UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

CRISTINA YUKARI KAWAKITA

MEDIÇÃO DO RUÍDO DE TRÁFEGO NA RODOVIA SP 270 E
AVALIAÇÃO DA SATISFAÇÃO QUANTO AO CONFORTO ACÚSTICO
DE SEUS MORADORES

São Paulo
2008

CRISTINA YUKARI KAWAKITA

MEDIÇÃO DO RUÍDO DE TRÁFEGO NA RODOVIA SP 270 E
AVALIAÇÃO DA SATISFAÇÃO QUANTO AO CONFORTO ACÚSTICO
DE SEUS MORADORES

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do Título de
Mestre em Engenharia.

São Paulo
2008

CRISTINA YUKARI KAWAKITA

MEDIÇÃO DO RUÍDO DE TRÁFEGO NA RODOVIA SP 270 E
AVALIAÇÃO DA SATISFAÇÃO QUANTO AO CONFORTO ACÚSTICO
DE SEUS MORADORES

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do Título de
Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia Civil

Orientador:
Prof. Livre-Docente
Racine Tadeu Araújo Prado

São Paulo
2008

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de abril de 2008.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Kawakita, Cristina Yukari

Medição do ruído de tráfego na rodovia sp 270 e avaliação da satisfação quanto ao conforto acústico de seus moradores / C.Y. Kawakita. -- ed.rev. -- São Paulo, 2008.

174 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Conforto acústico 3.Ruído urbano 4.Poluição sonora 5.Avaliação pós-ocupação I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

O presente trabalho foi realizado com o apoio:
do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil
e da FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

DEDICATÓRIA

A Deus, por tudo.

Aos meus pais, por ensinarem-me o valor da educação como um legado que ninguém pode tirar de seus filhos.

Ao meu irmão, pelas contribuições nos momentos de dúvida.

Ao meu noivo, pelo companheirismo e compreensão em todas as etapas da pesquisa, incluindo o auxílio nas medições.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Racine Tadeu Araújo Prado, pela sabedoria na condução da pesquisa e pelas oportunidades concedidas que me trouxeram ensinamentos não só para esta dissertação mas para toda a minha vida.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio sem o qual não seria possível a realização desta pesquisa.

Ao professor Mário Festa, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG-USP), pelas orientações quanto à instalação da estação meteorológica.

Ao professor Witold Zmitrowicz, da Escola Politécnica (EP-USP), pelo debate sobre as questões de planejamento urbano na região da rodovia SP 270.

Ao professor Felipe Issa Kabbach Junior, da Escola Politécnica (EP-USP), pelos esclarecimentos quanto aos jargões de infra-estrutura do sistema rodoviário.

A Marlene dos Reis Araújo, Diretora da Assessoria de Planejamento do Departamento de Estradas de Rodagem (DER), pela cessão de dados referentes ao fluxo de tráfego de veículos na rodovia SP-270.

Ao engenheiro Vivaldo Camargo Basílio, gerente de conservação da 10ª Divisão Regional do Departamento de Estradas de Rodagem (DER) e ao engenheiro Gerson Sancinetti de Oliveira, pelo apoio das viaturas quando da realização das medições.

Aos inspetores de tráfego do DER: Pedro Santos da Silva, Vitor Dias, José Benedito Cândido de Carvalho, José Sidnei de Oliveira, Romano, Edejaimil e Luiz Augusto Ferraz Leite, pelo acompanhamento e auxílio nas medições realizadas ao longo da Rodovia Raposo Tavares.

A Camilla Rillo, pelo auxílio na aplicação dos questionários junto aos moradores.

Aos meus amigos do Laboratório de Sistemas Prediais: Diego Cesar Sanches e Vanessa Montoro Taborianski, pelas preciosas dicas e conselhos e pelo auxílio nas revisões.

A Engrácia Maria Bertuciotti, a Fátima Regina Gonçalves Sanches e a Ana Ceci da Silva, pelo auxílio ao longo de toda a pesquisa.

“O barulho é a tortura do homem de pensamento”.

Arthur Schopenhauer

RESUMO

A conscientização dos problemas que a poluição sonora acarreta e o emprego de soluções no projeto de edificações e no planejamento urbano, para amenizar tais problemas, são importantes para a melhoria da qualidade de vida do cidadão, da comunidade e da cidade. No âmbito das grandes rodovias que cortam trechos urbanizados, este estudo enfocou o conforto acústico em residências ao longo da rodovia Raposo Tavares (SP 270), a partir da análise de dados levantados por medições de grandezas acústicas, grandezas meteorológicas, contagem de fluxo de veículos, entrevistas, levantamentos físicos e fotográficos, tendo como base as normas e recomendações existentes e os procedimentos sugeridos pela metodologia de Avaliação Pós-Ocupação (APO). Verificou-se que em todos os pontos medidos, o nível contínuo médio de pressão sonora equivalente foi maior que os níveis recomendados pela norma brasileira e pela Organização Mundial de Saúde. Calculou-se a atenuação causada pelas barreiras acústicas, se estas fossem implantadas frente a residências desprotegidas e a combinação desta solução com outras tecnologias como a pavimentação porosa e o aumento do isolamento das fachadas. Com isto, foram destacadas orientações quanto ao conforto acústico na interação de projetos de implantação de moradias e vias de transporte com níveis elevados de ruído.

ABSTRACT

The awareness of the problems which the sound pollution causes and the employment of solutions in the process of building design and the urban planning, to soften such problems, are important for the improvement of the quality of life of the citizen, the community, and the city. Within the big roads which cross urbanized areas, this study focused on the acoustic comfort, in dwellings along the Raposo Tavares road (SP 270), from the analysis of data gathered through measurements of meteorological and acoustic data, traffic flow counting, interviews, physical and photographic surveys, based on the existing standards and recommendations and the procedures suggested by the Post Occupancy Evaluation (POE). It was verified that in all the measured points, the average equivalent continuous sound pressure level was greater than the levels recommended by the Brazilian standard and the World Health Organization. It was calculated the attenuation caused by noise barriers, if they were placed in front of unprotected dwellings and the combination of this solution with other technologies such as the porous pavement and the increase of the isolation of the façades. With this, guidelines concerning the acoustic comfort in the interaction of the design of housing implantation with roads with high levels of noise were highlighted.

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1 – Problemas sociais causados pelo ruído.....	23
Figura 2 – Reclamações ao PSIU.....	24
Figura 3 – Ruído contínuo.....	31
Figura 4 – Ruído intermitente.....	31
Figura 5 – Ruído impulsivo.....	32
Figura 6 – Escala logarítmica.....	34
Figura 7 – Curvas A, B e C.....	35
Figura 8 – Curvas isofônicas.....	40
Figura 9 – Curva típica de perda na transmissão em função da frequência do som incidente de painéis sólidos e homogêneos.....	41
Figura 10 – Pannel de chumbo de espessura 0,8 mm.....	43
Figura 11 – Pannel de madeira compensada de espessura 19 mm.....	43
Figura 12 – Pannel de aço de espessura 1,6 mm.....	44
Figura 13 – Pannel de acrílico de espessura 25 mm.....	44
Figura 14 – Pannel de vidro de espessura 6 mm.....	44
Figura 15 – Pannel de concreto de espessura 100 mm.....	44
Figura 16 – Pannel de blocos de cimento de espessura 150 mm.....	44
Figura 17 – Classificação STC de diferentes tipos de parede.....	46
Figura 18 – Curvas NC.....	48
Figura 19 – Curvas NCB.....	49
Figura 20 – Isolamento de ruído de tráfego para quartos, requerido a 500 Hz.....	49
Figura 21 – Isolamento mínimo da fachada (NCB – 40). <i>Fonte: Kurra e Tamer (1993)</i>	50
Figura 22 – Fonte linear.....	51
Figura 23 – Barreira acústica em Xangai (2007).....	52
Figura 24 – Barreira acústica em Xangai (2007).....	52
Figura 25 – Provas de ruído em aceleração.....	57
Figura 26 – Rodovia Raposo Tavares no Estado de São Paulo.....	61
Figura 27 – Distritos do município de São Paulo, cortados pela SP-270.....	62
Figura 28 – Evolução do tráfego no trecho Cotia – São Paulo entre 1997 e 2007....	63
Figura 29 – Congestionamento na rodovia SP-270.....	63
Figura 30 – Folheto promocional do 1º Fórum pela Sobrevivência Saudável do Eixo Metropolitano Raposo Tavares.....	64
Figura 31 – Esquema da avaliação pós-ocupação.....	66
Figura 32 – Localização dos pontos de medição.....	68
Figura 33 – Sistema básico 2260.....	74
Figura 34 – Analisador sonoro Investigator 2260 e estação meteorológica ao fundo.....	75
Figura 35 - Absorção atmosférica (dB/km) para diferentes frequências sonoras (250 – 8000 Hz) sob várias condições de umidade relativa à 15º e pressão do ar normal (101,325 kPa).....	76
Figura 36 – Comparação entre absorção atmosférica para diferentes tipos de clima.....	77
Figura 37 – Estação meteorológica WeatherHawk™.....	78
Figura 38 – Veículos de passeio (2 eixos, 4 rodas).....	79

Figura 39 – Veículos comerciais.	80
Figura 40 – Estrutura do questionário	82
Figura 41 – Linha de ruído – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	93
Figura 42 – Tipo de habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	95
Figura 43 – Existência de jardim ou sacada – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	95
Figura 44 – Localização – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	96
Figura 45 – Distância – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	96
Figura 46 – Idade – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	96
Figura 47 – Sexo – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	97
Figura 48 – Regime de propriedade da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	97
Figura 49 – Tempo de propriedade da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	98
Figura 50 – Vizinhança – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	98
Figura 51 – O que mais agrada na vizinhança – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007) ..	98
Figura 52 – Ruídos ouvidos dentro da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	99
Figura 53 – Veículos ouvidos dentro da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	99
Figura 54 – Tipos de ruído ouvidos dentro da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	100
Figura 55 – Cômodo onde o ruído é pior dentro da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	101
Figura 56 – Horário em que o ruído é mais percebido dentro da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	101
Figura 57 – Horário em que o ruído é pior – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	102
Figura 58 – Duração do ruído – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	102
Figura 59 – Frequência do ruído – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	102
Figura 60 – Reação ao ruído – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	103
Figura 61 – Efeitos do ruído na habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	103
Figura 62 – Efeitos psicológicos do ruído – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	104
Figura 63 – Ações tomadas para a redução do ruído – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)	104
Figura 64 – Em sua casa ouve barulho sempre versus possui jardim em sua casa.	105
Figura 65 – Gosta de morar nesta área versus não ouve nenhum ruído de vizinhos	106
Figura 66 – Média de veículos em 10 minutos de medição	108
Figura 67 – Dados de ruído obtidos para diferentes velocidades de veículos à 7,5m da borda da estrada.	112
Figura 68 – Distâncias mínimas habitação-rodovia em relação ao número de pistas e velocidades dos veículos.	112
Figura 69 – Variáveis para o cálculo do número de Fresnel.	113
Figura 70 – Barreira acústica envidraçada reduz o ruído de tráfego e transforma o micro-clima ao redor do edifício. Fonte: Canadian Architect (online)	114
Figura 71 – Pavimentação tradicional	116
Figura 72 – Pavimentação geradora de baixo ruído	116
Figura 73 – Medidas para a mitigação do ruído em habitações atingidas pelo ruído de tráfego	117
Figura 74 – Cut and cover	117

Figura 75 – Construções típicas ao longo do km 11 da Rodovia Raposo Tavares .	119
Figura 76 – Portões vazados na parte frontal das habitações	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de ruídos medidos na cidade de São Paulo	25
Tabela 2 – Limites de ruído de tráfego rodoviário	26
Tabela 3 – Ponderação em dB(A)	33
Tabela 4 – STC e percepção da fala	46
Tabela 5 – NBR 10.151 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)	56
Tabela 6 - Limites de ruído para motocicletas e similares	57
Tabela 7 – Limites de ruído para veículos novos	58
Tabela 8 – Medição expedita realizada na Rodovia Raposo Tavares (SP-270)	68
Tabela 9 – Cálculo do tempo de estabilização	70
Tabela 10 – Volume de tráfego de veículos por hora na rodovia SP-270 ao longo de 1 de agosto de 2006, terça-feira	71
Tabela 11 – Medições realizadas na SP-270 no km 10.	87
Tabela 12 - Medições realizadas na SP-270 no km 10,5.	88
Tabela 13 - Medições realizadas na SP-270 no km 11.	88
Tabela 14 - Medições realizadas na SP-270 no km 11,5.	88
Tabela 15 - Medições realizadas na SP-270 no km 12.	89
Tabela 16 - Medições realizadas na SP-270 no km 12,5.	89
Tabela 17 - Medições realizadas na SP-270 no km 13.	89
Tabela 18 - Medições realizadas na SP-270 no km 13,5.	90
Tabela 19 - Medições realizadas na SP-270 no km 14.	90
Tabela 20 - Medições realizadas na SP-270 no km 14,5.	90
Tabela 21 - Medições realizadas na SP-270 no km 15.	91
Tabela 22 - Medições realizadas na SP-270 no km 15,5.	91
Tabela 23 - Medições realizadas na SP-270 no km 16.	91
Tabela 24 - Cores das zonas de ruído	93
Tabela 25 – Incerteza expandida em dB(A)	94
Tabela 26 – Abatimento de ruído por meio de barreiras naturais.....	111
Tabela 27 – Cálculo do abatimento de ruído por meio de muros – Muro frontal da própria habitação	114
Tabela 28 – Cálculo do abatimento de ruído por meio de muros – Muro de 3m próximo à rodovia localizado acima de um talude de 2m.....	114
Tabela 29 – Faixas típicas de níveis de ruído pneu/estrada de acordo com o tipo de superfície da rodovia.	115
Tabela 30 – Sugestões para a mitigação do ruído em cada trecho da estudado da SP-270.	118

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	- American National Standards Institute
APO	- Avaliação pós-ocupação
ASTM	- American Society for Testing and Materials
BRE	- Building Research Establishment
CETESB	- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONTRAN	- Conselho Nacional de Trânsito
DER	- Departamento de Estradas de Rodagem
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IEC	- International Electrotechnical Commission
NIST	- National Institute of Standards and Technology
PBT	- Peso Bruto Total
PSIU	- Programa Silêncio Urbano
PTS	- Permanent Threshold Shift
REM	- Rapid eye movement
STC	- Sound Transmission Class
TTS	- Temporary Threshold Shift
U	- Incerteza expandida
WHO	- World Health Organization

