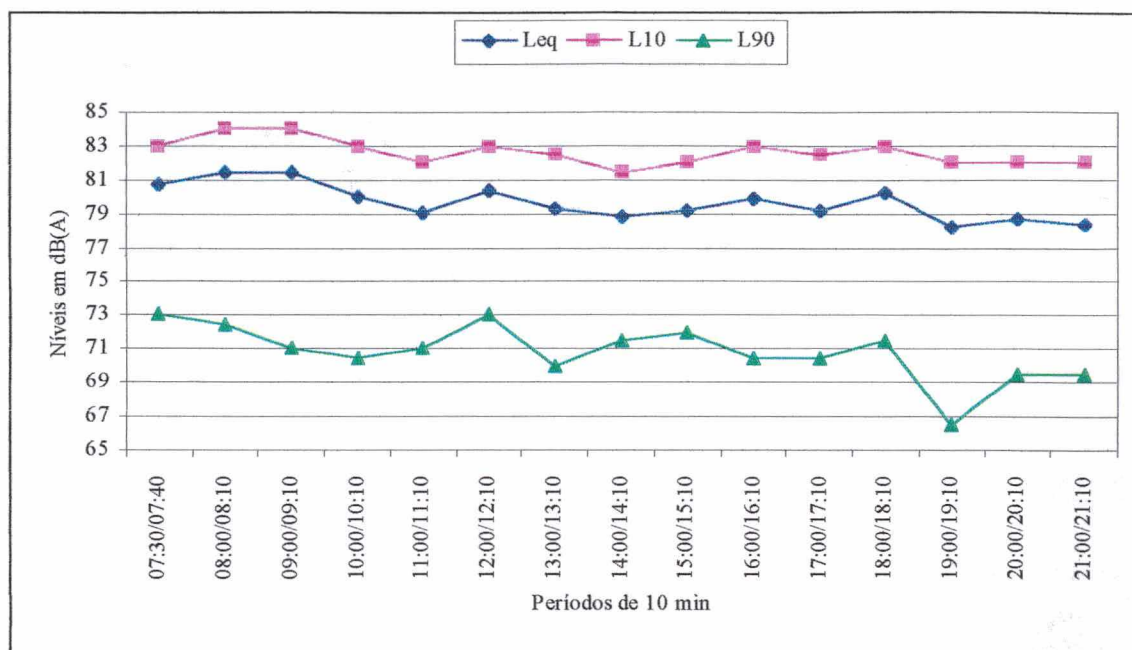


FIGURA 4.37– Distribuição diária dos níveis sonoros no ponto 09 - Av. Ivo Silveira

O gráfico da FIGURA 4.37, mostra uma variação equilibrada do nível equivalente de energia nos dois períodos pesquisados.

Os níveis observados, neste ponto, quando comparados com o nível máximo padronizado para o centro da cidade durante o dia, 65 dB(A), excede em, no mínimo, 13,3 dB(A) e, no máximo, 16,5 dB(A) (registrado no intervalo de 9:00/9:10 h).

No período noturno, registrou-se o maior excesso de ruído, 18,4 dB(A), em relação aos pontos pesquisados, inclusive nos dois turnos.

A reação pública, para os dois turnos, pode ser esperada na categoria Enérgica, descrita como “Ação comunitária”.

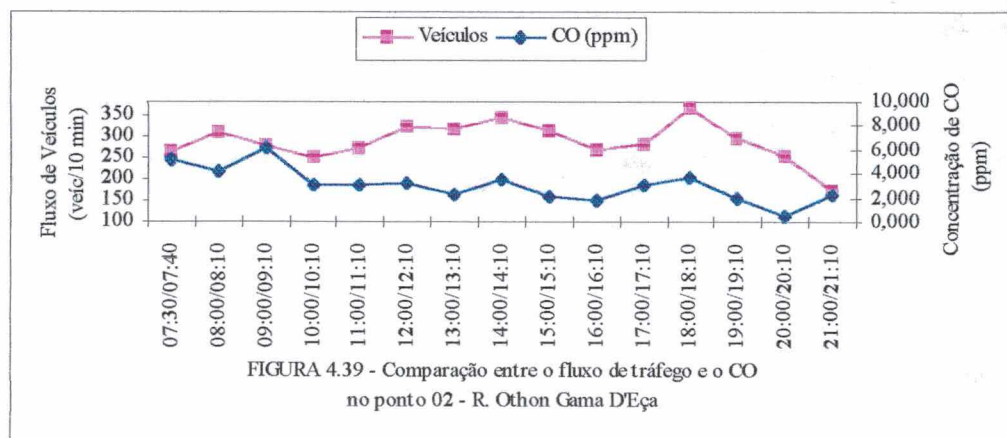
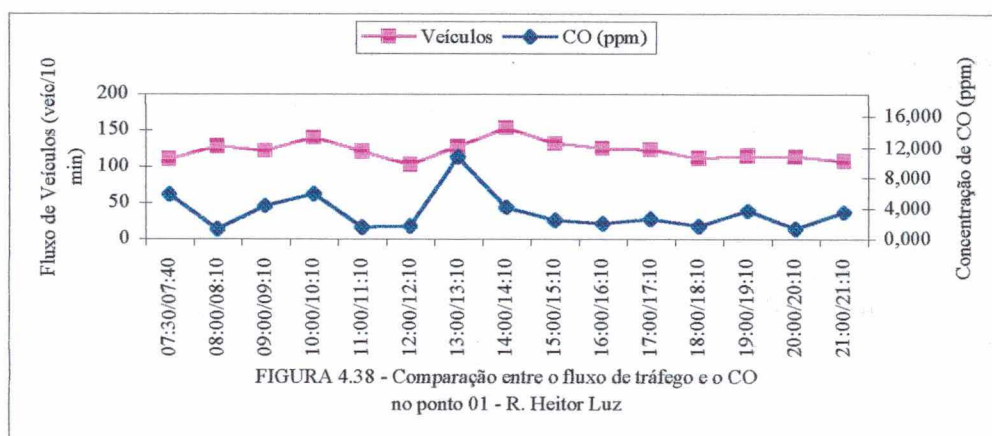
O nível excedido em 90% do tempo de medição no período de maior excesso entre o nível observado e o padronizado foi de 71 dB(A).