LISTA DE SÍMBOLOS

dB	- Decibel
e	- Margem de erro ou erro amostral
f	- Frequência
Hz	- Hertz
K	- Fator de abrangência
L_{AE} ou SEL	- Nível de exposição sonora
L_{Aeq}	- Nível de pressão sonora equivalente ponderado em dB(A)
L_{AN}	- Nível estatístico
$L_{AR,Tr}$	- Rating level
L_{ASmax}	- Nível de pressão sonora máximo com o tempo de resposta “slow”
L_{ASmin}	- Nível de pressão sonora mínimo com o tempo de resposta “slow”
L_{dn}	- Nível sonoro médio dia-noite
$\bar{L}_i$	- Nível de pressão sonora médio
L_P	- Nível de pressão sonora
L_{peak}	- Nível sonoro de pico
L_W	- Nível de potência sonora
n	- Tamanho da amostra
n_{corr}	- Tamanho da amostra corrigida
N	- Tamanho da população
P	- Pressão acústica compreendida no intervalo das frequências audíveis sem nenhuma ponderação
p	- Porcentagem esperada para os resultados
Pa	- Pascal
$P_A(t)$	- Pressão sonora instantânea do sinal sonoro, ponderada em A.
Rw	- Índice de redução sonora
SRI	- Sound reduction index
TNI	- Traffic noise index
U	- Incerteza expandida
z	- Índice que define o nível de confiança

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
1.1	OBJETIVOS	27
1.1.1	OBJETIVO GERAL	27
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
2	CONCEITOS FUNDAMENTAIS	30
2.1	O RUÍDO	30
2.1.1	DESCRITORES	32
2.1.1.1	Escala logarítmica	33
2.1.1.2	Ponderação em frequência	33
2.1.1.3	Ponderação no tempo	35
2.1.1.4	Filtros	35
2.1.1.5	Nível de potência sonora (L_w)	36
2.1.1.6	Nível de pressão sonora (L_p)	36
2.1.1.7	Nível contínuo de pressão sonora equivalente (L_{Aeq})	37
2.1.1.8	Níveis estatísticos (L_{AN})	37
2.1.1.9	Nível de pressão sonora máximo (L_{ASmax})	38
2.1.1.10	Nível de pressão sonora mínimo (L_{ASmin})	38
2.1.1.11	Nível sonoro de pico (L_{peak})	38
2.1.1.12	Rating Level ($L_{AR,Tr}$ ou L_r)	39
2.2	A AUDIÇÃO HUMANA	39
2.3	ISOLAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES	40
2.3.1	RIGIDEZ	42
2.3.2	RESSONÂNCIA	42
2.3.3	LEI DA MASSA	42
2.3.4	COINCIDÊNCIA	45
2.3.5	CLASSE DE TRANSMISSÃO SONORA (STC)	45
2.3.6	ÍNDICE DE REDUÇÃO SONORA (R_w)	47
2.3.7	AVALIAÇÃO DO RUÍDO EM AMBIENTES INTERNOS	47
2.4	A PROPAGAÇÃO DO RUÍDO EM RODOVIAS	50
2.5	EFEITOS DO RUÍDO SOBRE O HOMEM	53
2.5.1	FADIGA AUDITIVA	53
2.5.2	QUALIDADE DO SONO	53
2.5.3	INTERFERÊNCIA COM A COMUNICAÇÃO	54
2.6	LEGISLAÇÕES E NORMAS QUANTO À POLUIÇÃO SONORA	55
2.6.1	NORMAS INTERNACIONAIS	55
2.6.2	LEGISLAÇÕES E NORMAS FEDERAIS	56
2.6.3	LEGISLAÇÕES DO ESTADO DE SÃO PAULO	58
3	METODOLOGIA	60
3.1	OBJETO DE ESTUDO: RODOVIA SP-270 - RODOVIA RAPOSO TAVARES	60
3.2	AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO	65
3.3	FORMAÇÃO DA AMOSTRA E PROCEDIMENTOS DE ABORDAGEM	67

3.3.1	ESCOLHA DA DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS.....	67
3.3.2	DETERMINAÇÃO DOS DIAS, HORÁRIOS E DURAÇÃO DAS MEDIÇÕES	69
3.3.3	DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE MEDIÇÕES POR PONTO	72
3.3.4	PROCEDIMENTOS PARA A MEDIÇÃO	73
3.3.4.1	Medição de grandezas acústicas.....	73
3.3.4.2	Medição de grandezas meteorológicas	76
3.3.4.3	Medição de grandezas de tráfego.....	79
3.3.4.4	Medição de grandezas espaciais.....	80
3.4	QUESTIONÁRIOS	81
3.4.1	ETAPAS PARA A ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO.....	81
3.4.2	ESCOLHA DA POPULAÇÃO ENTREVISTADA	83
3.4.3	APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS.....	84
3.4.4	PROCESSAMENTO DOS DADOS	85
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
4.1	MEDIÇÕES DE NÍVEL DE PRESSÃO SONORA E DADOS CLIMÁTICOS	87
4.2	RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO.....	94
4.2.1	PERFIL DO TRECHO ESTUDADO – KM 10 AO KM 16.....	95
4.2.2	CORRELAÇÕES	105
4.3	RUÍDO EMITIDO PELOS VEÍCULOS	107
4.4	BARREIRAS ACÚSTICAS	109
4.5	TIPO DE PAVIMENTAÇÃO	115
4.6	OUTRAS INTERVENÇÕES POSSÍVEIS	116
4.7	SUGESTÕES PARA A MITIGAÇÃO DO RUÍDO EM CADA TRECHO ESTUDADO	118
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
	REFERÊNCIAS	125
	ANEXOS.....	135
	ANEXO A – LEGISLAÇÕES E NORMAS QUANTO À POLUIÇÃO SONORA	135
	ANEXO B – METODOLOGIAS PARA O MAPEAMENTO DE RUÍDO AMBIENTAL	138
	ANEXO C – SOFTWARES PARA MAPEAMENTO DE RUÍDO	141
	ANEXO D – QUESTIONÁRIO	142
	ANEXO E – CARTÕES DE RESPOSTAS	146
	ANEXO F – NUMERAÇÃO.....	150
	ANEXO G – PERFIL DO TRECHO DO KM 10 (ANO 2007).....	151
	ANEXO H – PERFIL DO TRECHO DO KM 10,5 (ANO 2007)	153
	ANEXO I – PERFIL DO TRECHO DO KM 11 (ANO 2007).....	155
	ANEXO J – PERFIL DO TRECHO DO KM 11,5 (ANO 2007).....	157
	ANEXO K – PERFIL DO TRECHO DO KM 12 (ANO 2007).....	159
	ANEXO L – PERFIL DO TRECHO DO KM 12,5 (ANO 2007)	161
	ANEXO M – PERFIL DO TRECHO DO KM 13 (ANO 2007).....	163
	ANEXO N – PERFIL DO TRECHO DO KM 13,5 (ANO 2007).....	165
	ANEXO O – PERFIL DO TRECHO DO KM 14 (ANO 2007).....	167

ANEXO P – PERFIL DO TRECHO DO KM 14,5 (ANO 2007)	169
ANEXO Q – PERFIL DO TRECHO DO KM 15 (ANO 2007).....	171
ANEXO R – PERFIL DO TRECHO DO KM 16 (ANO 2007).....	173

1

Fonte: Brüel & Kjær (2001)

1 INTRODUÇÃO

O projeto de arquitetura deve responder de forma positiva aos desafios ambientais de sua sociedade. Um destes desafios ambientais, de preocupação da sociedade, é a questão da poluição sonora. De acordo com Del Carlo (1979), “as mudanças de atitude, os conflitos e as sensações, mais do que o efeito do ruído de tráfego sobre o sono ou no rendimento quando da realização de tarefas, são sem dúvida, um dos grandes problemas da vida moderna”.

Entretanto a consciência do incômodo que o ruído causa tem origem bem mais remota. O Imperador César (101 – 44 AC) determinou que nenhuma espécie de veículo de rodas poderia permanecer dentro dos limites da cidade de Roma, do crepúsculo à hora do amanhecer e os que tivessem entrado durante a noite deveriam ficar parados e vazios à espera da referida hora. Conforme Santos (online), o poeta irônico Martial (40 – 104 DC), reclamava dos ruídos da cidade de Roma, durante a noite, enumerando-os e dizendo “que não podia dormir, porque tinha Roma aos pés da cama”.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (World Health Organization - WHO) *apud* Souza; Freitas (2004), a poluição sonora é uma questão de saúde pública tanto quanto a poluição do ar e da água. Contudo, a poluição do ar e da água costuma receber muito mais atenção das autoridades. Um dos possíveis motivos para essa menor atenção das autoridades, segundo Pimentel-Souza (1992a, p.24) é que “a poluição química do ar, da água e da terra deixa traços visíveis de contaminação. Mas, a poluição sonora, mesmo em níveis exagerados, produz efeitos imediatos moderados. Seus efeitos mais graves vão se implantando com o tempo, como a surdez, que não tarda a se acompanhar às vezes de desesperadores desequilíbrios psíquicos e de doenças físicas degenerativas”.

Sousa¹ *apud* Souza; Freitas (2004) afirma que o excesso de ruído pode provocar doenças prejudiciais à qualidade de vida como problemas auditivos irreversíveis,

¹ SOUSA, L.C.A. Poluição ignora risco de ruído, diz médico. [Entrevista a Bárbara Souza e Angélica Freitas]. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, p.C-3, jul. 2004.

distúrbios do labirinto, ansiedade, nervosismo, hipertensão arterial, gastrites e úlceras, entre outros.

Como pode ser observado na Figura 1, além dos problemas relacionados à saúde, existem os problemas de caráter social com desfechos muitas vezes violentos que podem incluir desde atos de agressão física até a morte. De acordo com o Goetz² apud Silva (2002), o ruído também é uma das causas da desvalorização das residências situadas em zonas centrais das cidades.

Figura 1 – Problemas sociais causados pelo ruído.

Fonte: Brüel & Kjær (2000)

No município de São Paulo, um dos recursos existentes para controlar o problema da poluição sonora, é o Programa Silêncio Urbano (PSIU) que tem a função de notificar, fiscalizar e multar estabelecimentos que incomodem os moradores das redondezas devido ao barulho. Na Figura 2, pode ser observado o número de queixas por subprefeitura no município de São Paulo, nos meses de janeiro a maio de 2003. As regiões abrangidas pelas subprefeituras da Sé e Pinheiros foram as que registraram mais queixas junto ao PSIU. Segundo Maietto³

² GOETZ, L. Conferência realizada na UFMG.

³ MAIETTO, R.P. Poluição ignora risco de ruído, diz médico. [Entrevista a Bárbara Souza e Angélica Freitas]. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, p.C-3, jul. 2004.

apud Souza; Freitas (2004), a região da Sé recebe muitas queixas, pois possui uma grande concentração de bares e boates, principalmente na região da Avenida Angélica, Rua 13 de Maio, Largo do Arouche e na região da subprefeitura de Pinheiros, os bares estão concentrados na Vila Madalena e Vila Olímpia.

Figura 2 – Reclamações ao PSIU.

Fonte: Tavares, Diniz (2004)

Como mostra a Tabela 1, um mapeamento realizado pelo estudo Informe Geo Cidade de São Paulo revelou que, dos 75 pontos pesquisados na cidade de São Paulo e região metropolitana, a média de ruído ficou acima de 50 dB(A) – nível máximo recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS). São Paulo já ocupa a posição da quarta cidade mais barulhenta do mundo, atrás de Tóquio, Nova Iorque e São Francisco (TAVARES; DINIZ, 2004). As medições foram feitas por Moura-de-Sousa (2002) em sua dissertação de mestrado intitulada “Ruído urbano : níveis de pressão sonora na cidade de São Paulo”.

Tabela 1 - Níveis de ruídos medidos na cidade de São Paulo

ALTO VOLUME			
Áreas predominantemente residenciais – Limite de 59 decibéis			
Endereço	Decibéis medidos	Endereço	Decibéis medidos
■ Rua Hugo Carotini – Butantã (zona oeste)	73,94	■ Rua Dr. Albuquerque Lins – Higienópolis (centro)	66,84
■ Alameda Jaú – Cerqueira César (centro)	71,46	■ Rua Emilio Mallet – Tatuapé (zona leste)	64,43
■ Av. Prof. Frederico Hermann Júnior – Pinheiros (zona oeste)	71,52	■ Rua Dona Germaine Burchard – Perdizes (zona oeste)	64,17
■ Rua Agostinho Gomes – Ipiranga (zona sul)	70,08	■ Praça Guilherme Kwall – Jd. Paulistano (zona sul)	63,29
Áreas estritamente residenciais – Limite de 50 decibéis			
Endereço	Decibéis medidos	Endereço	Decibéis medidos
■ Rua Martiniano de Carvalho – Liberdade (centro)	66,16	■ Av. Piassanguaba – Moema (zona sul)	61,49
■ Rua Neves de Carvalho – Bom Retiro (centro)	66,01	■ Rua Dona Eponina Afonseca – Granja Julieta (zona sul)	60,96
■ Rua Santo Afonso – Penha (zona leste)	65,70	■ Rua Araçoiaba – Cursino (zona sul)	60,74
■ Rua dos Ingleses – Bela Vista (centro)	65,08	■ Rua Major Almeida Queirós – Butantã (zona oeste)	60,32
■ Rua Napoleão de Barros – Vila Mariana (zona sul)	64,78	■ Rua Ribeirão das Almas – Freguesia do Ó (zona norte)	60,22
■ Rua Baronesa de Itu – Santa Cecília (centro)	64,71	■ Rua Henrique de Carvalho – Vila Olímpia (zona sul)	60,14
■ Rua Dr. Virgílio de Carvalho Pinto – Pinheiros (zona oeste)	65,81	■ Rua Ernesto Nazareth – Alto de Pinheiros (zona oeste)	59,36
■ Rua Araribóia – Mooca (zona leste)	64,15	■ Rua Prof. Egas Moniz – Vila Sônia (zona sul)	56,67
■ Rua Dr. Guilherme Cristoffell – Santana (zona norte)	63,14	■ Rua Prof. José Sant'anna do Carmo – Mandaqui (zona norte)	56,03
■ Rua Antônio de Andrade Rebelo – Morumbi (zona sul)	62,69	■ Rua Caraputinga – Freguesia do Ó (zona norte)	55,89
■ Rua Lourival Siqueira – Vila Romana (zona oeste)	62,57	■ Rua Camarões – Pirituba (zona oeste)	55,77
■ Rua do Engenho – Vila Nova Cachoeirinha (zona norte)	61,92	■ Praça Rui Washington Pereira – Vila Madalena (zona oeste)	54,20
■ Rua Jequitai – Indianópolis (zona sul)	61,89		

Fonte: Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente

Fonte: Tavares, Diniz (2004)

Segundo Brüel & Kjær (2001), o tráfego veicular é a principal fonte de ruído na maior parte dos países e a maior causa de incômodos. Avsar e Gonullu (2005) também afirmam que o ruído causado pelo tráfego é o incômodo mais citado por residentes ao longo de estradas. Portanto, medidas de redução do ruído de tráfego devem ser uma das prioridades mais altas. Na Tabela 2, observamos os limites de ruído de tráfego em diferentes países. Na maioria deles existe um limite de ruído para o período diurno e um limite menor para o ruído no período noturno.

Tabela 2 – Limites de ruído de tráfego rodoviário

Limites do Ruído de Tráfego Rodoviário				
País	Índice	Limite Dia	Limite Descanso	Limite Noite
Austrália	$L_{10, 18h}$	60		55
Áustria	L_{Aeq}	50 – 55		40 – 45
Canadá	L_{Aeq}	55		50
Dinamarca	$L_{Aeq, 24h}$	55		
França	L_{Aeq}	60 – 65		55 – 57
Alemanha	L_r	50 – 55		40 – 45
Holanda	L_{Aeq}	50	45	40
Espanha	L_{Aeq}	60		50
Suécia	$L_{Aeq, 24h}$	55		
Suíça	L_r	55		
Reino Unido	L_{Aeq}	55		

Fonte: Brüel & Kjær (2001).

De acordo com Berglund (1998), o crescimento populacional, a urbanização e o desenvolvimento tecnológico são as principais forças dirigentes e futuros crescimentos de sistemas rodoviários, aeroportos internacionais e sistemas ferroviários irão somente aumentar o problema do ruído. Além dos problemas de saúde, o crescimento da poluição sonora também afeta adversamente as gerações futuras pela degradação dos ambientes residenciais, sociais e educacionais, com perdas econômicas correspondentes.

As rodovias, neste contexto de crescimento urbano, são obras de construção que se destacam na paisagem da maioria dos países e acabam por causar grande impacto ambiental. A densidade atual de rodovias nos países latino-americanos, segundo Romanini (2000), está abaixo da densidade encontrada em países mais industrializados como, por exemplo, a Austrália com 900.000 km de rodovias e os Estados Unidos com 6,2 milhões de km de rodovias públicas.

Segundo Reis⁴ apud Romanini (2000), no Brasil, só de rodovias federais pavimentadas existem mais de 55.000 km e, em São Paulo, são aproximadamente 5.000 km de rodovias principais pavimentadas, às quais se interligam

⁴ Reis, N.G. 1996. *Memória do Transporte Rodoviário – desenvolvimento das atividades rodoviárias de São Paulo*. São Paulo, Editora CPA Consultoria de projetos e Artes Ltda. 149p.

aproximadamente outros 25.000 km de rodovias estaduais e vicinais pavimentadas, isto sem contar os mais de 200.000 km de rodovias municipais.

Além do aumento da malha viária, a grande concentração populacional e de produção, conforme Del Carlo (1979), exigiu meios de transporte mais rápidos, que transportassem cargas maiores, o que acabou originando ruídos incompatíveis com as tarefas de descanso e lazer.

A rodovia Raposo Tavares (SP-270) foi escolhida para ser estudada devido à grande concentração de residências em seu entorno, especialmente no trecho localizado dentro do município de São Paulo. Este fato também pode ser observado em Cotia e Vargem Grande Paulista, municípios pelos quais a rodovia SP-270 passa e que também enfrentam a mesma problemática da rodovia que devia estar isolada mas foi “invadida” pela cidade. Além dos problemas de segurança dos cidadãos que, para passar de um lado para outro da cidade, precisam atravessar uma via de tráfego rápido e intenso, também existe o problema da grande poluição sonora e poluição do ar causada pelo tráfego veicular passando muito próximo de suas casas.

1.1 OBJETIVOS

A seguir são descritos os objetivos gerais e específicos desta pesquisa.

1.1.1 OBJETIVO GERAL

A pesquisa teve como objetivo verificar o impacto da poluição sonora em habitações localizadas junto à rodovia SP-270, levantando informações quanto à reação das pessoas frente ao ruído de tráfego e a possível atenuação exercida por barreiras acústicas caso estas fossem construídas frente a habitações desprotegidas e a combinação desta solução com outras tecnologias de mitigação do ruído.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar se os níveis de ruído medidos em frente às habitações selecionadas, lindeiras à rodovia, atendem ao nível de ruído máximo admitido para conforto em habitações;
- Verificar qual a possível atenuação do ruído pela implantação de barreiras acústicas frente a habitações desprotegidas.
- Estimar o efeito das demais tecnologias sugeridas para a mitigação do ruído se utilizadas junto com as barreiras acústicas.
- Justificar, através dos dados coletados, a importância da existência de diretrizes quanto à construção de barreiras acústicas em futuros projetos de conjuntos habitacionais no Brasil.
- Verificar a atitude das pessoas em relação ao ruído de tráfego.

2

Fonte: Brüel & Kjær (2001)

2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

2.1 O RUÍDO

Onda sonora é uma onda mecânica longitudinal (onda cujo sentido da perturbação é o mesmo da propagação), que está dentro da faixa audível, isto é, é a resposta do ouvido humano à flutuação do ar causada pela vibração de objetos.

O ruído, que é composto por ondas sonoras, segundo a NBR 7731/83, intitulada “Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seus efeitos sobre o homem”, pode ser definido como:

- Mistura de sons cujas frequências não seguem nenhuma lei precisa;
- Todo som indesejável.

A norma ISO 1996/82, “Acoustics – Description and measurement of environmental noise, Part 1: Basic quantities and procedures”, classifica o ruído como:

- **Ruído ambiental:** ruído de todas as fontes sonoras, situadas próximas ou afastadas, como o ruído de tráfego.

Segundo a WHO (2000), as principais fontes de ruído ambiental ou ruído de comunidade incluem tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo, indústrias, construções e a vizinhança.

Conforme Muzet (2007), o ruído de tráfego representa a maior parte da poluição sonora que afeta as pessoas em cidades grandes e seus arredores. As indústrias também podem ser geradoras de ruído excessivo e como em uma indústria existe uma grande variedade de fontes, a natureza do ruído é complexa, podendo o ruído ser contínuo ou não, com grandes variações de intensidade. A construção de edifícios também pode gerar altas emissões de ruído através de trabalhos realizados com martelos, guindastes e caminhões, entre outros. Atividades militares, apesar de mais restritas, também podem causar distúrbios quanto à geração de ruído. E dentro

dos próprios edifícios existem inúmeras fontes de ruído como: dispositivos mecânicos (elevadores, ventiladores, bombas e encanamentos hidráulicos) e ruídos domésticos (vozes de vizinhos, aparelhos de som, televisões, animais de estimação e instrumentos musicais).

- **Ruído inicial:** ruído existente antes da ocorrência de mudanças, como o estabelecimento de uma fábrica em uma determinada região ou a construção de uma barreira acústica.

O ruído também pode ser classificado como:

- **Ruído contínuo:** ruído uniforme que varia menos de 5 dB ao longo do tempo, como ilustra a Figura 3. O tráfego rodoviário contínuo pode ser classificado como tal.

Figura 3 – Ruído contínuo.

Fonte: Brüel & Kjær (2001).

- **Ruído intermitente:** como pode ser observado na Figura 4, é o ruído que persiste por mais de 1 segundo e é interrompido por mais de 1 segundo, como a broca de dentista.

Figura 4 – Ruído intermitente.

Fonte: Brüel & Kjær (2001).

- **Ruído impulsivo:** como pode ser observado na Figura 5, é o ruído que sofre mudança de 40 dB ou mais em 0,5 segundos e persiste por menos de 1 seg, como o som de explosões e tiros.

Figura 5 – Ruído impulsivo.

Fonte: Brüel & Kjær (2001).

Na língua portuguesa, de acordo com Nepomuceno (1994), existem as terminologias *ruído* e *barulho* (sendo este o som indesejável) diferentemente do inglês em que a palavra *noise* é contextualizada dependendo do caso.

2.1.1 DESCRITORES

De acordo com Casali⁵ apud Nagem (2004), “os descritores sonoros são utilizados para avaliar e regulamentar os vários efeitos do ruído, que compreendem não apenas o incomodo, mas o risco de dano à audição, interferência na fala e efeitos na saúde extra-auditivos”.

Na avaliação do ruído urbano, existem os descritores mais comumente aceitos, mas de país para país há algumas variações quanto a quais descritores devam ser adotados.

⁵ CASALI, J.G. Acoustical litigation issues in community noise annoyance. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000, p.1-16.

2.1.1.1 Escala logarítmica

A escala logarítmica é uma forma de compactar valores muito grandes e “esticar” valores muito pequenos. Ela é utilizada, pois o ouvido humano é sensível a uma faixa muito ampla de níveis sonoros, que compreende desde o limiar da audição ($2 \cdot 10^{-5}$ Pa) até o limiar da dor (100 Pa), valores os quais não seriam muito práticos de serem trabalhados se estivessem em uma escala linear.

Segundo o manual da Brüel & Kjær (1984), a escala dB é uma escala logarítmica (Figura 6). O decibel não é uma unidade absoluta de medição e sim, uma razão entre uma quantidade medida e um nível de referência, no caso o limiar da audição (20 μ Pa) que é definido como **0 dB**. Um aspecto muito útil da escala decibel é uma melhor aproximação da percepção humana do que a escala Pascal. Isto se dá, pois o ouvido reage de forma logarítmica à mudança de nível sonoro.

2.1.1.2 Ponderação em frequência

Para que as medições de ruído estejam o mais próximo possível dos níveis que realmente são ouvidos pelo homem, foi criada a “Escala de Ponderação A” que corrige os níveis sonoros diretos para os níveis ouvidos pelo ouvido. Estes níveis sonoros corrigidos são medidos em dB(A). Para a obtenção dos níveis em dB(A) dos dados em bandas de oitavas, devem ser aplicados os fatores de ajuste da Tabela 3. A curva ponderada em A é semelhante à curva de 40 fons⁶ (Figura 7). De acordo com WHO (2000), a ponderação A pondera as baixa frequências como menos importantes do que as médias e altas frequências.

Tabela 3 – Ponderação em dB(A)

	Frequências centrais das bandas de oitava (Hz)								
Fator de ajuste	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	-39	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1

Fonte: Thurmann e Miller (1990).

⁶ Vide definição de “fon” no Capítulo 2.4

Figura 6 – Escala logarítmica.

Fonte: Brüel & Kjær (online).

Figura 7 – Curvas A, B e C.

Fonte: Thurmann e Miller (1990).

2.1.1.3 Ponderação no tempo

De acordo com manual da Brüel & Kjær (1984), a maioria dos sons flutua em nível e para melhor medi-los é interessante que se possa medir as variações o mais precisamente possível. Entretanto, se o nível sonoro flutua muito rapidamente a leitura dos valores fica dificultada. Esta é a razão para a padronização de três características de resposta de detectores; “**F**”(para *Fast*), “**S**”(para *Slow*) e “**I**” (para *Impulse*). O detector “**F**” tem uma constante de tempo de 125 milisegundos, o “**S**” tem uma constante de tempo de 1 segundo e o “**I**” tem uma constante de tempo de 35 milisegundos.

2.1.1.4 Filtros

Conforme Thurmann e Miller (1990), filtros de bandas de oitava separam o espectro sonoro em bandas de frequência através do uso de filtros eletrônicos. Segundo Gerges⁷ apud Nagem (2004, p.21), “os medidores sonoros possuem filtros que deixam passar apenas as componentes do sinal de ruído que estejam dentro da

⁷ GERGES, S.N.Y. **Ruído: fundamentos e controle**. 2 ed. Florianópolis:NR Editora, 2000. 676p.

largura da banda de freqüência desejada, atenuando consideravelmente as demais componentes. Em relação à largura da banda, os filtros podem ser de banda larga ou de banda estreita”.

2.1.1.5 *Nível de potência sonora (L_w)*

É a energia acústica emitida por uma fonte sonora, expressa em dB, independente das características do meio ambiente e definida por:

$$L_w = 10 \log_{10}(W/W_0) \quad (2.1)$$

Onde:

- W - Potência acústica da fonte (W)
- W_0 - Potência acústica de referência (10^{-12} W)

2.1.1.6 *Nível de pressão sonora (L_p)*

É definido como:

$$L = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad [\text{dB}] \quad (2.2)$$

Onde:

- P_0 - 2×10^{-5} N/m²
- P - pressão acústica compreendida no intervalo das freqüências audíveis sem nenhuma ponderação (N/m²)

O nível de pressão sonora é a medida realmente mensurada quando um microfone é colocado no campo sonoro (BRÜEL & KJÆR, 1978).

2.1.1.7 Nível contínuo de pressão sonora equivalente (L_{Aeq})

É a média de energia sonora com ponderação A, determinada em um intervalo de tempo.

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} \left[\frac{p_A^2(t)}{P_0^2} \right] dt \right] \quad (2.3)$$

Onde:

p_0 - pressão sonora de referência (20 μ Pa);

$p_A(t)$ - pressão sonora instantânea do sinal sonoro, ponderada em A (Pa).

De acordo Brül & Kjær (2001), o L_{Aeq} é o indexador de ruído mais utilizado no estudo do ruído de tráfego rodoviário junto dos níveis estatísticos L_{10} e L_{90} .

2.1.1.8 Níveis estatísticos (L_{AN})

Segundo a ISO 1196/1 (1982), o nível estatístico representa o valor do nível de pressão sonora ponderada em A que foi excedido em uma porcentagem (N%) do intervalo de tempo considerado.

O L_{10} (nível excedido 10% do período medido) é mais utilizado para estudos de ruído ambiental e o L_{90} (nível excedido 90% do período medido) é utilizado como indicador de ruído de fundo.

2.1.1.9 *Nível de pressão sonora máximo (L_{ASmax})*

O nível de pressão sonora máximo é o nível de ruído máximo ponderado em A, medido normalmente com o tempo de resposta “S” (*slow*). É o nível mais alto do ruído ambiental ocorrido em uma dada posição, durante um certo período de tempo, sendo utilizado junto com outros parâmetros para assegurar que um evento não excedeu um limite. (BRÜEL & KJÆR, 2001) O valor é dado em dB(A).

Segundo WHO (2000), quando o ruído consiste de um número pequeno de eventos discretos, o LA_{max} é o melhor indicador para o distúrbio no sono e em outras atividades.

2.1.1.10 *Nível de pressão sonora mínimo (L_{ASmin})*

O nível de pressão sonora mínimo é o nível de ruído mínimo ponderado em A, medido normalmente com o tempo de resposta “S” (*slow*). É o nível mais baixo do ruído ambiental ocorrido em uma dada posição, durante um certo período de tempo. (BRÜEL & KJÆR, 2001) O valor é dado em dB(A).

2.1.1.11 *Nível sonoro de pico (L_{peak})*

“O nível sonoro de pico descreve o nível máximo absoluto registrado em uma posição durante um intervalo de tempo. É o pico absoluto do som contínuo”. (GERGES⁸ apud NAGEM, 2004, p.24)

⁸ GERGES, S.N.Y. **Ruído: fundamentos e controle**. 2 ed. Florianópolis:NR Editora, 2000. 676p.

2.1.1.12 Rating Level ($L_{AR,Tr}$ ou L_r)

O 'rating level' é "o nível de ruído contínuo equivalente ponderado em A ($L_{Aeq,T}$) durante um período de tempo com ajustes específicos para ruídos intermitentes, impulsivos ou tonais" (BRÜEL & KJÆR, 2001, p.64).