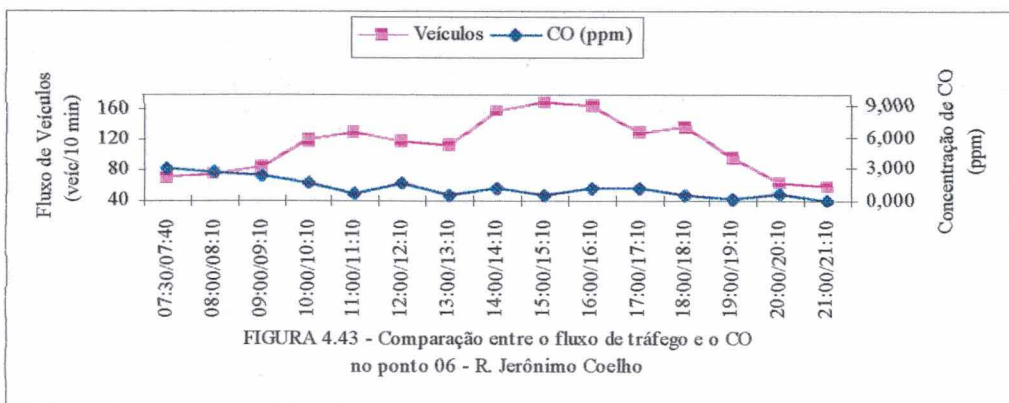
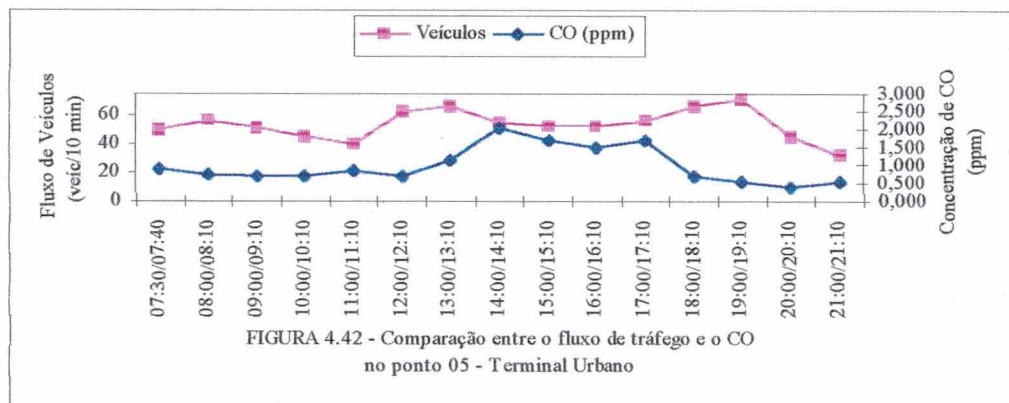
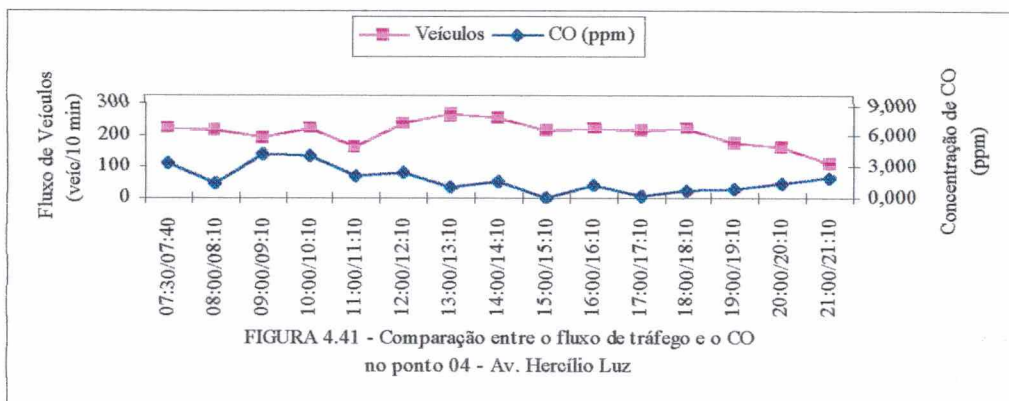
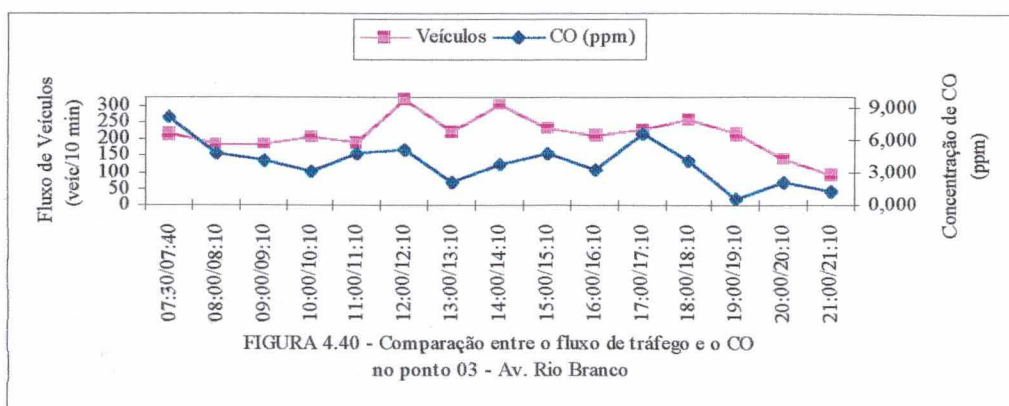
4.6. RELAÇÃO ENTRE O FLUXO DE VEÍCULOS E O MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

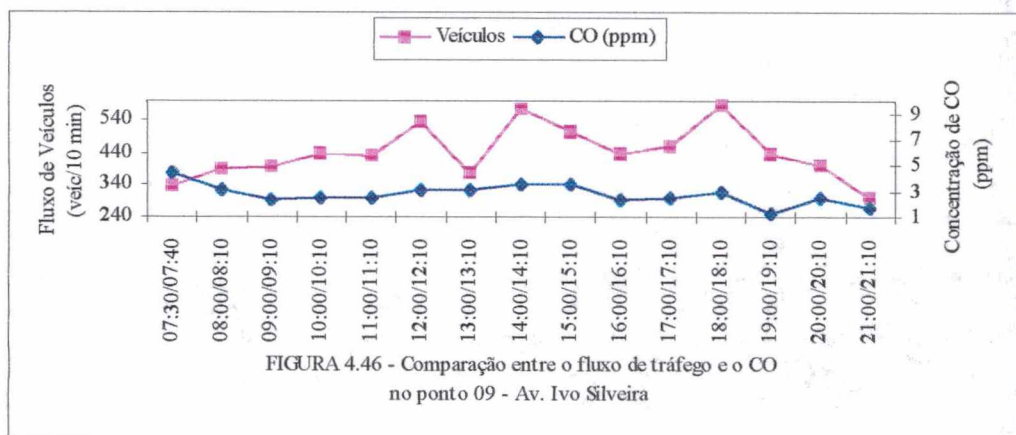
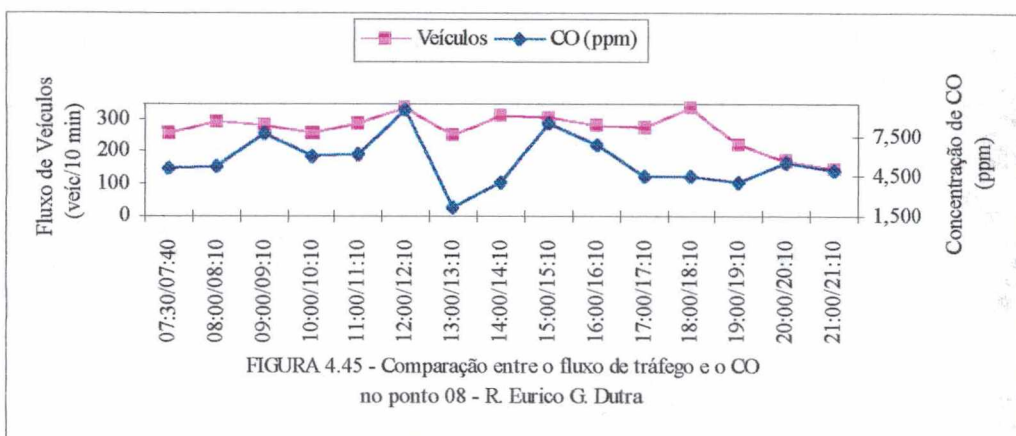
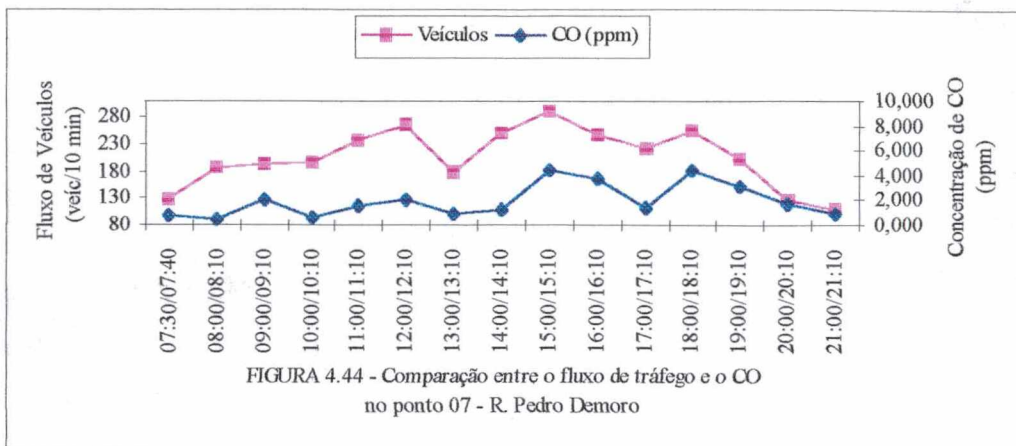
As FIGURAS 4.38 a 4.46 mostram uma boa correlação existente entre o CO e a distribuição do tráfego local.

Os pontos que não se correlacionam (CO e o fluxo de tráfego) podem ser explicados pela variação da velocidade do vento no momento da coleta dos dados.

As melhores correlações foram apresentadas pelos pontos 01 (FIGURA 4.38) e 07 (FIGURA 4.44).