É definido pela ISO 1996/2(1987) como:

$$(L_{Ar,T})_i = (L_{Aeq,T})_i + K_{1i} + K_{2i} \quad (2.4)$$

Onde:

$(L_{Ar,T})_i$ - nível corrigido para cada intervalo de referência.
 $(L_{Aeq,T})_i$ - nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado em A durante o i-ésimo intervalo do tempo de referência.

K_{1i} - correção devido às características tonais do ruído, aplicada ao i-ésimo intervalo do tempo de referência.

K_{2i} - correção devido às características impulsivas do ruído, aplicada ao i-ésimo intervalo do tempo de referência.

2.2 A AUDIÇÃO HUMANA

Segundo Del Carlo (1979), estudos, primeiramente propostos por Fletcher e Munson, analisaram a resposta do ouvido humano a sons puros de diferentes frequências. Estes estudos geraram curvas chamadas curvas isofônicas (Figura 8), curvas estas que são frutos da média estatística de um grande número de experiências psicoacústicas. No eixo das abscissas estão representadas as frequências e no eixo das ordenadas, os níveis de pressão sonora. Essas curvas são contornos de igual audibilidade e de acordo com Nepomuceno (1994, p.84), que "expressam como a sensação subjetiva da intensidade de um tom puro de determinado nível de pressão varia com a frequência". Conforme Del Carlo (1979),

estas curvas de igual sensação tem um valor em fons que correspondem aos valores dos níveis de pressão sonora em 1000 Hz. Como o limiar da percepção em 1000Hz é da ordem de 2×10^{-5} Pa, este valor foi adotado internacionalmente como valor de referência para 0 dB.

Figura 8 – Curvas isofônicas.

Fonte: Nepomuceno (1994).

Ao analisarmos as curvas, nota-se que o ouvido humano é mais sensível às frequências entorno de 4000 Hz e menos sensível às baixas frequências.

2.3 ISOLAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES

Conforme Nepomuceno (1994), a acústica das construções está relacionada diretamente ao isolamento, pois diz respeito a como impedir que sons indesejáveis externos interfiram em um ambiente.

Kurra e Tamer (1993) afirmam que os estudos de controle de ruído estão geralmente compreendidos em diferentes níveis de escala de projeto, tais como: o planejamento ambiental, o projeto do terreno, o projeto da edificação e o projeto dos componentes do edifício. Estas escalas requerem critérios diferentes a serem introduzidos no sistema.

De acordo com Kurra e Tamer (1993), os fatores que são importantes na definição do isolamento sonoro indicam uma grande variedade e inter-relação dos parâmetros efetivos que podem ser agrupados como:

- fatores ambientais;
- fatores relacionados à fonte sonora;
- fatores relacionados aos elementos do edifício e
- requisitos acústicos dos usuários em relação ao tipo de atividade exercida.

Figura 9 – Curva típica de perda na transmissão em função da frequência do som incidente de painéis sólidos e homogêneos.

Fonte: Lord et al⁹ apud Bistafa (2006).

Segundo Bistafa (2006), uma parede reduz a intensidade sonora transmitida entre recintos, pois ocorrem duas mudanças de meio de propagação (ar-parede e parede-ar) e toda vez que ocorre uma mudança no meio de propagação, há uma redução na intensidade sonora transmitida para o meio seguinte. O isolamento, como pode ser observado na Figura 9, é função da rigidez e ressonância do painel, nas baixas frequências, da massa, nas frequências médias e do fenômeno de coincidência, nas altas frequências. Os limites dessas diversas regiões estão relacionados com a f_r (frequência de ressonância) e a f_c (frequência crítica) do painel. As frequências de ressonância se devem à combinação construtiva de ondas

⁹ LORD, H.W.; GATLEY, W.S.; EVENSEN, H.A. Noise control for engineers, McGraw-Hill Book Company, New York, 1980.

de flexão que se propagam pelo painel e que são refletidas nas suas bordas, é uma propriedade do painel. A frequência crítica é a menor frequência de coincidência, isto é, é a menor frequência na qual ocorre amplificação do movimento de flexão do painel; ela depende da incidência de som aéreo no painel.

2.3.1 RIGIDEZ

Conforme Bistafa (2006), nesta região, a perda na transmissão aumenta em aproximadamente 6 dB para cada redução pela metade da frequência abaixo da frequência de ressonância.

2.3.2 RESSONÂNCIA

De acordo com Bistafa (2006, p.268), “as frequências de ressonância se devem à combinação construtiva de ondas de flexão que se propagam pelo painel e que são refletidas nas suas bordas”. “Cada frequência de vibração está associada a um modo particular de vibração do painel”. “O movimento do painel é controlado pelo amortecimento e, portanto, a perda na transmissão na região controlada pela ressonância também será”.

2.3.3 LEI DA MASSA

Nepomuceno (1994) afirma que quanto mais massa ou mais pesada for uma parede, maior será a isolamento. Quando não for possível a construção de paredes mais espessas, podem ser utilizados materiais mais pesados como placas de chumbo ou ferro.

Pela Lei de Berger ou Lei da Massa Teórica, estabelecida empiricamente em 1930, o cálculo da redução do nível sonoro é função logarítmica da massa e da frequência. Dobrada a massa obtém-se uma redução de aproximadamente 6dB no nível de pressão sonora.

$$\text{SRI} = -42,4 + 20\log_{10}(\sigma f) \quad (2.5)$$

Onde:

SRI = Isolamento da parede, em dB(A);

σ (sigma) = Densidade superficial do material, em kg/m^2 ;

f = Frequência, em Hz.

Nas Figuras 10 a 16 podem ser observadas a perda de transmissão de diversos painéis sólidos e homogêneos obtidos em câmara reverberante, comparados com estimativas da perda na transmissão utilizando a lei da massa.

Figura 10 – Pannel de chumbo de espessura 0,8 mm

Fonte: Bistafa (2006).

Figura 11 – Pannel de madeira compensada de espessura 19 mm.

Fonte: Bistafa (2006).

Figura 12 – Painel de aço de espessura 1,6 mm

Fonte: Bistafa (2006).

Figura 13 – Painel de acrílico de espessura 25 mm

Fonte: Bistafa (2006).

Figura 14 – Painel de vidro de espessura 6 mm

Fonte: Bistafa (2006).

Figura 15 – Painel de concreto de espessura 100 mm.

Fonte: Bistafa (2006).

Figura 16 – Painel de blocos de cimento de espessura 150 mm

Fonte: Bistafa (2006).

2.3.4 COINCIDÊNCIA

Segundo Bistafa (2006, p.269), “à medida que a frequência do som incidente se eleva acima das frequências de ressonância, os comprimentos das ondas no ar se reduzem , aproximando-se dos comprimentos das ondas de flexão do painel”. “Na região controlada pela coincidência, a perda na transmissão também é controlada pelo amortecimento do painel”.

2.3.5 CLASSE DE TRANSMISSÃO SONORA (STC)

Segundo Bistafa (2006), o STC é a caracterização da perda na transmissão de uma partição através de um número único, que tem como objetivo de facilitar a comparação de desempenho de diferentes partições. O método para geração desse número único é normalizado pela ASTM E413-04. Para determinação da STC, comparam-se os valores de perda na transmissão da partição, medidos ou estimados, com contornos padronizados.

De acordo com Baring (1991), em condições acentuadas de exposição ao ruído, isto é, condições em que há exposição a ruídos com níveis de intensidades altos, entre 65 dB(A) e 85 dB(A), como nas laterais de vias com trânsito intenso de veículos pesados, se a tolerância ao ruído for:

- Alta: $20 < \text{STC} \leq 30$
- Média: $30 < \text{STC} \leq 40$
- Baixa: $\text{STC} > 40$

A Tabela 4 mostra a percepção da energia sonora em relação ao isolamento do edifício.

Tabela 4 – STC e percepção da fala

STC	Efeito na percepção da fala
25	Fala em intensidade normal pode ser ouvida facilmente
30	Fala em alta intensidade pode ser ouvida facilmente
35	Fala em alta intensidade pode ser ouvida mas não entendida
42	Fala em alta intensidade é ouvida como um murmúrio
45	Esforço para ouvir a fala em alta intensidade
48	Fala em alta intensidade mal pode ser ouvida
53	Fala em alta intensidade não pode ser ouvida

Fonte: Reardon et al. (2005).

Conforme Harris (1994), quanto mais alta for a classificação STC, melhor será o isolamento da divisória. A Figura 17 mostra a classificação STC de diferentes tipos de parede.

Figura 17 – Classificação STC de diferentes tipos de parede

Fonte: Bistafa (2006).

Segundo Bradley (2003), embora o STC seja amplamente utilizado para avaliar divisórias internas, ele não é apropriado para a avaliação do isolamento sonoro usado para combater o ruído externo por causa dos sons de baixa frequência fortes e geralmente dominantes.

2.3.6 ÍNDICE DE REDUÇÃO SONORA (R_w)

Conforme a ISO 140/V (1978), o R_w em dB é fornecido através da equação:

$$R_w = L_{eq1} - L_{eq2} + 10 \log \frac{S}{A} \quad (2.6)$$

Onde:

L_{eq1} = nível de ruído externo (dB);

L_{eq2} = nível de ruído interno (dB);

S = área da fachada (m^2);

A = absorção sonora total do recinto = $0,163V/T$ [V =volume da sala (m^3), T =tempo de reverberação (s)].

Segundo Kurra e Tamer (1993, p.218), a discussão em busca da melhor unidade para avaliar o desempenho do isolamento continua em questão.

“A diferença entre o R_w e o STC é na faixa de frequência (100-3150 Hz para o R_w , 125-4000 Hz no STC). Ambos são dependentes da média aritmética das diferenças nas bandas de 1/3 de oitava, na avaliação da curva de perda de transmissão. Eles também foram desenvolvidos originalmente para a transmissão de sons (na sua maioria sons da fala com frequências altas e médias) através de divisórias internas. Portanto, eles não são muito eficientes para ruídos externos que consistem predominantemente de frequências baixas (tais como o ruído de tráfego e de aviões) abaixo de 100 Hz. Eles também não levam em conta as formas de ressonância das salas e janelas. Estes critérios são independentes das funções dos recintos”.

2.3.7 AVALIAÇÃO DO RUÍDO EM AMBIENTES INTERNOS

De acordo com Bistafa (2006), as curvas NC (noise criteria curves), Figura 18, foram criadas em 1957 para limitar os níveis de ruído em ambientes de ocupação

humana. Cada curva associa um valor de NC a um espectro em bandas de oitava. Plota-se sobre as curvas NC, o nível de ruído medido em determinado ambiente e a curva imediatamente acima do nível plotado mais elevado é aquela que classifica o nível de ruído do ambiente.

Figura 18 – Curvas NC

Fonte: Bistafa (2006).

Conforme Kurra e Tamer (1993), a versão melhorada das curvas NC de Beranek, nomeadas de NCB (balanced noise criteria curves), Figura 19, foram estendidas para frequências mais baixas até 16Hz para poder determinar os efeitos do som “retumbante” e “assoviante”

Segundo Kurra e Tamer (1993), de acordo com a legislação belga, as reduções de ruído que as fachadas devem proporcionar em áreas ruidosas podem ser avaliadas para várias condições de audição nas frequências médias em relação aos níveis de ruído externo, separadamente para cada fonte de ruído, como pode ser observado na Figura 20.

Figura 19 – Curvas NCB

Fonte: Bistafa (2006).

RUÍDO DE TRÁFEGO

Figura 20 – Isolamento de ruído de tráfego para quartos, requerido a 500 Hz.

Fonte: Kurra e Tamer (1993).

RUÍDO DE TRÁFEGO - NCB40

Figura 21 – Isolamento mínimo da fachada (NCB – 40). Fonte: Kurra e Tamer (1993).

A Figura 21 ilustra um gráfico plotado por Kurra e Tamer (1993), para vários níveis de ruído (dentre eles o ruído de tráfego) e o isolamento mínimo requerido para a fachada de acordo com o tipo de recinto ou atividade exercida atrás desta que é representado pelo número NCB. O NR (*noise reduction*) é obtido através da subtração do espectro de ruído interno aceitável (NCB) do espectro de ruído externo. Além do gráfico para NCB 40, Kurra e Tamer (1993) também plotaram gráficos para NCB 20, NCB 25, NCB 30 e NCB 35.

2.4 A PROPAGAÇÃO DO RUÍDO EM RODOVIAS

Como pode ser observado na Figura 22, o tráfego de veículos em rodovias é considerado uma fonte linear, isto é, uma fonte sonora estreita em uma direção e longa em outra, comparada à distância do ouvinte. O nível sonoro espalha-se cilindricamente, de modo que o nível de pressão sonora é o mesmo em todos os pontos na mesma distância da linha (BRÜEL & KJAER, 2001). Segundo Avsar e

Gonullu (2005), quando há mais de uma fonte de ruído, a soma dos níveis de ruído no ambiente é calculada logaritmicamente. O ruído de tráfego é considerado uma fonte linear e o seu valor de ruído diminui 3 dBA com o dobro da distância. A propagação do ruído de tráfego cilíndricamente pode ser calculada pela equação:

$$L_p = L_{p_0} - 10 \log(d/d_0), \quad (2.7)$$

Onde:

L_p = nível de ruído no receptor (dB),

L_{p_0} = nível de ruído na fonte (dB),

d = distância entre a fonte e o receptor (m) e d_0 = distância do ponto medido à fonte (m).

As fontes de ruído de tráfego em rodovias podem ser divididas em duas categorias principais, ou seja, ruído de motor e escapamento; e, atrito entre pneus e pavimento (Murgel, 1999a; Tarrio, 1992). Segundo Balbo (1996), os motores são os responsáveis pela maior parte do ruído emitido.

Figura 22 – Fonte linear.

Fonte: *US 202 SECTION 300 (online)*.

Apesar da importância das rodovias como instrumento de desenvolvimento, as preocupações com os impactos ambientais causados pelas mesmas e a incorporação desta variável nos projetos rodoviários só ocorreram no final da década de 1970 nos países desenvolvidos e início da década de 1990 nos países da América Latina em geral e, em específico no Brasil e Estado de São Paulo (Way, 1977; Gil, 1992). No passado, conforme Balbo (1996), nem se cogitava considerar aspectos de controle de nível de ruído no planejamento e projeto de rodovias, mas atualmente estes aspectos são seriamente considerados em vários países europeus

através do desenvolvimento, por exemplo, de barreiras laterais e pavimentos que absorvam parte do ruído.

Figura 23 – Barreira acústica em Xangai (2007).

Figura 24 – Barreira acústica em Xangai (2007).

Em grandes cidades da Ásia, também se faz o uso de barreiras acústicas como pode ser observado nas Figuras 23 e 24. Segundo Reis (1996), até o final da década de 1970 a única preocupação com a questão ambiental dos órgãos estaduais de São Paulo, responsáveis pelas rodovias, se resumia ao paisagismo e à recuperação da vegetação dos taludes.

2.5 EFEITOS DO RUÍDO SOBRE O HOMEM

De acordo com a WHO (2000), os efeitos específicos que devem ser considerados quanto ao ruído ambiental são: interferência com a comunicação, perda auditiva induzida pelo ruído, efeitos de distúrbio do sono efeitos cardiovasculares e psico-fisiológicos, efeitos de redução de desempenho e efeitos no comportamento social.

2.5.1 FADIGA AUDITIVA

De acordo com Nepomuceno (1994), a fadiga auditiva ocorre quando há um estímulo sonoro, principalmente em alto nível de intensidade, que acaba acarretando um deslocamento do limiar da audição que pode ser temporário, chamado de T.T.S. (*Temporary Threshold Shift*) ou permanente, chamado de P.T.S. (*Permanent Threshold Shift*), reultando em lesão da cóclea e, conseqüentemente, surdez.

Segundo a WHO (2000), a principal conseqüência social do comprometimento auditivo é a incapacidade de se entender a fala no dia-a-dia, fato que é considerado uma deficiência social grave.

2.5.2 QUALIDADE DO SONO

Segundo Del Carlo (1979), a determinação dos efeitos do ruído sobre o sono envolvem o uso de eletrocardiograma e eletroencefalograma. Indivíduos submetidos ao ruído de tráfego têm uma perda na qualidade do seu sono, pois demoram mais para passar de um estágio do sono para outro, sendo que os estágios do sono são:

- semi-acordado,
- sono leve, sono profundo,

- sono profundo pré-REM,
- REM e diminuição,
- parada do REM (Rapid Eye Movement).

Conforme Hobson¹⁰ *apud* WHO (2000), o sono ininterrupto é um pré-requisito para um bom funcionamento fisiológico e mental de pessoas saudáveis. Os primeiros efeitos dos distúrbios no sono são: dificuldade em adormecer e alterações nos estágios e profundidade do sono, especialmente uma redução na proporção de sono REM. Del Carlo (1979) afirma que quando uma pessoa é acordada por um ruído, há queda de qualidade no trabalho no dia seguinte devido à perda de parte deste sono. Ruídos descontínuos, como freadas bruscas e buzinas, diminuem bastante o nível de ruído que acorda o homem.

De acordo com Pimentel-Souza (1992b), em vigília, o ruído de até 50 dB(A) (Leq) pode perturbar, mas é adaptável. A partir de 55 dB(A) provoca estresse leve, levando a durável desconforto. O estresse degradativo do organismo começa a cerca de 65 dB(A) com desequilíbrio bioquímico, aumentando o risco de infarte, derrame cerebral, infecções, osteoporose. Em torno de 100 dB(A) pode haver perda imediata da audição. O sono, por outro lado, a partir de 35 dB(A), vai ficando superficial, a 75 dB(A) atinge uma perda de 70% dos estágios profundos, restauradores orgânicos e cerebrais.

2.5.3 INTERFERÊNCIA COM A COMUNICAÇÃO

De acordo com Del Carlo (1979), verifica-se uma queda na aprendizagem com o aumento do ruído. Segundo a WHO (2000), a inteligibilidade da fala influenciada pela pronúncia, distância entre o locutor e o ouvinte, nível sonoro, acuidade auditiva e nível de atenção também sofre interferência pelo ruído. Para uma clara percepção da fala, o nível do ruído de fundo não deveria exceder 35 dB(A). A inteligibilidade da fala depende primeiramente da relação nível da fala e nível do ruído de fundo.

Conforme Lazarus¹¹ *apud* WHO (2000), a interferência do ruído na comunicação resulta em problemas de concentração, cansaço, falta de autoconfiança, irritação, decréscimo da capacidade de trabalho, problemas nas relações pessoais, entre outros. As pessoas mais vulneráveis à interferência do ruído na comunicação são aquelas que já possuem alguma deficiência auditiva, os idosos, as crianças em fase de aquisição da língua e indivíduos que não estejam familiarizados com a língua.

Segundo Edworthy e Adams¹² *apud* WHO (2000), o ruído ambiental pode mascarar outros sinais acústicos importante para a vida diária tais como: campainhas, toques de telefone, despertadores, alarmes de incêndio e música.

2.6 LEGISLAÇÕES E NORMAS QUANTO À POLUIÇÃO SONORA

Neste item descrever-se-ão as principais legislações e normas utilizadas para embasamento desta pesquisa. Outras normas e legislações existentes são mencionadas no Anexo A.

2.6.1 NORMAS INTERNACIONAIS

A norma ISO 1996 “Acoustics: Description and measurements of environmental noise”, dividida nas partes 1, 2 e 3, define alguns descritores e procedimentos para coleta de dados pertinentes ao tipo de uso do solo e discute limites de ruído.

¹⁰ HOBSON, J.A. Sleep. Scientific American Library, W.H. Freeman and Co, New York, NW, USA. 1989.

¹¹ LAZARUS, H. Noise and communication: The present state. In N.L. Carter and R.F.S. Job (eds.) Noise as a Public Health Problem (Noise Effects '98), Vol.1, pp.157-162. Noise Effects '98 PTY Ltda, Sydney, Australia, 1998.

¹² EDWORTHY, J.; ADAMS, A.S. Warning Design: A research perspective. Taylop and Francis, London. 1996.

2.6.2 LEGISLAÇÕES E NORMAS FEDERAIS

A NBR-10.151/2000, intitulada “Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade”, fixa as condições exigíveis para a avaliação do ruído em comunidades, especificando um método para a medição do ruído (ABNT, 2000). Esta norma leva em consideração o zoneamento e o período do dia. Ela foi utilizada para embasar os procedimentos de medição das variáveis acústicas descritos no capítulo sobre o método utilizado na pesquisa.

Tabela 5 – NBR 10.151 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente residencial	70	60

Fonte: NBR 10.151. (2000).

A NBR-10.152, intitulada “Níveis de ruído para conforto acústico”, fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos (ABNT, 1999). Esta norma fixa níveis de ruído para ambientes internos e no caso de residências, objeto de estudo desta pesquisa, na área dos dormitórios o nível sonoro considerado para conforto é de 30 dB(A) mas tolera-se até o nível de 45 dB(A).

A Resolução nº2, de 08 de março de 1990, do CONAMA (BRASIL, 1990b), institui, nacionalmente, o Programa Silêncio, visando controlar o ruído excessivo que possa interferir no bem-estar e saúde da população. Na Figura 2, observa-se o número de queixas por subprefeitura no município de São Paulo em um dado período.

A NBR ISO 362 – Acústica – Medição de ruído emitido por veículos rodoviários automotores em aceleração – estabelece que o controle de ruído de veículos novos seja realizado a partir da análise dos relatórios dos testes de ruído pelo IBAMA, agência ambiental do governo brasileiro que é responsável pelo licenciamento de veículos. Estando abaixo dos limites estabelecidos, o órgão autoriza a comercialização. A Figura 25 mostra o esquema construtivo e os

equipamentos utilizados na pista de provas de ruído em aceleração segundo a NBR ISO 362. Pelo teste Pass-By Noise, os fabricantes de automóveis devem certificar que seus veículos estão de acordo com as normas de emissão de ruído.

Figura 25 – Provas de ruído em aceleração.

Fonte: CETESB (online).

A NBR 9714 – Veículo rodoviário automotor – Ruído emitido na condição parado, define o ensaio que é realizado para a verificação de ruído emitido por veículos que não sejam novos. Toma-se como limite o valor declarado pelo fabricante que consta no manual do proprietário. Segundo a CETESB (online), “caso o veículo seja inspecionado, o valor de ruído obtido na inspeção não pode ultrapassar o valor declarado. Este procedimento leva ao proprietário a responsabilidade de manter o veículo, em especial o sistema de escapamento, nas condições originais de fabricação”.

A Tabela 6 mostra os limites de ruído para motocicletas e similares, em aceleração:

Tabela 6 - Limites de ruído para motocicletas e similares

Categoria	Nível de ruído - dB(A)
Até 80 cm ³	75
81 cm ³ a 125 cm ³	77
126 cm ³ a 175 cm ³	77
176 cm ³ a 350 cm ³	80
Acima de 350 cm ³	80

Fonte: CETESB (online)

A Tabela 7 mostra os limites de ruído em aceleração, para veículos novos atualmente em vigor:

Tabela 7 – Limites de ruído para veículos novos

Categoria	Descrição		Nível de Ruído - dB(A)		
			Motor Ciclo Otto	Motor Ciclo Diesel	
				Inj. Direta	Inj. Indireta
a	Veículo passageiro até 9 lugares		74	75	74
b	Veículo de passageiro com mais de 9 lugares; de carga; de tração ou de uso misto	PBT até 2000 kg	76	77	76
		PBT entre 2000 kg e 3500 kg	77	78	77
c	Veículo de passageiro ou de uso misto com PBT maior que 3500 kg	Potência máxima menor que 150 kW	78	78	78
		Potência máxima igual ou superior a 150 kW	80	80	80
d	Veículo de carga ou de tração com PBT maior que 3500 kW	Potência máxima menor que 75 kW	77	77	77
		Potência máxima entre 75 kW e 150 kW	78	78	78
		Potência máxima igual ou superior a 150 kW	80	80	80

Fonte: CETESB (online)

2.6.3 LEGISLAÇÕES DO ESTADO DE SÃO PAULO

Estudos da emissão de ruídos por veículos, realizados pela CETESB, estabeleceram as bases do Programa Nacional de Controle de Ruído Veicular, lançado a partir das Resoluções CONAMA 01 e 02 de 1993, e atualizado pelas Resoluções CONAMA 08 de 1993, 17 de 1995, 20 de 1996, 242 de 1998, 268 e 272 de 2000, estabelece limites máximos de ruído para veículos novos comercializados no Brasil.

3

Fonte: Brüel & Kjær (2001)

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados: informações sobre a rodovia estudada (SP-270 Rodovia Raposo Tavares) e os materiais e métodos utilizados para verificar a atitude dos moradores frente ao ruído de tráfego. Para o devido propósito, dois tipos de avaliação foram feitos: uma avaliação de caráter objetivo que levou em conta os parâmetros de nível de pressão sonora e variáveis meteorológicas e uma avaliação de caráter subjetivo que buscou inferir os efeitos causados pelo ruído nas populações expostas ao mesmo.

3.1 OBJETO DE ESTUDO: RODOVIA SP-270 - RODOVIA RAPOSO TAVARES

Segundo Ribeiro (online), a rodovia Raposo Tavares era chamada de “caminho para o sul”. Este caminho, existente desde o século XVII, ligava São Paulo a Curitiba e era utilizado pelos índios e bandeirantes.

Atualmente, a rodovia Raposo Tavares (SP-270), denominação recebida em 1954, origina-se na cidade de São Paulo, passa por Sorocaba e vai até Presidente Epitácio, na divisa com o Mato Grosso do Sul, apresentando trechos de pista simples. Com um percurso total de cerca de 654 km, como pode ser observado na Figura 26, a rodovia atravessa os municípios de: São Paulo, Cotia, Vargem Grande Paulista, São Roque, Mairinque, Alumínio, Sorocaba, Araçoiaba da Serra, Alambari, Itapetininga, Angatuba, Parapanema, Itaí, Piraju, Ipaussu, Chavantes, Canitar, Ourinhos, Salto Grande, Palmital, Assis, Maracaí, Regente Feijó, Presidente Prudente, Presidente Bernardes, Santo Anastácio, Presidente Venceslau e Presidente Epitácio.

Figura 26 – Rodovia Raposo Tavares no Estado de São Paulo.

Fonte: Modificado de SVMA e SEMPLA (*online*).

No município de São Paulo, a rodovia Raposo Tavares passa pela região do Butantã, área esta localizada no extremo oeste da cidade. Como pode ser observada na Figura 27, esta região é composta por cinco distritos: Butantã, Morumbi, Vila Sônia, Raposo Tavares e Rio Pequeno. Segundo a prefeitura da cidade de São Paulo (*online*), a região do Butantã possui uma área de 56,1 km² e uma população predominantemente adulta de 337 mil habitantes. No distrito de Raposo Tavares, 7,2% da população ganha mais do que 25 salários mínimos e 40% de seus habitantes recebem até 5 salários mínimos. A atividade industrial concentra-se no distrito de Raposo Tavares que é cortado pela rodovia Raposo Tavares por uma média de 70 mil carros por dia.

Figura 27 – Distritos do município de São Paulo, cortados pela SP-270.

Fonte: SVMA e SEMPLA (*online*).

De acordo com a prefeitura da cidade de São Paulo (PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, *online*), o distrito de Raposo Tavares sofre com a degradação ambiental, principalmente com o desmatamento, onde, a cada ano, comunidades carentes invadem a terra atrás de moradia. De 1991 a 2000, quase 121 hectares foram desmatados neste distrito. Em contraste, no km 10 da rodovia Raposo Tavares está instalado o Parque da Previdência, onde se encontra o primeiro Centro de Educação Ambiental (CEA) da prefeitura de São Paulo.

Como pode ser observado na Figura 28, de 1997 à 2007, a média diária de veículos que circulam na Rodovia Raposo Tavares, de Cotia para São Paulo, entre os quilômetros 34 e 9,8 passou de 88.000 para 160.000. Segundo Salvo (2007), a inauguração do trecho oeste do Rodoanel em 2002 poderia explicar o crescimento do tráfego, já que a rodovia além de receber o fluxo dos moradores de Cotia que tem São Paulo como seu destino, acabou servindo de rota alternativa aos moradores de Alphaville que tentam fugir do trânsito da rodovia Castelo Branco. As obras do Rodoanel também desencadearam um grande crescimento de empreendimentos imobiliários em Cotia que por consequência acarretou um aumento de fluxo veicular na rodovia Raposo Tavares intensificando os congestionamentos já existentes (Figura 29).

Figura 28 – Evolução do tráfego no trecho Cotia – São Paulo entre 1997 e 2007

Fonte: DER apud Salvo (2007)

Figura 29 – Congestionamento na rodovia SP-270.

Fonte: Cavalcanti apud Salvo (2007)

Os congestionamentos cada vez maiores da rodovia Raposos Tavares acabaram mobilizando alguns setores da sociedade que tornaram este o principal tema de discussão no 1º Fórum pela Sobrevivência Saudável do Eixo Metropolitano Raposo Tavares, ocorrido em dezembro de 2007, devido aos prejuízos financeiros e os impactos sócio-econômicos que os congestionamentos acabam gerando. Estavam envolvidas neste fórum as cidades de São Paulo, São Roque, Taboão da Serra, Vargem Grande, Carapicuíba, Cotia, Embu, Ibiúna, Itapevi e Jandira. A Figura

30, mostra o folheto promocional do evento. A iniciativa de se dar uma solução aos grandes congestionamentos da rodovia é bem vinda, mas o projeto poderia ser enriquecido com soluções para a melhoria do problema da poluição sonora, já que mesmo que o fluxo de veículos diminuísse com a introdução de um meio de transporte de massa sobre trilhos, este também é um grande gerador de ruídos.