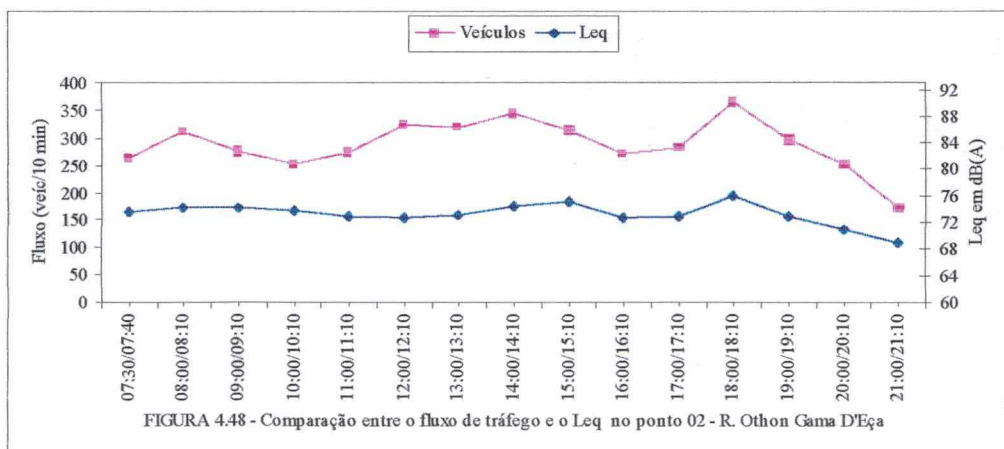
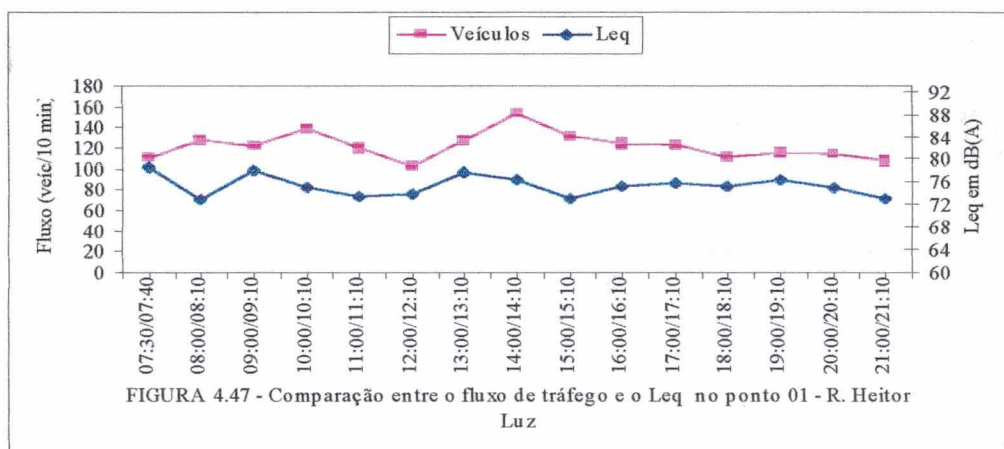


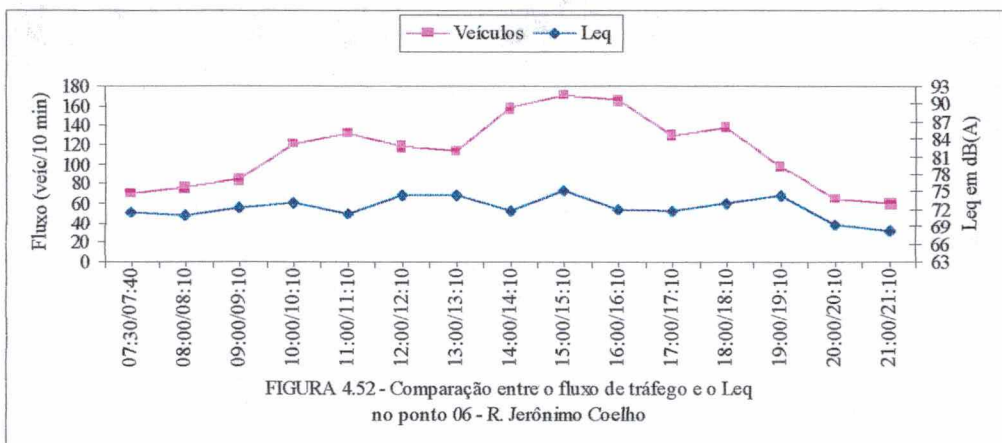
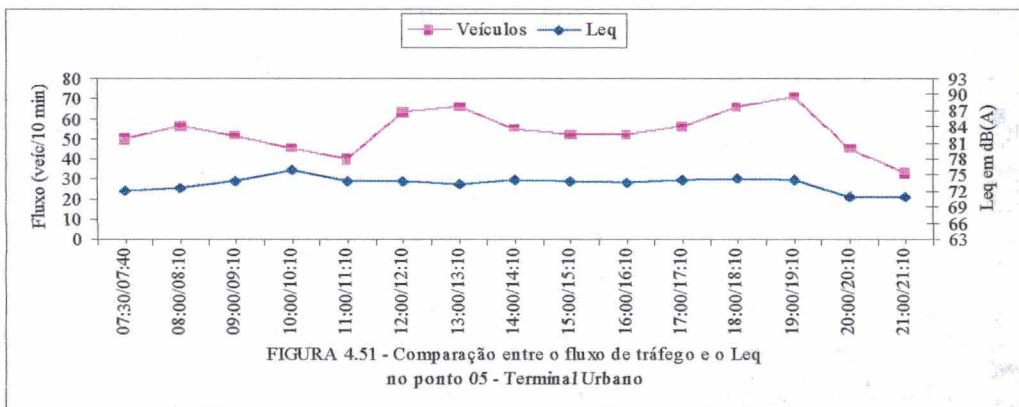
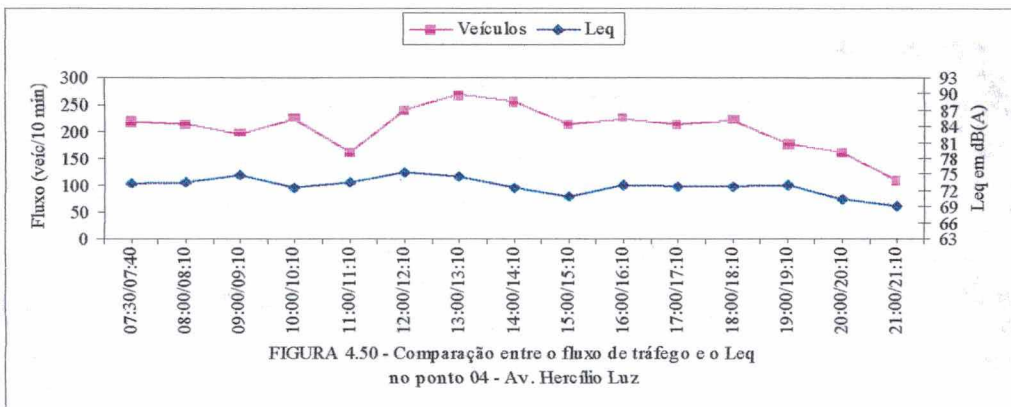
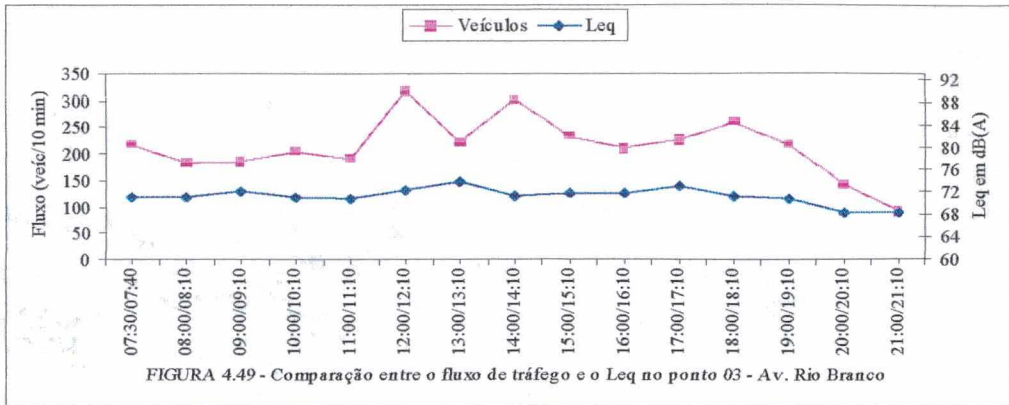


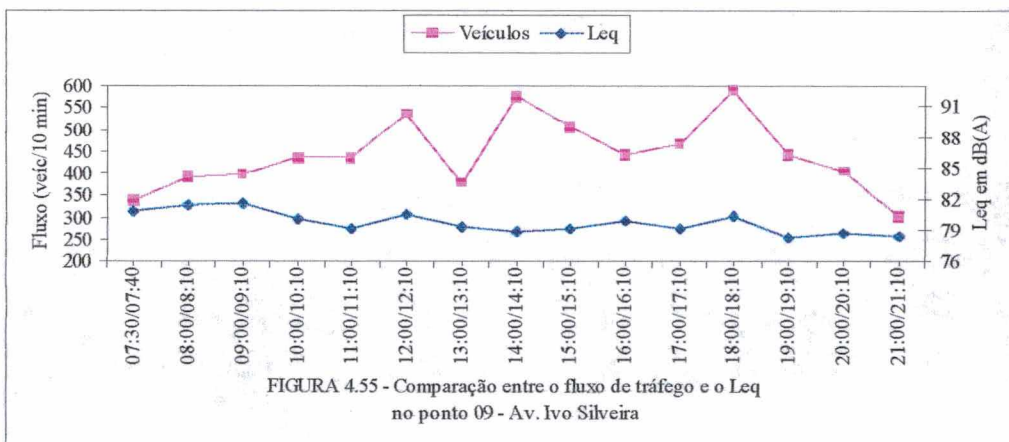
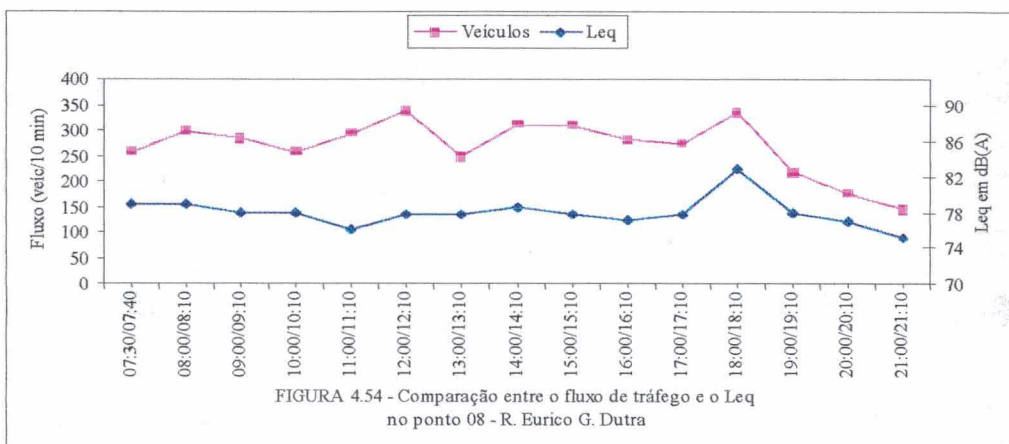
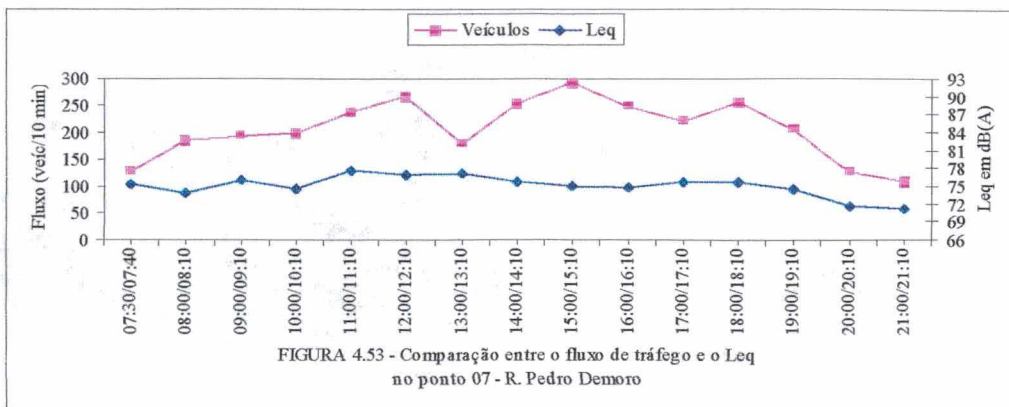
4.7. RELAÇÃO ENTRE O FLUXO DE VEÍCULOS E O NÍVEL EQUIVALENTE DE ENERGIA (Leq)

Observa-se nos gráficos das FIGURAS 4.47 a 4.55 que o ruído tem uma correlação com o tráfego de veículos ainda melhor que a correlação apresentada entre o CO e o tráfego local.

Os pontos 02 – R. Othon Gama D’Eça (FIGURA 4.48) e 05 – Terminal Urbano (FIGURA 4.51) por apresentarem características diferentes dos demais pontos pesquisados não foram considerados nos cálculos dos modelos de previsão. No ponto 02 é frequente a passagem de ambulâncias do Hospital Celso Ramos e, no ponto 05, a passagem é restrita para ônibus.







4.8. MODELO DE PREVISÃO PARA MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Foram igualmente desenvolvidos e testados uma série de modelos matemáticos para previsão da concentração de monóxido de carbono nas vias. Aplicando-se o método dos mínimos quadrados, o modelo que apresentou melhores resultados também está representado por uma regressão linear múltipla, sendo a variável dependente a concentração de monóxido de carbono (CO) e as variáveis independentes: o volume de veículos leves (VL) e o volume de veículos pesados (VP). Assim, obtemos uma equação na forma:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

Onde: $x_1 = \log VL$ e

$x_2 = \log VP$.

Portanto, a concentração de monóxido de carbono poderá ser estimada através da equação de predição dada por:

$$Y = a + b_1 \log VL + b_2 \log VP$$

Onde: **a**, **b₁** e **b₂** são os coeficientes da reta de regressão.

O modelo que apresentou melhores resultados foi o seguinte:

$$CO = -15,080 + 1,935 \log VL + 6,701 \log VP$$

(2,071) (9,659)

Onde: CO = concentração de monóxido de carbono (ppm);

VL = volume de veículos leves (veículos / h);

VP = volume de veículos pesados (veículos / h).

Sendo:

- O coeficiente de correlação múltipla R para o modelo igual 0,86;
- o coeficiente de determinação R^2 igual a 0,74;
- o coeficiente de determinação ajustado igual a 0,72;
- o erro padrão da estimativa igual a 1,05;
- o F min igual a 3,214 para 2 graus de liberdade no numerador e 43 graus de liberdade no denominador (95% de nível de confiança). O F observado foi de 59,950.
- t min igual a 2,017 para 43 graus de liberdade e $\alpha = 0,025$ (95% de nível de confiança).

O intervalo de variação observado para cada parâmetro considerado no desenvolvimento deste modelo são os seguintes:

$$480 \leq VL \text{ (veíc./ h)} \leq 1824$$

$$30 \leq VP \text{ (veíc./ h)} \leq 168$$

Verifica-se neste modelo de previsão que os erros possuem uma distribuição normal (testado pelo método de Kolmogorov-Smirnov) e que os valores calculados diferem dos observados no intervalo de +/- 1,9 ppm, para pelo menos 95% dos casos.

4.9. MODELO DE PREVISÃO PARA RÚIDO (L_{eq})

Foi utilizada para relacionar empiricamente o L_{eq} (nível sonoro contínuo equivalente) às variáveis independentes, VL (volume de veículos leves) e VP (volume de veículos pesados), a análise de regressão linear múltipla, aplicando-se o método dos mínimos quadrados, segundo o qual tem o princípio de minimizar a variação residual em torno da reta estimada. Devemos obter uma equação na forma:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

Onde: $x_1 = \log VL$ e

$x_2 = \log VP$.

Portanto, os níveis sonoros poderão se estimados através da equação de predição dada por:

$$Y = a + b_1 \log VL + b_2 \log VP$$

Onde: **a**, **b₁** e **b₂** são os coeficientes da reta de regressão.

O modelo que apresentou melhores resultados foi o seguinte:

$$L_{eq} = 62,044 + 1,779 \log VL + 8,282 \log VP$$

(2,164) (15,188)

Onde:

L_{eq} = nível equivalente de energia, em dB(A);

VL = volume de veículos leves, em veículos por 10 minutos;

VP = volume de veículos pesados, em veículos por 10 minutos.

Sendo:

- O coeficiente de correlação múltipla R para o modelo igual 0,96;
- o coeficiente de determinação R^2 igual a 0,81;
- o coeficiente de determinação ajustado igual a 0,808;
- o erro padrão da estimativa igual a 1,45;
- o F min igual a 4,822 para 2 graus de liberdade no numerador e 101 graus de liberdade no denominador (99% nível de confiança). O F observado foi de 217,33.

- t min igual a 1,984 para 101 graus de liberdade e $\alpha = 0,025$ (95% de nível de confiança).

O intervalo de variação observado para cada parâmetro considerado no desenvolvimento deste modelo são os seguintes:

$$56 \leq VL \text{ (veic/10 min)} \leq 504$$

$$2 \leq VP \text{ (veic/10 min)} \leq 56$$

Verifica-se, neste modelo de previsão, que os erros possuem uma distribuição normal (testado pelo método de Kolmogorov-Smirnov) e que os valores calculados diferem dos observados no intervalo de +/- 2,5 dB(A), para pelo menos 95% dos casos.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho teve como objetivo avaliar as condições ambientais da cidade de Florianópolis quanto aos níveis de monóxido de carbono e ruído gerado pelo tráfego urbano.

O tráfego em Florianópolis é denso e gerado pelo uso predominante do transporte individual ao invés do transporte alternativo. Existem 126.071 veículos para 271.183 habitantes, portanto têm-se uma relação aproximada de 1 veículo para 2 pessoas, o que é preocupante para a degradação do meio ambiente.

O fluxo de tráfego de Florianópolis foi avaliado com contagens manuais classificatórias, onde descobriu-se que, dos nove pontos selecionados, o de maior fluxo é o ponto 09 – Av. Ivo Silveira. O fluxo médio neste ponto, medido das 7:30 h às 21:10 h, chega a 2.790 veículos por hora, tendo uma participação de 8,8% de veículos pesados.

O maior pico de tráfego, também foi registrado no ponto 09 - Av. Ivo Silveira, 590 veículos por 10 minutos que ocorreu no intervalo de 18:00/18:10 h.

As maiores concentrações de monóxido de carbono ocorreram pela manhã (5 pontos), em seguida, no turno intermediário (3 pontos) e, apenas em um ponto (ponto 07 – rua Pedro Demoro) as maiores concentrações ocorreram no final da tarde.