Figura 30 – Folheto promocional do 1º Fórum pela Sobrevivência Saudável do Eixo Metropolitano Raposo Tavares

Fonte: 1º Fórum pela Sobrevivência Saudável do Eixo Metropolitano Raposo Tavares (2007)

3.2 AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO

Nesta pesquisa há aplicação de procedimentos metodológicos da avaliação pós-ocupação (APO). Tais procedimentos levam em consideração, além da avaliação de caráter objetivo dos parâmetros físicos, a satisfação de seus usuários em relação ao aspecto priorizado, no caso, o impacto da poluição sonora naqueles que habitam ao longo da SP-270. Adotaram-se basicamente os seguintes procedimentos: aplicação de questionários aos moradores do trecho estudado, vistorias técnicas e medições in loco.

Segundo Roméro e Ornstein (2003, p.25), “o termo ‘qualidade’ é conceituado como os aspectos do produto ou serviço que satisfazem as necessidades do usuário, ou seja, está associado claramente (inclusive no caso dos produtos da Construção Civil) ao desempenho satisfatório dos ambientes e das relações ambiente & comportamento”. Entretanto, Roméro e Ornstein (2003, p.26) afirmam que:

“no Brasil, de um modo geral, pontos importantes implícitos em sistemas de controle de qualidade, tais como manutenção e defesa do consumidor, não estão sendo levados em conta pelos profissionais, devido ao desconhecimento do que ocorre no ambiente construído (seja este edificado ou área livre) no decorrer do uso, no que se refere tanto ao desempenho físico quanto à satisfação do usuário, ou, ainda, no que se refere ao atendimento das suas necessidades. O levantamento, a análise e as recomendações extraídas desses dados, que visam realimentar o próprio estudo de caso bem como futuros projetos, são um instrumental de controle de qualidade que pode ser colocado em prática por meio da metodologia de APO”.

Também é fundamental para a APO verificar o atendimento das necessidades ou o nível de satisfação dos usuários, sem dar menor importância à avaliação de desempenho físico. A APO faz análises, diagnósticos e recomendações a partir do objeto de estudo em uso, in loco, na escala e tempo reais.

No caso de encontrarem-se pontos negativos, definem-se recomendações que mitiguem ou até mesmo possibilitem a correção dos problemas detectados no

próprio ambiente construído submetido à avaliação, por meio, por exemplo, da adoção de dispositivos de controle do ruído e da conscientização dos moradores da necessidade de alterações comportamentais. Como pode ser observado na Figura 31, utilizam-se os resultados dessas avaliações para realimentar o ciclo do processo de produção e uso de ambientes de futuros projetos com a formulação de diretrizes, contribuições para normas existentes e outros. De acordo com Ornstein (2004, p.96), a partir do momento em que a APO passa a preocupar-se com a questão da qualidade, ela “deixa de ser um fim em si mesma e passa a integrar um conjunto mais amplo de instrumentos e ferramentas passíveis de serem utilizadas no processo de produção (planejamento, programa de necessidades, projeto e construção), uso, operação, manutenção e gerenciamento da qualidade dos ambientes construídos”.

Figura 31 – Esquema da avaliação pós-ocupação

Fonte: Roméro e Ornstein (2003).

O seguinte roteiro metodológico orientou a avaliação pós-ocupação nesta pesquisa:

- (a) seleção dos pontos de coleta de dados;
- (b) visitas de reconhecimento da área e registros fotográficos;
- (c) medições de níveis de pressão sonora, dados meteorológicos e volume de tráfego veicular;
- (d) formulação e aplicação do questionário pré-teste para aferir níveis de satisfação dos moradores;

- (e) definição da amostra;
- (f) formulação e aplicação dos questionários definitivos;
- (g) análise comparativa entre satisfação dos usuários e os dados levantados pelas medições;
- (h) construção da linha de ruído.

3.3 FORMAÇÃO DA AMOSTRA E PROCEDIMENTOS DE ABORDAGEM

Nesta etapa da pesquisa, foram delimitados dois tipos de amostra. A primeira amostra sendo a dos pontos no quais as medições ocorreram ao longo da rodovia e a segunda amostra sendo a da população selecionada para responder aos questionários.

3.3.1 ESCOLHA DA DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS

A pesquisa delimitou-se às habitações cujas fachadas estavam diretamente voltadas para a rodovia Raposo Tavares (SP-270). O trecho da rodovia escolhido está dentro do município de São Paulo, aproximadamente entre os km 10 e 16. O trecho a partir do km 16 não foi considerado na pesquisa, pois se configurava de grandes áreas ocupadas por indústrias com alguns trechos de habitações entre elas. A escolha dos pontos medidos ao longo da rodovia baseou-se nas metodologias de mapeamento de ruído ambiental, com a diferença que os pontos escolhidos não conformavam uma malha e sim, uma linha ao longo do percurso da rodovia.

Segundo a ISO 1996/2 (1987), a localização dos pontos nos quais as medições são feitas depende das características do ambiente considerado. Estes pontos podem estar a distâncias aproximadamente iguais entre si, mas recomenda-se que o nível de pressão sonora não seja maior que 5dB entre dois pontos adjacentes. Pontos intermediários devem ser criados se as diferenças forem maiores.

Tabela 8 – Medição expedita realizada na Rodovia Raposo Tavares (SP-270)

km	Leq [dB(A)]	ΔL entre pontos adjacentes [dB(A)]
10	66,4	8,9 8,1 7,1 4,0
11	75,3	
12	67,2	
13	74,3	
14	70,3	0,1
15	70,2	3,1
16	73,1

Figura 32 – Localização dos pontos de medição.

Fonte: Modificado do Guia Mapograf São Paulo e Municípios (2002).

Através de uma medição expedita feita em um único dia, com duração de 1 minuto em cada ponto, realizada de quilômetro em quilômetro na SP-270, constatou-se a necessidade de criarem-se pontos intermediários para as medições, pois a diferença de pressão sonora entre dois pontos adjacentes foi bem maior do que 5dB em parte dos intervalos, como mostra a Tabela 9. Adotou-se então fazer as medições a cada 500 m, iniciando-se no km 10 da rodovia até o km 16, como mostra a Figura 32. Nesta etapa, não foi levada em conta a contagem do fluxo veicular

3.3.2 DETERMINAÇÃO DOS DIAS, HORÁRIOS E DURAÇÃO DAS MEDIÇÕES

Após a escolha da localização dos pontos nos quais ocorreram as medições, procedeu-se a determinação dos dias, horários e duração das mesmas. Esta é uma escolha que levou em conta o tempo, equipamento e pessoal disponíveis.

Como mostra o Anexo B, existem diferentes metodologias para a medição do ruído ambiental, que variam a escolha dos dias, horários e duração das medições de acordo com os propósitos de cada mapeamento.

Como o objetivo desta pesquisa foi analisar o conforto acústico dos habitantes ao longo da rodovia, foram feitas medições nos dias úteis, pois estas configuram as situações de maior fluxo de veículos. Em uma situação de conforto adequada, os moradores necessitam de um nível de ruído aceitável tanto para o descanso como para atingirem a concentração necessária para o desenvolvimento de atividades, como por exemplo, o estudo.

Quanto aos horários de início de medição, estes foram escolhidos através de dados fornecidos pelo DER (Tabela 11) dos horários com maior volume de tráfego. Esta tabela apresenta os resultados da contagem do fluxo horário de veículos através de um contador fixo do Departamento de Estrada de Rodagem (DER) existente no km 20 da rodovia SP-270. Este contador era o que encontrava-se o mais próximo possível do trecho a ser pesquisado. Entre o km 16 (ponto mais distante estudado) e o km 20, existem algumas vias de saída para os bairros e possivelmente parte do tráfego que passou pelo trecho estudado no sentido interior, não passou pelo contador por ser desviado para os bairros, como também parte dos veículos que passaram pelo contador no sentido São Paulo, desviaram a rota antes de passarem pelo trecho estudado. Entretanto, a maior parte do fluxo veicular geralmente não desvia de rota ao longo do trecho estudado até o ponto em que se localiza o contador fixo.

Os dados foram coletados durante 24 horas no dia 01 de agosto de 2006, terça-feira. Segundo o DER, os dias de terça-feira à quinta-feira são dias da semana considerados padrão, isto é, não apresentam diferenças sazonais. Verificaram-se os horários no qual houve o maior número de fontes sonoras no período da manhã e da tarde e considerou-se este o horário de início de medição, que no caso foi às 7 horas da manhã e às 5 horas da tarde.

O tempo mínimo de medição foi estabelecido através do cálculo do tempo de estabilização segundo González et al.(2005). Este parâmetro foi obtido através de uma medição de estudo de 3 horas realizada no dia 19 de setembro de 2006, uma terça-feira, no km 13,7 da SP-270. O analisador sonoro foi programado para armazenar os dados acústicos a cada 5 minutos, pois segundo Nagem (2004), assim seria possível identificar a presença de alterações nos níveis sonoros em pequenos intervalos de tempo.

Como mostra a Tabela 10, comparou-se o L_{eq} desta medição, que foi de 77,6 dB(A), com o L_{eq} do primeiro intervalo de 5 minutos da mesma medição, e depois se comparou com o L_{eq} do primeiro e segundo intervalo da medição, depois com o primeiro, segundo e terceiro intervalo desta medição, assim por diante, até encontrar-se o tempo no qual a diferença entre o L_{eq} do evento e o L_{eq} do período (minutos) fosse menor do que ε . Dependendo do valor adotado para ε (1dB, 2 dB ou 3dB), o tempo de estabilização se alteraria. Como no caso, mesmo adotando o ε de menor tolerância, que seria ε igual a 1dB, o tempo de estabilização já é atingido a 5 minutos de medição.

Tabela 9 – Cálculo do tempo de estabilização

ΔT (minutos)	L_{eq} dB(A)	ΔT (minutos)	L_{eq} dB(A)
5	77,3	95	77,4
10	77,6	100	77,4
15	77,4	105	77,4
20	77,4	110	77,4
25	77,3	115	77,4
30	77,3	120	77,4
35	77,4	125	77,5
40	77,5	130	77,5
45	77,5	135	77,6
50	77,5	140	77,6
55	77,5	145	77,6
60	77,5	150	77,6
65	77,5	155	77,6
70	77,5	160	77,6
75	77,5	165	77,6
80	77,5	170	77,6
85	77,5	175	77,6
90	77,4	180	77,6

Depois do cálculo do tempo estabilização, pôde-se estabelecer o tempo mínimo de medição, que foi calculado como a soma do tempo de estabilização mais uma margem de segurança. Nesta pesquisa adotou-se o tempo de medição mínimo de 10 minutos, isto é, utilizou-se uma margem de segurança de 5 minutos. Nessas medições de 10 minutos, o analisador sonoro foi programado para armazenar os dados acústicos a cada minuto.

Tabela 10 – Volume de tráfego de veículos por hora na rodovia SP-270 ao longo de 1 de agosto de 2006, terça-feira

Horário	Cotia – São Paulo			São Paulo - Cotia			
	Veículo Passeio	Veículo Comercial	Moto	Veículo Passeio	Veículo Comercial	Moto	Total
00 – 01	275	21	3	182	40	3	524
01 – 02	135	28	1	84	24	1	273
02 – 03	81	26	0	51	14	4	176
03 – 04	93	35	0	35	10	2	175
04 – 05	224	48	2	57	54	3	388
05 – 06	1072	100	10	191	132	5	1510
06 – 07	3645	128	19	775	222	15	4804
07 – 08	3666	86	38	1601	281	29	5701
08 – 09	3309	94	36	1372	232	42	5085
09 – 10	3019	116	21	1207	253	36	4652
10 – 11	3156	145	19	1911	387	31	5649
11 – 12	2725	140	25	1912	394	44	5240
12 – 13	2843	128	16	2058	323	23	5391
13 – 14	2905	113	13	2182	316	35	5564
14 – 15	2731	131	20	2016	320	29	5247
15 – 16	2562	137	17	2046	309	44	5115
16 – 17	2621	134	19	2328	314	55	5471
17 – 18	3465	138	23	2849	278	79	6832
18 – 19	3430	91	20	2611	201	53	6406
19 – 20	2804	50	17	2895	205	43	6014
20 – 21	1815	39	12	2433	211	39	4549
21 – 22	1213	46	11	1939	125	29	3363
22 – 23	986	35	6	1766	118	31	2942
23 – 24	622	25	3	1062	99	18	1829

Horários de pico estão destacados em azul.

3.3.3 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE MEDIÇÕES POR PONTO

Com o número de pontos a serem medidos determinados, e a duração e horário das medições também, a próxima etapa consistiu na determinação de quantas medições seriam realizadas em cada ponto para que fossem valores consistentes. Segundo Caligiuri (2005), ao longo do tempo, as características de emissão de uma fonte sonora podem mudar significativamente. E já que os resultados podem ser muito diferentes ao longo do tempo, uma única medição não poderia ser representativa da emissão da fonte, por causa da incerteza devido à possível dispersão dos resultados. Portanto, para aumentar a precisão e avaliar a incerteza relacionada, mais de uma medição deveria ser feita e os dados deveriam ser analisados através de métodos estatísticos. Medições de variáveis integradas, como o L_{Aeq} horário, deveriam ser feitas para diferentes dias da semana e para diferentes meses do ano. Na acústica ambiental, o cálculo do desvio padrão, em geral, não possui significado, pois a média relevante não é aritmética, mas sim uma média de níveis de energia (logarítmica). Recomenda-se, então, que o resultado final seja feito em termos de uma incerteza expandida obtida através de uma escolha apropriada de distribuição de probabilidade de dados.

Partiu-se, portanto, do princípio de que mais de uma medição deveria ser feita em cada ponto. O tempo disponível para tal etapa da pesquisa, permitiu que fossem realizadas 3 medições em cada ponto selecionado em dias da semana variados (segundas-feiras, terças-feiras e sextas-feiras), nos meses de Maio e Junho do ano de 2007.

Para verificar se o número de medições realizadas em cada ponto forneceu dados estatisticamente consistentes, calculou-se a incerteza expandida das medições de cada ponto. De acordo com Peixoto e Almeida (2003), a incerteza expandida (U) define o intervalo em torno do resultado da medição com o qual se espera abranger uma extensa fração da distribuição de valores que poderiam ser razoavelmente atribuídos ao mensurado. Segundo o National Institute of Standards and Technology – NIST (2006), a incerteza expandida é utilizada para aplicações nas quais estão envolvidas questões de saúde e segurança.

De acordo com Caligiuri (2005), a incerteza expandida U é obtida através da fórmula:

$$U(L_{Aeq,k}) \cong \pm 4,34k \sqrt{10^{-\frac{\bar{L}_i}{5}}} \left[\left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{\frac{L_{i,k}}{5}} \right) - 10^{\frac{\bar{L}_i}{5}} \right] \quad (3.1)$$

Onde:

$\bar{L}_i$ = nível de pressão sonora médio

K = fator de abrangência

Foi assumido o mesmo valor de k que Caligiuri (2005) utilizou para suas medições de ruído de tráfego, isto é, k=3 para um nível de confiança de 95%.

3.3.4 PROCEDIMENTOS PARA A MEDIÇÃO

A seguir encontram-se os procedimentos para a realização de medições de grandezas acústicas, meteorológicas, de tráfego e levantamento espacial utilizados.

3.3.4.1 Medição de grandezas acústicas

As medições foram feitas com base nas orientações da NBR 10151 (Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento):

- Todos os valores medidos do nível de pressão sonora foram aproximados ao valor inteiro mais próximo;
- As medições foram efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,20m do piso e pelo menos 2 m de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros e paredes. Para a medição do posicionamento do equipamento foi utilizada uma trena eletrônica digital, modelo BDSM100, da Black & Decker.

O ponto de referência para o posicionamento do analisador sonoro foi a distância deste até o muro da habitação e não a distância do equipamento até o eixo da rodovia.

O analisador de ruído utilizado foi o *Investigator 2260* (Figuras 33 e 34) que é um analisador sonoro portátil com dois canais, da Brüel & Kjær, que faz medições sonoras abrangentes, detalhadas em bandas de oitavas ou terças. Devido à grande capacidade da plataforma, ele permite que todos os parâmetros que se deseja medir sejam feitos em simultâneo. Dentre os parâmetros que o analisador mede encontram-se: nível de pressão sonora, nível contínuo equivalente, nível de pico, níveis percentis, nível de exposição sonora, ponderação em frequências (A, C e L) e tempos de resposta (lento, rápido e impulsivo). O *Investigator 2260* funciona como uma plataforma na qual foi instalado o *software BZ 7206: Enhanced Sound Analysis Software*. Para descarregar os dados no microcomputador, foi utilizado o *Environmental Software*, versão 2.6, também do mesmo fabricante. Tanto o analisador quanto o software pertencem ao Laboratório de Sistemas Prediais, do Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Figura 33 – Sistema básico 2260.

Fonte: Brüel & Kjær

Figura 34 – Analisador sonoro Investigator 2260 e estação meteorológica ao fundo.

De acordo com Scholes et al. (1971), para uma boa correlação entre os efeitos subjetivos do ruído de tráfego e a insatisfação, necessita-se considerar tanto níveis de ruído contínuos como níveis de pico. Nesta pesquisa, optou-se por medir: o nível contínuo de pressão sonora equivalente, ponderado em A, os níveis de pressão sonora, máximo e mínimo, e os níveis estatísticos L_{10} , L_{50} e L_{90} .

O microfone utilizado para a coletas de dados, também da Brüel & Kjær, foi o microfone de campo livre de $\frac{1}{2}$ " Tipo 4189. Ele atende às especificações das normas IEC 651 Tipo 1 e ANSI S1.4 Tipo 2. Um protetor de vento do mesmo fabricante foi acoplado ao microfone pois, segundo a Brüel & Kjær (2003), este protetor feito de espuma de poliuretano, é resistente à umidade e chega a reduzir o ruído do vento em aproximadamente 15 dB para ventos com velocidades de até 120 km/h.

O medidor de ruído foi calibrado antes do início e no final do período de medições. De acordo com a Brüel & Kjær (1997), a calibração deve ser sempre feita em campo se não ela não faz sentido. Utilizou-se o calibrador do Tipo 4231, do

mesmo fabricante. Este calibrador atende às especificações das normas ANSI S1.40 – 1984 e IEC 942 – 1988.

3.3.4.2 Medição de grandezas meteorológicas

De acordo com Larsson (1997), os três efeitos meteorológicos mais significativos para a propagação do som são: a refração, a dispersão pela turbulência e a absorção atmosférica. A absorção atmosférica é um fator importante na propagação do som. Ela depende da frequência, pressão atmosférica, umidade relativa (Figura 35) e temperatura. Como alterações do clima ocorrem ao longo do ano, ou mesmo ao longo do dia, isto acaba alterando a absorção atmosférica.

Figura 35 - Absorção atmosférica (dB/km) para diferentes frequências sonoras (250 – 8000 Hz) sob várias condições de umidade relativa à 15° e pressão do ar normal (101,325 kPa).

Fonte: ISO 9613¹³ *apud* Larsson (1997)

¹³ ISO 9613, Attenuation of sound during propagation outdoors. Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere. International Standard Organization, 1993.

A absorção sonora é diferente para os diferentes climas terrestres (polar, tropical, etc.) como pode ser observado na Figura 36. Quando se leva em consideração, as condições climáticas locais e não somente os valores médios globais, há um aumento da precisão dos cálculos de níveis sonoros externos.

Pouca atenuação ocorre para valores baixos de umidade relativa ou temperatura. As maiores variações na absorção atmosférica são notadas para as variações diurnas e para as variações mensais de umidade relativa e temperatura. As variações diurnas são maiores no verão. Geralmente, a umidade relativa atinge o seu valor máximo logo após o nascer do sol e seu valor mínimo, no período da tarde, quando as temperaturas são mais altas. (LARSSON, 1997).

Figura 36 – Comparação entre absorção atmosférica para diferentes tipos de clima.

Fonte: Larsson (1997)

“Os efeitos provocados pelo vento e pelo gradiente de temperatura, sobre a propagação sonora são muito similares e geralmente são dependentes entre si”, afirma Neto (2002, p.5). A direção dos ventos pode afetar o sinal sonoro recebido,

pois se as ondas sonoras estiverem no mesmo sentido de propagação do vento, haverá um aumento dos níveis medidos no ponto de recepção. Assim como se as ondas sonoras estiverem em sentido contrário ao do vento, elas serão refratadas o que causa o surgimento de sombras acústicas (atenuações). Conforme Scholes et al. (1971), a redução pode chegar a 25 dB. De acordo com Hood (1987), condições calmas de vento podem ser consideradas para ventos com velocidades menores do que 2 m/s e ventos fortes para ventos com velocidades maiores do que 4 m/s.

A estação meteorológica utilizada (Figura 37) para a aquisição de dados meteorológicos de pressão barométrica, temperatura, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos foi uma estação classificada como estação meteorológica de observação de superfície automática. Segundo o INMET (2006), ela consiste em:

“uma unidade de memória central ("data logger"), ligada a vários sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade dos ventos, etc), que integra os valores medidos minuto a minuto e transmite os dados observados automaticamente a cada hora”.

Figura 37 – Estação meteorológica WeatherHawk™.

Fonte: WeatherHawk (online)

A estação meteorológica pertence ao Laboratório de Sistemas Prediais, do Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Ela foi instalada, assim como o analisador sonoro, na frente da habitação, a pelo menos 2m do muro e a 2m do analisador sonoro para

coletar dados, os mais próximos possíveis, das condições meteorológicas sob as quais analisador sonoro se encontrava. Em todos os pontos medidos, orientou-se a estação meteorológica para o norte, para poder ter sempre a mesma referência ao se comparar a direção dos ventos. De acordo com recomendações sugeridas por Festa (2006), os sensores foram colocados a 1,50m acima do solo.

As medições de dados meteorológicos acompanharam os parâmetros adotados para as medições acústicas, isto é, medições a cada minuto em um período de 10 minutos.

Os dados meteorológicos foram colhidos para que fossem respeitadas as condições meteorológicas mínimas para a realização das medições sonoras. E caso algum dado de medição sonora apresentasse-se muito disperso em relação à média, os dados meteorológicos poderiam ser utilizados para tentar explicar tal fato.

3.3.4.3 *Medição de grandezas de tráfego*

Utilizou-se uma planilha para o registro do número de veículos leves e pesados que passavam em frente do analisador sonoro durante os períodos de medição. Para a contagem destes utilizou-se um contador manual. Os veículos foram classificados como veículos de passeio (Figura 38), veículos comerciais (Figura 39) e motocicletas, de acordo com a classificação feita pelo DER para a contagem de veículos.

Figura 38 – Veículos de passeio (2 eixos, 4 rodas).

Fonte: DER (online)

Figura 39 – Veículos comerciais.

Fonte: DER (online)

Segundo Silva¹⁴ apud Del Carlo (1979), motocicletas emitem de 86 a 97 dB(A), veículos leves, de 77 a 86 dB(A) e veículos pesados, de 88 a 89 dB(A), a 7 metros da fonte. Atualmente, de acordo com as Tabelas 4 e 5, motocicletas devem emitir de 75 a 80 dB(A), veículos leves, de 74 a 75 dB(A) e veículos pesados, de 76 a 80 dB(A), a 7,5 metros da fonte.

3.3.4.4 Medição de grandezas espaciais

Fez-se um levantamento dos aspectos técnico-construtivos e/ou arranjo espacial das edificações próximas a cada ponto de medição através de registros fotográficos. Outra técnica utilizada foi o *walkthrough* que, em avaliação pós-ocupação, é o reconhecimento do ambiente e identificação descritiva dos problemas e pontos positivos. Observou-se também: o tipo de pavimentação da via, seu estado de conservação, o número de pistas de rolamento, número de pavimentos das edificações do entorno, a existência de lombadas e semáforos.

¹⁴ SILVA, P.M. Ruído de tráfego rodoviário. LEMEC. Lisboa, 1975.

3.4 QUESTIONÁRIOS

Após as medições, foram aplicados questionários a moradores cujas habitações localizavam-se entre os km 10 e km 16 da rodovia.

3.4.1 ETAPAS PARA A ELABORAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Seguindo os estágios do processo de pesquisa sugeridos por Rea e Parker (1997), primeiramente identificou-se o objetivo dos questionários e a forma de como a coleta de dados seria feita. O objetivo principal, desta parte da pesquisa, foi a verificação da atitude das pessoas em relação ao ruído de tráfego e os dados foram coletados através de entrevistas individuais.

No segundo estágio determinou-se o cronograma desta parte do estudo: 2 meses para a elaboração do questionário, 2 meses para a aplicação dos mesmos e 3 meses para o tratamento e análise dos dados coletados.

O terceiro estágio consistiu na determinação da base de informações, que foi o 1999/2000 *National Survey of Attitudes to Environmental Noise*, elaborado pelo *Building Research Establishment*. Nesta pesquisa, o BRE analisou a atitude das populações da Inglaterra, País de Gales, Escócia e Irlanda do Norte frente ao ruído em suas residências. Um dos objetivos delineados pelo BRE, nesta pesquisa, foi a importância do projeto do questionário em pesquisas de atitude frente ao ruído (LING *et al.*, 2002).

No quarto estágio houve a determinação do enquadramento da amostra. O universo consistiu das habitações lindeiras à rodovia, dentro do município de São Paulo, entre os km 10 e 16 da SP270.

O quinto estágio consistiu na determinação do tamanho da amostra e os procedimentos de seleção da amostra. Para tal, adotou-se um nível de confiança de 95%.

No sexto estágio houve a elaboração do instrumento que seria utilizado nesta parte da pesquisa, no caso, os questionários (Anexo D) e os cartões de respostas (Anexo E), que consistiam em cartões contendo as opções de respostas das

questões fechadas, impressas com fontes maiores, para facilitar a leitura por pessoas com dificuldades de visualização. A Figura 40 ilustra a estrutura do questionário.

Figura 40 – Estrutura do questionário

No sétimo estágio, realizou-se um pré-teste do instrumento de pesquisa, isto é, o questionário foi pré-testado em um grupo de 6 pessoas para avaliar o tempo de duração de sua aplicação, a clareza e aceitabilidade de suas perguntas. Nesta etapa do trabalho não houve interesse em precisão estatística e sim desejou-se verificar a qualidade geral da construção do questionário.

3.4.2 ESCOLHA DA POPULAÇÃO ENTREVISTADA

O método de amostragem escolhido primeiramente foi o da amostragem probabilística. Este método permite realizar inferências sobre a população a partir do conhecimento da amostra. A amostragem probabilística utilizada foi a amostragem aleatória simples. Nela, cada elemento da população tem a mesma chance de ser selecionado de forma aleatória e a seleção de um elemento não interfere na seleção dos demais.

Para a obtenção do tamanho mínimo da amostra fez-se um pré-cálculo do tamanho da amostra, como se ela fosse infinita, através da equação:

$$n = \frac{z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2} \quad (3.2)$$

Onde:

- n = tamanho da amostra
- e = margem de erro ou erro amostral
- p = porcentagem esperada para os resultados
- z = índice que define o nível de confiança

Através da contagem do número de habitações existentes, em fotografia aérea, nas bordas da rodovia SP-270, do km 10 ao km 16, chegou-se ao universo de 334 habitações. A margem de erro adotada foi de 5% e o nível de confiança adotado foi de 95%, cujo índice z correspondente é de 1,960.

O questionário possuía 26 perguntas fechadas com uma média de 4 alternativas por pergunta. Adotou-se uma porcentagem p esperada de 25% de resposta para cada alternativa. E através da equação (3.2), calculou-se que 289 questionários deveriam ser respondidos por alternativa. Como a média era de 4 alternativas por questão, o valor n total seria de 1156 questionários, considerando uma população infinita.

Como a população era finita, isto é, o tamanho da amostra foi maior do que 5% da população, corrigiu-se o valor da amostra através da equação (3.3):

$$n_{corr} = \frac{n.N}{n + (N - 1)} \quad (3.3)$$

Onde:

n_{corr} = tamanho da amostra corrigida

N = tamanho da população

n = tamanho da amostra considerando a população infinita

Sendo n igual a 1156, N igual a 334, calculou-se o valor corrigido, através da equação (3.3) de 260 questionários para uma população finita.

A escolha dos domicílios cujos moradores foram entrevistados deu-se de forma aleatória. Isto é, primeiramente numerou-se os domicílios de 1 à 334 (Apêndice E), depois, gerou-se no programa MS-Excel, uma sequência de números aleatórios.

Através do pré-teste verificou-se a dificuldade de aplicarem-se questionários na amostra selecionada, pois às vezes os moradores não se encontravam na residência no dia da entrevista, ou não queriam sair da casa, pois a região possui muitos problemas de assaltos ou estavam muito ocupados. Devido a esses fatos, optou-se por fazer uma amostragem por conveniência, isto é, foi-se de casa em casa tentando-se entrevistar os que estavam disponíveis.

3.4.3 APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

A aplicação dos questionários foi feita através de entrevista pessoal. Antes de seu início, os respondentes eram informados sobre a instituição para a qual a

dissertação de mestrado estava sendo desenvolvida, o propósito do estudo e que a participação deles seria muito importante. Os respondentes também eram informados da rápida duração de tempo da entrevista (cerca de 7 minutos) e que a maioria das perguntas seria em forma de múltipla escolha.

Para evitar com que o entrevistador ficasse lendo resposta por resposta, foram impressos em fontes de tamanho bem maior, as opções de respostas para as questões de múltipla escolha, fazendo com que o processo de entrevista fluísse mais rapidamente.