Os maiores picos de CO, 10,7 ppm – ponto 01 e 10,8 ppm – ponto 08, foram registrados respectivamente nos intervalos de 13:00/13:10 h e 11:50/12:00 h.

Pode-se considerar o ponto 08 – Rua Eurico Gaspar Dutra como o mais poluído. A concentração média máxima de 8 horas chegou a 5,8 ppm, embora não tenha ultrapassado o limite padrão de qualidade do ar para monóxido de carbono (9 ppm para 8 h).

A concentração de monóxido de carbono nos pontos selecionados, embora tenha uma boa correlação com o fluxo de veículos, manteve-se muito abaixo dos limites críticos padronizados. Isto pode ser justificado pelo fato da área estar localizada próxima ao litoral onde a dispersão dos gases é favorecida pela velocidade do vento.

Os níveis sonoros observados apresentam um comportamento equilibrado para cada ponto pesquisado. Este equilíbrio está diretamente relacionado com o fluxo de tráfego, isto é, onde têm-se um fluxo elevado de veículos, os níveis sonoros mantêm-se altos.

O ponto 08 – Rua Eurico Gaspar Dutra, apresentou no período diurno, o maior excesso de ruído, 17,9 dB(A), em relação aos outros pontos pesquisados. No período noturno o excesso continuou, foi registrado um excesso de 15,2 dB(A). Nestes dois períodos a resposta estimada da comunidade pode ser classificada na categoria Enérgica, descrita como “Ação comunitária” (ABNT, 1987).

O ruído de fundo (L_{90} - ruído ambiente), plotado nos gráficos das FIGURAS 4.29 a 4.37, nem sempre ficou abaixo de 10 dB(A) (ISO, 1994) em relação ao nível investigado (L_{eq}). Isto mostra a dificuldade de medir somente o ruído de tráfego urbano que, apesar das condições adversas, precisa ser avaliado.

Todos os pontos pesquisados apresentam níveis sonoros que excedem o valor padronizado para o centro da cidade, 65 dB(A).

Este excesso pode ser provocado pelo tráfego congestionado onde há mais aceleração e desaceleração, fazendo com que as fontes principais de ruído dos veículos sejam mais usadas: o motor e o escapamento.

Os modelos apresentados permitem estimar os níveis de ruído e a concentração de monóxido de carbono a partir de parâmetros do tráfego, observados os intervalos de aplicação.

Estes modelos já foram solicitados para aplicação em estudos de impactos ambientais (avaliação de monóxido de carbono e ruído gerados pelo tráfego) em trechos da BR-101 (Araranguá e Sombrio).

A precisão e o elevado custo dos equipamentos de medição (aproximadamente U\$ 16.000) impediram que estudos aprofundados de avaliação de CO e ruído fossem realizados nas áreas urbanas de Florianópolis. Desta forma, este trabalho é pioneiro.

Os resultados dos modelos podem ser utilizados para identificar locais com problemas de poluição do ar e sonora, obtendo respaldo para propostas de ações de melhoria do tráfego e, conseqüentemente, da qualidade de vida da população exposta à poluição gerada pelo sistema viário.

Para os próximos trabalhos recomenda-se precaução com a disponibilidade dos equipamentos e acessórios de medição como programas de computador para transferência de dados.

A execução da coleta de dados simultâneos depende, também, de planejamento de pessoal. Sem uma equipe disposta a cumprir horários pré-determinados de trabalho, é impossível realizar com sucesso a coleta de dados.

Os futuros trabalhos devem considerar:

a) Para o tráfego:

Contagem eletrônica; classificação dos automóveis; tipos de combustível dos veículos leves (álcool, gasolina); contagem contínua.

b) Para o monóxido de carbono:

Calibração precisa do equipamento; medições em ambientes internos; variação da posição do equipamento em relação à via.

c) Para o ruído:

Monitoramento contínuo; dados meteorológicos do local de medição; ausência de pedestres.

d) Para a via:

Largura da via; gradiente; canteiros centrais; efeitos “cannion”.

ANEXO A

PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE DADOS										
PONTO DE MEDIÇÃO: R. Othon Gama D'Eça (Entre R. Bocaúva e R. Arminio Tavares)										
LARGURA DA RUA: 14					SENTIDO:			DATA:		PONTO Nº: 02
DISTÂNCIA DA ESQUINA: 85					BAIRRO-CENTRO X		12/11/97			
DISTÂNCIA DA FACHADA: 2,7					CENTRO-BAIRRO X		QUARTA-FEIRA			
HORÁRIO	VEÍC. LEVES 10 min	VEÍC. PESAD. 10 min	MOTOS 10 min	VOLUME TOTAL 10 min (vol/h)		VEÍC. PESAD (%)	Leq dB(A)	L10 dB(A)	L90 dB(A)	CO ppm
07:30/07:40	250	6	5	261	1566	2,30	73.6	76	66	5,119
07:40/07:50	239	14	6	259	1554	5,41	x	x	x	5,593
07:50/08:00	261	12	10	283	1698	4,24	x	x	x	5,332
08:00/08:10	285	16	9	310	1860	5,16	74.1	78	67	4,184
08:10/08:20	246	9	2	257	1542	3,50	x	x	x	3,735
08:20/08:30	243	17	7	267	1602	6,37	x	x	x	3,162
08:30/08:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4,568
08:40/08:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,539
08:50/09:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,186
09:00/09:10	250	15	11	276	1656	5,43	74.2	77	66	6,196
09:10/09:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,087
09:20/09:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,049
09:30/09:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,762
09:40/09:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,044
09:50/10:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,455
10:00/10:10	228	15	8	251	1506	5,98	73.7	76.5	66.5	3,139
10:10/10:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,703
10:20/10:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,259
10:30/10:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,582
10:40/10:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,026
10:50/11:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4,907
11:00/11:10	254	11	7	272	1632	4,04	73	75.5	65	3,107
11:10/11:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,659
11:20/11:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,654
11:30/11:40	268	16	11	295	1770	5,42	x	x	x	2,947
11:40/11:50	295	6	10	311	1866	1,93	x	x	x	2,153
11:50/12:00	322	10	5	337	2022	2,97	x	x	x	3,228
12:00/12:10	302	15	6	323	1938	4,64	72.7	75	66	3,225
12:10/12:20	306	13	8	327	1962	3,98	x	x	x	5,332
12:20/12:30	320	16	4	340	2040	4,71	x	x	x	2,452
12:30/12:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,960
12:40/12:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,314
12:50/13:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,988
13:00/13:10	293	13	13	319	1914	4,08	73.2	76	67	2,261
13:10/13:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,272
13:20/13:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4,750
13:30/13:40	276	10	7	293	1758	3,41	x	x	x	3,700
13:40/13:50	354	12	10	376	2256	3,19	x	x	x	4,031
13:50/14:00	334	13	12	359	2154	3,62	x	x	x	3,120
14:00/14:10	319	11	15	345	2070	3,19	74.4	76	67	3,515
14:10/14:20	298	14	7	319	1914	4,39	x	x	x	3,937

PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE DADOS										
PONTO DE MEDIÇÃO: Av. Rio Branco (Entre R. Othon Gama D'Eça e R. Nereu Ramos)										
LARGURA DA RUA: 13					SENTIDO:			DATA:		PONTO Nº: 03
DISTÂNCIA DA ESQUINA: 97					BAIRRO-CENTR: X		13/11/97			
DISTÂNCIA DA FACHADA: 3,6					CENTRO-BAIRR: X		QUINTA-FEIRA			
HORÁRIO	VEÍC.	VEÍC.	MOTOS	VOLUME		VEÍC.	Leq	L10	L90	CO
	LEVES	PESAD.		10 min	(vol/h)	PESAD				
	10 min	10 min	10 min	10 min	(vol/h)	(%)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	ppm
07:30/07:40	203	8	5	216	1296	3,70	71	75	61	8,193
07:40/07:50	194	6	2	202	1212	2,97	x	x	x	8,946
07:50/08:00	178	5	6	189	1134	2,65	x	x	x	7,620
08:00/08:10	170	6	6	182	1092	3,30	71.1	74	61	4,853
08:10/08:20	203	5	9	217	1302	2,30	x	x	x	7,178
08:20/08:30	166	7	3	176	1056	3,98	x	x	x	7,123
08:30/08:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,707
08:40/08:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,174
08:50/09:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,989
09:00/09:10	174	5	5	184	1104	2,72	72.2	75	63	4,119
09:10/09:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,679
09:20/09:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,410
09:30/09:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,133
09:40/09:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4,013
09:50/10:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,619
10:00/10:10	195	5	4	204	1224	2,45	71.1	74.5	60.5	3,231
10:10/10:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4,374
10:20/10:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,193
10:30/10:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,007
10:40/10:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,918
10:50/11:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,864
11:00/11:10	181	5	4	190	1140	2,63	70.8	74	60.5	4,879
11:10/11:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4,491
11:20/11:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,263
11:30/11:40	191	6	8	205	1230	2,93	x	x	x	4,113
11:40/11:50	254	5	8	267	1602	1,87	x	x	x	5,519
11:50/12:00	274	8	11	293	1758	2,73	x	x	x	4,899
12:00/12:10	299	10	10	319	1914	3,13	72.4	75	63	5,212
12:10/12:20	264	7	5	276	1656	2,54	x	x	x	5,197
12:20/12:30	141	4	4	149	894	2,68	x	x	x	1,678
12:30/12:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,090
12:40/12:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,882
12:50/13:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,080
13:00/13:10	207	6	9	222	1332	2,70	73.9	75	59	2,175
13:10/13:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,421
13:20/13:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4,775
13:30/13:40	236	6	9	251	1506	2,39	x	x	x	3,818
13:40/13:50	201	4	8	213	1278	1,88	x	x	x	2,898
13:50/14:00	267	3	8	278	1668	1,08	x	x	x	3,747
14:00/14:10	286	5	10	301	1806	1,66	71.3	74	62	3,877
14:10/14:20	203	9	12	224	1344	4,02	x	x	x	2,922

PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE DADOS										
PONTO DE MEDIÇÃO: Av. Hercílio Luz com R. Fernando Machado										
LARGURA DA RUA: 7+9+7				SENTIDO:				DATA:		PONTO Nº: 04
DISTÂNCIA DA ESQUINA: 50				BAIRRO-CENTR: X		04/12/97				
DISTÂNCIA DA FACHADA: 2				CENTRO-BAIRR: X		QUINTA-FEIRA				
HORÁRIO	VEÍC.	VEÍC.	MOTOS	VOLUME		VEÍC.	Leq	L10	L90	CO
	LEVES 10 min	PESAD. 10 min		10 min	TOTAL (vol/h)	PESAD (%)		dB(A)	dB(A)	
07:30/07:40	204	7	8	219	1314	3,20	73.2	76.5	59.5	3,333
07:40/07:50	158	2	10	170	1020	1,18	x	x	x	1,953
07:50/08:00	155	12	9	176	1056	6,82	x	x	x	2,124
08:00/08:10	199	7	8	214	1284	3,27	73.5	76	60	1,436
08:10/08:20	173	8	9	190	1140	4,21	x	x	x	1,945
08:20/08:30	142	6	9	157	942	3,82	x	x	x	1,814
08:30/08:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,857
08:40/08:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,800
08:50/09:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4,174
09:00/09:10	170	13	11	194	1164	6,70	74.8	77	61	4,205
09:10/09:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,899
09:20/09:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4,516
09:30/09:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4,749
09:40/09:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,581
09:50/10:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4,926
10:00/10:10	205	9	9	223	1338	4,04	72.4	75	62.5	4,058
10:10/10:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,545
10:20/10:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,707
10:30/10:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,754
10:40/10:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,634
10:50/11:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,862
11:00/11:10	149	9	3	161	966	5,59	73.6	75.5	60.5	2,112
11:10/11:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,751
11:20/11:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,705
11:30/11:40	201	4	8	213	1278	1,88	x	x	x	2,492
11:40/11:50	165	6	11	182	1092	3,30	x	x	x	1,457
11:50/12:00	230	7	2	239	1434	2,93	x	x	x	2,150
12:00/12:10	226	7	6	239	1434	2,93	75.3	76.5	65.5	2,580
12:10/12:20	195	10	3	208	1248	4,81	x	x	x	1,927
12:20/12:30	156	2	6	164	984	1,22	x	x	x	3,219
12:30/12:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,249
12:40/12:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,215
12:50/13:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,989
13:00/13:10	250	7	12	269	1614	2,60	74.5	76	63.5	1,020
13:10/13:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,848
13:20/13:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,674
13:30/13:40	207	4	5	216	1296	1,85	x	x	x	0,677
13:40/13:50	191	5	13	209	1254	2,39	x	x	x	0,632
13:50/14:00	233	4	13	250	1500	1,60	x	x	x	0,719
14:00/14:10	230	7	17	254	1524	2,76	72.6	75	64	1,583
14:10/14:20	175	7	10	192	1152	3,65	x	x	x	2,573

PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE DADOS										
PONTO DE MEDIÇÃO: Terminal Urbano (Entre R. Nunes Machado e R. Saldanha Marinho)										
LARGURA DA RUA: 9				SENTIDO:				DATA:		PONTO Nº: 05
DISTÂNCIA DA ESQUINA: 28				BAIRRO-CENTRO X		09/12/97				
DISTÂNCIA DA FACHADA: 1,5				CENTRO-BAIRRO X		TERÇA-FEIRA				
HORÁRIO	VEÍC.	VEÍC.	MOTOS	VOLUME		VEÍC.	Leq	L10	L90	CO
	LEVES	PESAD.		10 min	10 min	PESAD				
	10 min	10 min	10 min	10 min	(vol/h)	(%)	dB(A)	dB(A)	dB(A)	ppm
07:30/07:40		50		50	300	100,00	72	74.5	69	0,902
07:40/07:50		46		46	276	100,00	x	x	x	0,910
07:50/08:00		63		63	378	100,00	x	x	x	0,719
08:00/08:10		56		56	336	100,00	72.5	74.5	69	0,742
08:10/08:20		47		47	282	100,00	x	x	x	0,849
08:20/08:30		49		49	294	100,00	x	x	x	0,774
08:30/08:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,737
08:40/08:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,667
08:50/09:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,522
09:00/09:10		51		51	306	100,00	73.9	76.5	69.5	0,680
09:10/09:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,522
09:20/09:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,444
09:30/09:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,565
09:40/09:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,679
09:50/10:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,635
10:00/10:10		45		45	270	100,00	75.8	78	69	0,713
10:10/10:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,679
10:20/10:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,574
10:30/10:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,591
10:40/10:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,542
10:50/11:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,637
11:00/11:10		40		40	240	100,00	73.7	76	69	0,854
11:10/11:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,711
11:20/11:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,899
11:30/11:40		58		58	348	100,00	x	x	x	0,747
11:40/11:50		52		52	312	100,00	x	x	x	0,985
11:50/12:00		59		59	354	100,00	x	x	x	0,826
12:00/12:10		63		63	378	100,00	73.8	76.5	70	0,717
12:10/12:20		56		56	336	100,00	x	x	x	0,828
12:20/12:30		49		49	294	100,00	x	x	x	0,908
12:30/12:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,077
12:40/12:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,931
12:50/13:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,017
13:00/13:10		66		66	396	100,00	73.2	75	69.5	1,136
13:10/13:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,610
13:20/13:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,879
13:30/13:40		61		61	366	100,00	x	x	x	1,895
13:40/13:50		55		55	330	100,00	x	x	x	1,930
13:50/14:00		53		53	318	100,00	x	x	x	1,949
14:00/14:10		55		55	330	100,00	74.1	76.5	70.5	2,036
14:10/14:20		45		45	270	100,00	x	x	x	2,043
14:20/14:30		47		47	282	100,00	x	x	x	2,100

PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE DADOS										
PONTO DE MEDIÇÃO: R. Jerônimo Coelho (Entre R. Vidal Ramos e R. Osmar Cunha)										
LARGURA DA RUA: 8				SENTIDO: BAIRO-CENTRO X				DATA: 25/11/97		PONTO Nº: 06
DISTÂNCIA DA ESQUINA: 60				CENTRO-BAIRRO .				TERÇA-FEIRA		
DISTÂNCIA DA FACHADA: 2										
HORÁRIO	VEÍC. LEVES 10 min	VEÍC. PESAD. 10 min	MOTOS 10 min	VOLUME TOTAL 10 min (vol/h)		VEÍC. PESAD (%)	Leq dB(A)	L10 dB(A)	L90 dB(A)	CO ppm
07:30/07:40	63	6	1	70	420	8,57	71.3	73	62	2,980
07:40/07:50	44	9	1	54	324	16,67	x	x	x	1,467
07:50/08:00	78	6	1	85	510	7,06	x	x	x	1,097
08:00/08:10	61	6	9	76	456	7,89	70.8	74.5	65	2,633
08:10/08:20	54	3	3	60	360	5,00	x	x	x	6,729
08:20/08:30	67	13	2	82	492	15,85	x	x	x	1,173
08:30/08:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,261
08:40/08:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,409
08:50/09:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,809
09:00/09:10	69	7	8	84	504	8,33	72.1	74.5	64	2,430
09:10/09:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,807
09:20/09:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,915
09:30/09:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,827
09:40/09:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,957
09:50/10:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,050
10:00/10:10	102	10	8	120	720	8,33	73	75.5	62	1,649
10:10/10:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,626
10:20/10:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,412
10:30/10:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,261
10:40/10:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,547
10:50/11:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,026
11:00/11:10	118	7	6	131	786	5,34	71.2	73.5	63	0,690
11:10/11:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,662
11:20/11:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,078
11:30/11:40	100	5	4	109	654	4,59	x	x	x	2,066
11:40/11:50	115	8	8	131	786	6,11	x	x	x	0,604
11:50/12:00	127	4	10	141	846	2,84	x	x	x	0,525
12:00/12:10	105	9	5	119	714	7,56	74.4	76.5	66	1,690
12:10/12:20	143	6	3	152	912	3,95	x	x	x	1,470
12:20/12:30	100	3	8	111	666	2,70	x	x	x	0,847
12:30/12:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,544
12:40/12:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,425
12:50/13:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,743
13:00/13:10	103	6	4	113	678	5,31	74.3	75.5	63	0,475
13:10/13:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,919
13:20/13:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,342
13:30/13:40	106	2	1	109	654	1,83	x	x	x	0,313
13:40/13:50	156	4	3	163	978	2,45	x	x	x	0,582
13:50/14:00	136	1	6	143	858	0,70	x	x	x	0,578
14:00/14:10	144	5	9	158	948	3,16	71.7	74	63.5	1,218

PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE DADOS										
PONTO DE MEDIÇÃO: R. Pedro Demoro (Entre R. Mal. Hermes e R. Antunieta Barros)										
LARGURA DA RUA: 8				SENTIDO: BAIRO-CENTRO				DATA: 26/11/97		PONTO Nº: 07
DISTÂNCIA DA ESQUINA: 40				CENTRO-BAIRRO				QUARTA-FEIRA		
DISTÂNCIA DA FACHADA: 6										
HORÁRIO	VEÍC.	VEÍC.	MOTO:	VOLUME		VEÍC.	Leq	L10	L90	CO
	LEVES	PESAD.		TOTAL	(vol/h)	PESAD	dB(A)	dB(A)	dB(A)	ppm
	10 min	10 min	10 min	10 min		(%)				
07:30/07:40	105	15	6	126	756	11,90	75.2	76.5	60	0,730
07:40/07:50	127	16	6	149	894	10,74	x	x	x	0,595
07:50/08:00	138	18	5	161	966	11,18	x	x	x	0,937
08:00/08:10	160	20	5	185	1110	10,81	73.8	76.5	60.5	0,428
08:10/08:20	163	16	10	189	1134	8,47	x	x	x	0,768
08:20/08:30	140	19	6	165	990	11,52	x	x	x	0,684
08:30/08:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,292
08:40/08:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,379
08:50/09:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,164
09:00/09:10	170	17	6	193	1158	8,81	75.9	78.5	66.5	2,132
09:10/09:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,656
09:20/09:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,762
09:30/09:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,578
09:40/09:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,799
09:50/10:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,673
10:00/10:10	173	18	6	197	1182	9,14	74.6	77.5	66	0,705
10:10/10:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,928
10:20/10:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,790
10:30/10:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,719
10:40/10:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,341
10:50/11:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,153
11:00/11:10	206	20	10	236	1416	8,47	77.5	81	66	1,537
11:10/11:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,149
11:20/11:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,139
11:30/11:40	254	21	6	281	1686	7,47	x	x	x	0,864
11:40/11:50	251	29	14	294	1764	9,86	x	x	x	1,494
11:50/12:00	260	16	9	285	1710	5,61	x	x	x	1,529
12:00/12:10	231	19	17	267	1602	7,12	77	80	67	2,082
12:10/12:20	231	31	7	269	1614	11,52	x	x	x	1,975
12:20/12:30	192	18	10	220	1320	8,18	x	x	x	1,111
12:30/12:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,201
12:40/12:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,974
12:50/13:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,231
13:00/13:10	157	17	4	178	1068	9,55	77.1	79	65.5	0,918
13:10/13:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,797
13:20/13:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0,976
13:30/13:40	211	20	15	246	1476	8,13	x	x	x	0,716
13:40/13:50	193	22	4	219	1314	10,05	x	x	x	0,870
13:50/14:00	231	17	7	255	1530	6,67	x	x	x	1,741
14:00/14:10	226	20	7	253	1518	7,91	75.6	78	65	1,241
14:10/14:20	215	18	10	243	1458	7,41	x	x	x	2,187

PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE DADOS										
PONTO DE MEDIÇÃO: R. Eurico G. Dutra (Entre R. Santos Saraiva e R. V. Neves)										
LARGURA DA RUA: 10				SENTIDO: BAIRO-CENTRO				DATA: 11/12/97		PONTO Nº: 08
DISTÂNCIA DA ESQUINA: 40				CENTRO-BAIRRO				QUINTA-FEIRA		
DISTÂNCIA DA FACHADA: 2,5										
HORÁRIO	VEÍC. LEVES	VEÍC. PESAD.	MOTOS	VOLUME TOTAL		VEÍC. PESAD	Leq	L10	L90	CO
	10 min	10 min		10 min	10 min	(vol/h)				
07:30/07:40	223	26	8	257	1542	10,12	78.9	81.5	66	5,060
07:40/07:50	256	32	12	300	1800	10,67	x	x	x	5,774
07:50/08:00	278	26	18	322	1932	8,07	x	x	x	6,714
08:00/08:10	267	20	9	296	1776	6,76	78.9	82.5	71.5	5,283
08:10/08:20	240	26	13	279	1674	9,32	x	x	x	6,196
08:20/08:30	231	25	18	274	1644	9,12	x	x	x	4,936
08:30/08:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,364
08:40/08:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,700
08:50/09:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6,162
09:00/09:10	248	28	9	285	1710	9,82	77.9	80.5	66.5	7,806
09:10/09:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6,497
09:20/09:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	7,186
09:30/09:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6,680
09:40/09:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6,180
09:50/10:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,667
10:00/10:10	222	19	15	256	1536	7,42	78	81.5	63	6,027
10:10/10:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,629
10:20/10:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6,390
10:30/10:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6,377
10:40/10:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,677
10:50/11:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,823
11:00/11:10	257	18	16	291	1746	6,19	76.1	79	65.5	6,063
11:10/11:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4,200
11:20/11:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,100
11:30/11:40	271	18	6	295	1770	6,10	x	x	x	2,146
11:40/11:50	232	18	17	267	1602	6,74	x	x	x	5,056
11:50/12:00	248	18	16	282	1692	6,38	x	x	x	10,752
12:00/12:10	304	21	14	339	2034	6,19	77.8	80	67.5	9,565
12:10/12:20	218	22	15	255	1530	8,63	x	x	x	8,245
12:20/12:30	195	20	9	224	1344	8,93	x	x	x	4,215
12:30/12:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,001
12:40/12:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,217
12:50/13:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,441
13:00/13:10	214	25	10	249	1494	10,04	77.8	81	63	2,064
13:10/13:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,428
13:20/13:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,712
13:30/13:40	293	23	14	330	1980	6,97	x	x	x	3,564
13:40/13:50	221	19	10	250	1500	7,60	x	x	x	5,090

PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE DADOS										
PONTO DE MEDIÇÃO: Av. Ivo Silveira (Entre R. Pedro I e R. Pedro II)										
LARGURA DA RUA: 7+2+7					SENTIDO: BAIRO-CENTRO			DATA: 10/12/97		PONTO Nº: 09
DISTÂNCIA DA ESQUINA: 30					CENTRO-BAIRRO			QUARTA-FEIRA		
DISTÂNCIA DA FACHADA 8										
HORÁRIO	VEÍC. LEVES 10 min	VEÍC. PESAD. 10 min	MOTOS 10 min	VOLUME TOTAL 10 min	(vol/h)	VEÍC. PESAD (%)	Leq dB(A)	L10 dB(A)	L90 dB(A)	CO ppm
07:30/07:40	276	47	14	337	2022	13,95	80.7	83	73	4,478
07:40/07:50	388	41	20	449	2694	9,13	x	x	x	3,8555
07:50/08:00	395	40	18	453	2718	8,83	x	x	x	4,203
08:00/08:10	339	36	15	390	2340	9,23	81.4	84	72.5	3,064
08:10/08:20	366	60	22	448	2688	13,39	x	x	x	2,668
08:20/08:30	371	52	25	448	2688	11,61	x	x	x	2,4225
08:30/08:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,468
08:40/08:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,3995
08:50/09:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,6115
09:00/09:10	322	37	37	396	2376	9,34	81.5	84	71	2,402
09:10/09:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,214
09:20/09:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,5235
09:30/09:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,379
09:40/09:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,453
09:50/10:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,7715
10:00/10:10	370	35	31	436	2616	8,03	80	83	70.5	2,433
10:10/10:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,083
10:20/10:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,399
10:30/10:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,501
10:40/10:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,6645
10:50/11:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,381
11:00/11:10	370	39	26	435	2610	8,97	79.1	82	71	2,544
11:10/11:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,853
11:20/11:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,4165
11:30/11:40	413	38	27	478	2868	7,95	x	x	x	3,318
11:40/11:50	418	44	32	494	2964	8,91	x	x	x	2,8125
11:50/12:00	436	46	30	512	3072	8,98	x	x	x	3,111
12:00/12:10	472	37	24	533	3198	6,94	80.4	83	73	3,117
12:10/12:20	394	39	19	452	2712	8,63	x	x	x	2,9765
12:20/12:30	384	60	14	458	2748	13,10	x	x	x	2,8115
12:30/12:40	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,679
12:40/12:50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,368
12:50/13:00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,653
13:00/13:10	322	37	18	377	2262	9,81	79.3	82.5	70	3,084
13:10/13:20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,7595
13:20/13:30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3,0245
13:30/13:40	409	42	33	484	2904	8,68	x	x	x	2,931
13:40/13:50	430	45	23	498	2988	9,04	x	x	x	3,5175

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALVES FILHO, J. M. **Influência da composição do tráfego sobre o ruído gerado por rodovias**. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - CPGEMC/UFSC.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Veículos rodoviários automotores em aceleração – Determinação do nível de ruído, que incorpora a ISO 362 – Acoustics – Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method**, NBR 8433. Rio de Janeiro, 1984.
- _____. **Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade**. NBR 10151. Rio de Janeiro, 1987.
- BARTLETT, R. S. The prediction of perceived lorry nuisance – results of recent surveys. **TRL Research Report 346**, Crowthorne, UK. 1992.
- BERANEK, L.L; VÉR, I.L. **Noise and vibrations control engineering: principles and applications**. New York: Courier Companies, 1992. cap. 17, p. 617-641.
- BORREGO et al. Propuesta de regulaciones constructivas en areas aledaña a las arterias y vias principales de la Provincia la Habana, Cuba. In: X CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA DE TRANSITO Y TRANSPORTE (1996 : Havana). *Anais...* Cuba : 1996.
- BRANCO, S. M; MURGEL, E. M. **Poluição do ar**. Moderna, São Paulo, 1995.
- BRITISH STANDARD INSTITUTION - **Description and measurement of environmental noise, que incorpora a ISO 1996 – Acoustics – Assessment of noise with respect to community response**, BS 7445. London. 1991.
- BRÜEL&KJAER MAGAZINE. 2260 **Investigator: New Arrivals**, Naerum, Denmark, N° 1, p. 8-9. 1997.
- BRUEL&KJAER. **Acoustic noise measurements**. B&K, Denmark. 1988.
- BRUEL&KJAER. **Technical Documentation – precision integration sound level meter type 2236**. B&K, Denmark. 1993.
- BUCHANAN, C., D. **Traffic in Towns – A study of the long term problems of traffic in urban areas**. London, HMSO, 1963.
- CECCA – CENTRO DE ESTUDOS CULTURA E CIDADANIA. Relatório do Projeto CECA/FNMA, Florianópolis, 1997.
- COHN, L. F.; McVOY, G.R. Environmental analysis of transportation systems. **John Wiley & Sons**, New York. 1982.

- CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo 1995. CETESB. São Paulo, 1996.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 03/90**. Publicado no D.O.U de 22/08/90, Brasília, 1990.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 18/86**. Publicado no D. O. U de 17/06/86, Brasília, 1986.
- CROXFORD, B., PENN, A. **Siting considerations for urban pollution monitors. Atmospheric environmental**. AE 1780. Elsevier, Amsterdam, V32, 1998.
- CROXFORD, B., PENN, A., HILLIER, B. Spatial distribution of urban pollution: civilizing urban traffic. **The Science and The Total Environment**. Elsevier, Amsterdam, v189/190, p3-9, 1996.
- CROXFORD, B.; PENN, A. Pedestrian exposure to urban air pollution: exploratory results. **Air Pollution. V2. Computational Mechanics Publications**, Southampton. UK. p. 439-446. 1995.
- DEPARTMENT OF TRANSPORT WELSH OFFICE GREAT BREITAIN. **Calculation of road traffic noise**. HMSO, London, 1988.
- DER/SC – DEPARTAMENTO DE ESTRADA DE RODAGEM DE SANTA CATARINA. **Gestão ambiental no setor rodoviário : manual de procedimentos ambientais**. Departamento de Estrada de Rodagem de Santa Catarina, Florianópolis. 1993
- DOBIAS, G. Road transport and environment – An optimistic View. **IATSS Research**, New York, v. 15 n. 2, p. 147-149. 1992.
- ESTEVES, José de Miranda. Poluição sonora nos grandes centros urbanos. **Revista Pernambucana de Tecnologia**, Recife nº 3 (1), p. 41-44, janeiro/abril 1983.
- FERRARI, C. **Curso de planejamento municipal integrado : urbanismo**. Ed. Pioneira, São Paulo. 1988
- FREITAS, I. M. D. P. **Metodologia para determinação da capacidade ambiental de vias urbanas: o caso da interseções semaforizadas**. Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes, 1991) - PET/COPPE/UFRJ.
- GERGES, S. N. Y. **Ruído : fundamentos e controle**. UFSC, Florianópolis. 1992.
- GODISH, T. **Air quality**. Lewis publishers, Michigan. 1991.
- GOLDNER, L. G. **Uma metodologia de avaliação de impactos de shopping centers sobre o sistema viário urbano**. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes, 1994) - COPPE/UFRJ.
- HOROWITZ, J. L. **Air quality analysis for urban transportation planning**. MIT Press, London. 1982.

- HOTHERSALL, D. C. e SALTER, R. J. **Transport and the environment**. Crosby Lockwood Staples, London. 1977.
- INAMB – INSTITUTO NACIONAL DO AMBIENTE. **Poluição sonora**, Lisboa. 1993.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Modelo empírico para a previsão de ruído de tráfego para a cidade de São Paulo**. CT 304., São Paulo. 1984.
- ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Acoustics – Measurement of noise emitted by accelerating road vehicles – Engineering method**. ISSO 362. Genève, 1994.
- IPIUF – INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS. **Mapa digitalizado da cidade de Florianópolis**, 1998.
- ITE - INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS. **Transportation and traffic engineering handbook**. Prentice-Hall, New Jersey, 1982.
- MARTINS, J. A. **Transporte, Uso do Solo e Auto-Sustentabilidade**. Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes, 1996), COPPE/UFRJ.
- MARTINS, J. A. Revisitando Buchanam. **Transportes**, vol. 3, n. 1, maio de 1995. ANPET – Associação Nacional de Pesquisa em Transportes, Rio de Janeiro, 1995⁷
- MORLOK, E. K. **Introduction to transportation engineering and planning**. McGraw-Hill. 1978.
- MURGEL, E. M. **Veículos automotores. O proálcool e a qualidade do ar**. Confederação Nacional da Indústria, Rio de Janeiro, 1990.
- ORTOLANO, L. **Environmental regulation and impact assessment**. Wiley & Sons, New York, USA, 1997.
- PENN, A., CROXFORD, B., BANISTER, D., O’SULLIVAN, P. Effects of street grid configuration on pedestrian exposure to vehicular pollution: Civilising urban traffic. **Final Report on EPSRC GR/J50613**. UCL, UK, 1995.
- PIGNATARO, L. J. **Traffic Engineering: theory and practice**. Prentice-Hall, New Jersey, 1973.
- PIMENTEL-SOUZA F. Os riscos ao sono: uma avaliação dos efeitos da poluição sonora urbana no trabalho e na saúde. **Revista Proteção**, 5(23):148-154. 1993.
- ROTT, J. A. A. **Mapa simplificado de ruído para a cidade de Porto Alegre**. Porto Alegre, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - CPGEC/UFRGS.
- ROYAL COMMISSION ON ENVIRONMENTAL POLLUTION. **Twentieth Report: Transport and the Environment**, HMSO, London, 1997.
- SÁ et al. Moderação do tráfego: uma possibilidade de melhoria da qualidade de vida nas cidades brasileiras. In: IX ANPET - CONGRESSO DE PESQUISA E

- ENSINO EM TRANSPORTES (1995 : São Carlos). **Anais...** São Paulo : ANPET, 1995. p. 880-891.
- SINAY, M. C. F. Estudios de impactos ambientales para proyectos de transportes en Brasil. In: X Congreso Panamericano de Ingenieria de Transito y Transporte, **Anais...** Havana. 1996
- SZWARC, A.; BRANCO, G.M.. PROCONVE – O programa de controle da poluição do ar por veículos automotores. In: 14º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. (1990: São Paulo). **Anais...** São Paulo: CETESB, 1990.
- TRAUMANN, T. A pátria sobre quatro rodas. **Veja**, São Paulo, n. 32, p. 54-55, 7 de agosto de 1996.
- VARELLA, F. O limite de uma civilização. **Veja**, São Paulo, n. 32, p. 49-53, 7 de agosto de 1996.
- WHO. **Noise environmental health criteria.** WORLD HEALTH ORGANIZATION Document N° 12., Vammala, Finland, 1980.
- WHO. **Motor vehicle air pollution: public health impact and control measures.**, WORLD HEALTH ORGANIZATION Geneva, Switzerland, 1992a
- WHO. **Urban air pollution in megacities of the world.** WORLD HEALTH ORGANIZATION Oxford, UK, 1992b
- YAMAZAKI, S. The automobile and the environment. **IATSS Research**, New York, v. 15 n. 2, p. 124-132. 1992.