3.4.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Primeiramente os questionários passaram por uma etapa de verificação dos padrões mínimos de qualidade dos dados para garantir o máximo de exatidão e o mínimo de ambigüidade possíveis, isto é, tentaram-se identificar erros, omissões e ilegibilidade das respostas. Após a verificação, houve a codificação das respostas, isto é, os dados foram categorizados, transformados em símbolos numéricos para que houvesse o processamento eletrônico. Para as questões fechadas, a alternativa (a) foi identificada com o número 1, a alternativa (b) com o número 2 e assim por diante. Para as questões abertas, foram colocadas palavras-chave.

Preparou-se então a configuração da planilha, com as questões devidamente ordenadas e identificadas. A tabulação foi feita em planilha eletrônica gerada pelo programa Microsoft Excel. Foi feita a contagem do número de vezes que cada evento foi mencionado em cada questão, criando-se tabelas para resumir o quadro de respostas. Destas tabelas, foram gerados gráficos qualitativos em forma de pizza (*pie chart*).

Fez-se a correlação entre as respostas dos questionários através do programa Minitab. E apoiando-se nos valores do coeficiente de correlação linear, do coeficiente de determinação e do desvio padrão, verificou-se a pertinência das correlações sugeridas.

4

Fonte: Brüel & Kjær (2001)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o levantamento de dados necessários à avaliação dos níveis de ruídos em frente das habitações, fez-se a comparação dos dados levantados sobre conforto acústico com as normas e recomendações existentes. Foi feita a verificação da atenuação do ruído pela implantação de muros como barreiras acústicas frente às residências desprotegidas.

4.1 MEDIÇÕES DE NÍVEL DE PRESSÃO SONORA E DADOS CLIMÁTICOS

Em cada ponto medido, os dados coletados foram tabulados e obteve-se a média aritmética (Tabelas 11 a 23).

Tabela 11 – Medições realizadas na SP-270 no km 10.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Aritmética
LAeq [dB(A)]	69	69	70	69
LAmx [dB(A)]	80	77	80	79
Lamin [dB(A)]	61	55	57	58
L10 [dB(A)]	72	72	73	72
L50 [dB(A)]	68	68	68	68
L90 [dB(A)]	64	63	61	63
Temperatura [°C]	18,9	19,0	15,7	17,9
Velocidade do Vento [m/s]	0,0	0,0	0,0	0,0
Umidade [%]	76,5	78,1	82,7	79,1
Pressão barométrica [kPa]	90,3	90,3	93,4	91,3

Tabela 12 - Medições realizadas na SP-270 no km 10,5.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Aritmética
LAeq [dB(A)]	75	77	76	76
LAmx [dB(A)]	89	91	86	89
Lamin [dB(A)]	59	63	62	61
L10 [dB(A)]	78	80	80	79
L50 [dB(A)]	73	74	75	74
L90 [dB(A)]	64	68	67	66
Temperatura [°C]	20,3	23,0	12,9	18,7
Velocidade do Vento [m/s]	0,8	0,0	0,5	0,4
Umidade [%]	66,9	68,2	73,0	69,4
Pressão barométrica [kPa]	90,0	93,1	93,5	92,2

Tabela 13 - Medições realizadas na SP-270 no km 11.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Aritmética
LAeq [dB(A)]	72	71	76	73
LAmx [dB(A)]	84	84	94	87
Lamin [dB(A)]	57	56	63	59
L10 [dB(A)]	76	75	78	76
L50 [dB(A)]	68	68	69	68
L90 [dB(A)]	63	63	65	64
Temperatura [°C]	20,5	24,8	13,1	19,5
Velocidade do Vento [m/s]	0,6	0,7	0,4	0,6
Umidade [%]	66,4	56,3	71,0	64,6
Pressão barométrica [kPa]	90,0	93,1	93,5	92,2

Tabela 14 - Medições realizadas na SP-270 no km 11,5.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Aritmética
LAeq [dB(A)]	65	66	68	66
LAmx [dB(A)]	76	76	81	78
Lamin [dB(A)]	54	53	56	54
L10 [dB(A)]	68	69	70	69
L50 [dB(A)]	64	65	66	65
L90 [dB(A)]	58	59	60	59
Temperatura [°C]	18,1	20,1	13,6	17,3
Velocidade do Vento [m/s]	0,0	0,2	0,0	0,1
Umidade [%]	79,0	71,4	70,1	73,5
Pressão barométrica [kPa]	83,8	92,8	93,4	90,0

Tabela 15 - Medições realizadas na SP-270 no km 12.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Aritmética
LAeq [dB(A)]	75	75	75	75
LAmx [dB(A)]	83	84	83	83
Lamin [dB(A)]	64	69	66	66
L10 [dB(A)]	78	77	78	78
L50 [dB(A)]	74	74	74	74
L90 [dB(A)]	68	71	69	69
Temperatura [°C]	18,1	20,2	14,4	17,6
Velocidade do Vento [m/s]	0,2	1,4	1,0	0,9
Umidade [%]	72,3	67,5	63,3	67,7
Pressão barométrica [kPa]	93,1	92,9	93,4	93,1

Tabela 16 - Medições realizadas na SP-270 no km 12,5.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Aritmética
LAeq [dB(A)]	70	70	68	69
LAmx [dB(A)]	76	78	74	76
Lamin [dB(A)]	60	63	61	61
L10 [dB(A)]	72	72	70	71
L50 [dB(A)]	70	68	68	69
L90 [dB(A)]	66	66	65	66
Temperatura [°C]	18,1	20,2	14,5	17,6
Velocidade do Vento [m/s]	0,2	1,4	0,4	0,7
Umidade [%]	72,3	67,5	81,3	73,7
Pressão barométrica [kPa]	93,1	92,9	83,8	89,9

Tabela 17 - Medições realizadas na SP-270 no km 13.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Aritmética
LAeq [dB(A)]	79	77	81	79
LAmx [dB(A)]	94	88	96	93
Lamin [dB(A)]	68	65	63	65
L10 [dB(A)]	83	80	84	82
L50 [dB(A)]	76	74	76	75
L90 [dB(A)]	71	69	71	70
Temperatura [°C]	18,9	21,8	15,4	18,7
Velocidade do Vento [m/s]	0,1	1,0	0,1	0,4
Umidade [%]	71,8	62,8	77,7	70,8
Pressão barométrica [kPa]	93,5	93,2	93,3	93,3

Tabela 18 - Medições realizadas na SP-270 no km 13,5.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Aritmética
LAeq [dB(A)]	79	78	79	79
LAmx [dB(A)]	94	94	92	93
Lamin [dB(A)]	66	67	68	67
L10 [dB(A)]	81	81	82	81
L50 [dB(A)]	74	74	74	74
L90 [dB(A)]	69	70	71	70
Temperatura [°C]	19,0	20,9	15,3	18,4
Velocidade do Vento [m/s]	1,0	0,2	0,8	0,7
Umidade [%]	72,5	60,9	76,9	70,1
Pressão barométrica [kPa]	93,2	92,4	89,8	91,8

Tabela 19 - Medições realizadas na SP-270 no km 14.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Aritmética
LAeq [dB(A)]	80	80	80	80
LAmx [dB(A)]	93	87	91	90
Lamin [dB(A)]	66	70	67	68
L10 [dB(A)]	82	82	82	82
L50 [dB(A)]	78	79	79	79
L90 [dB(A)]	74	74	73	74
Temperatura [°C]	18,3	18,6	14,7	17,2
Velocidade do Vento [m/s]	0,2	0,8	0,8	0,6
Umidade [%]	85,5	73,2	79,0	79,2
Pressão barométrica [kPa]	92,9	92,5	92,9	92,8

Tabela 20 - Medições realizadas na SP-270 no km 14,5.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Aritmética
LAeq [dB(A)]	76	76	77	76
LAmx [dB(A)]	85	86	89	87
Lamin [dB(A)]	68	66	69	68
L10 [dB(A)]	78	78	79	78
L50 [dB(A)]	76	75	76	76
L90 [dB(A)]	73	72	72	72
Temperatura [°C]	18,7	18,0	15,2	17,3
Velocidade do Vento [m/s]	0,2	1,2	0,7	0,7
Umidade [%]	87,0	79,7	78,5	81,7
Pressão barométrica [kPa]	92,8	92,5	92,9	92,7

Tabela 21 - Medições realizadas na SP-270 no km 15.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Aritmética
LAeq [dB(A)]	74	75	76	75
LAmx [dB(A)]	83	82	85	83
Lamin [dB(A)]	66	68	69	68
L10 [dB(A)]	77	77	79	78
L50 [dB(A)]	73	74	75	74
L90 [dB(A)]	70	71	72	71
Temperatura [°C]	19,2	10,7	15,0	15,0
Velocidade do Vento [m/s]	0,0	0,2	1,1	0,4
Umidade [%]	85,3	78,9	75,6	79,9
Pressão barométrica [kPa]	92,9	83,9	93,0	89,9

Tabela 22 - Medições realizadas na SP-270 no km 15,5.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Aritmética
LAeq [dB(A)]	77	78	79	78
LAmx [dB(A)]	84	84	89	86
Lamin [dB(A)]	67	68	70	68
L10 [dB(A)]	80	80	81	80
L50 [dB(A)]	77	77	78	77
L90 [dB(A)]	73	73	75	74
Temperatura [°C]	19,4	11,5	15,5	15,5
Velocidade do Vento [m/s]	0,2	2,1	1,5	1,3
Umidade [%]	84,8	81,1	83,2	83,0
Pressão barométrica [kPa]	93,0	93,3	83,5	89,9

Tabela 23 - Medições realizadas na SP-270 no km 16.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Aritmética
LAeq [dB(A)]	78	79	78	78
LAmx [dB(A)]	89	86	90	88
Lamin [dB(A)]	71	72	71	71
L10 [dB(A)]	80	81	80	80
L50 [dB(A)]	78	78	78	78
L90 [dB(A)]	75	75	76	75
Temperatura [°C]	20,8	11,7	15,7	16,1
Velocidade do Vento [m/s]	0,6	0,1	0,5	0,4
Umidade [%]	79,7	79,5	82,7	80,6
Pressão barométrica [kPa]	93,2	93,5	93,1	93,3

A partir da média dos dados (L_{Aeq}) colhidos em campo, elaborou-se um mapa de ruído exploratório para o trecho estudado da rodovia SP-270, como pode ser observado na Figura 42. Esse mapa gerado ignora variações planialtimétricas entre distintos pontos da área e desconsidera influências de atenuações sonoras entre os

pontos assim como a possível presença de outras fontes sonoras não detectadas nos pontos de medição, entretanto, ele transmite uma idéia geral dos níveis de ruído ao longo da rodovia.

Utilizaram-se as cores especificadas pela ISO 1996/2 (1987), mas adaptando-as para o dB(A), como mostra a Tabela 24.

O uso da linha de ruído torna possível determinar os requisitos mínimos de isolamento sonoro do envelope dos edifícios localizados na área mapeada. Segundo Kurra e Tamer (1993), ao se estabelecer requisitos para o isolamento é necessário aceitar alguns limites ou critérios de ruído interno. Critérios estes que ao serem empregados tanto em estudos de aperfeiçoamento como em novos planos e projetos devem ser reavaliados do ponto de vista da sua aplicabilidade e conformidade com aspectos econômicos.

Nota-se nesta linha de ruído (Figura 41), o predomínio da cor azul, isto é, níveis de ruído entre 75 a 80 dB(A) e até a presença de uma área de coloração azul escuro, isto é, níveis de 80 a 85 dB(A). Estes níveis ultrapassam o nível de ruído máximo recomendado pela NBR-10.151 que, para áreas mistas, predominantemente residenciais, é de 55 dB(A) para o período diurno, e o nível de ruído máximo recomendado pela Organização Mundial de Saúde que é de 50 dB (A).

Tabela 24 - Cores das zonas de ruído

Zona de ruído dB(A)	Cor
Abaixo de 35	Verde claro
35 a 40	Verde
40 a 45	Verde escuro
45 a 50	Amarelo
50 a 55	Ocre
55 a 60	Laranja
60 a 65	Vermelho
65 a 70	Vinho
70 a 75	Lilás
75 a 80	Azul
80 a 85	Azul escuro

Fonte: ISO 1996/2 (1987)

Figura 41 – Linha de ruído – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

Calculou-se a incerteza expandida (U) das medições de cada ponto através da equação 9. Lembrando que o U define o intervalo em torno do resultado da medição com o qual se espera abranger uma extensa fração da distribuição de valores que poderiam ser razoavelmente atribuídos ao mensurado.

Tabela 25 – Incerteza expandida em dB(A)

km	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média Laeq	U	SD
10	69	69	70	69	2,1	0,6
10,5	75	77	76	76	3,5	1,0
11	72	71	76	73	10,7	2,6
11,5	65	66	68	66	5,6	1,5
12	75	75	75	75	0,0	0,0
12,5	70	70	68	69	3,8	1,2
13	79	77	81	79	7,2	2,0
13,5	79	78	79	79	2,0	0,6
14	80	80	80	80	0,0	0,0
14,5	76	76	77	76	2,1	0,6
15	74	75	76	75	3,5	1,0
15,5	77	78	79	78	3,5	1,0
16	78	79	78	78	2,1	0,6

Pelos resultados da Tabela 25, nota-se uma maior dispersão no km 11, km 11,5 e km 13. Os valores da incerteza expandida, com um nível de confiança de 95% geralmente são maiores que os desvios padrões (σ). O U e o σ apresentam valores diferentes porque a incerteza expandida leva em conta quantidades logarítmicas enquanto que o desvio padrão leva em conta quantidades lineares.

4.2 RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO

Os dados levantados foram tabulados e obtiveram-se as frequências absolutas e relativas em percentuais. A partir destes dados tabulados geraram-se diagramas qualitativos. A análise dos diagramas indica os tópicos de melhor desempenho e os tópicos de desempenho insuficiente. Entre os tópicos analisados estavam o que mais agradava e desagradava o entrevistado em morar naquela vizinhança. Verificou-se que o ruído é um fator que desagrada aos habitantes entrevistados de todos os trechos compreendidos pela pesquisa. O perfil

discriminado das respostas dadas em cada segmento do trecho estudado encontra-se no Anexo G ao Anexo R.

4.2.1 PERFIL DO TRECHO ESTUDADO – KM 10 AO KM 16

▪ Tipo de habitação:

Metade dos moradores entrevistados mora em casa independente térrea.

Figura 42 – Tipo de habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ Existência de jardim ou sacada:

Mais da metade das habitações dos entrevistados (64%) possui um jardim e/ou sacada.

Figura 43 – Existência de jardim ou sacada – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Localização:**

A maior parte das habitações (97%) encontrava-se a mais de 50m de semáforos, faixas de pedestre ou lombadas.

Figura 44 – Localização – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Distância:**

Na maior parte das habitações (88%), a distância do muro frontal à margem da rodovia era maior do que 20m.

Figura 45 – Distância – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Idade:**

Mais da metade dos moradores entrevistados (57%) possuía mais do que 45 anos de idade.

Figura 46 – Idade – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Sexo:**

A maior parte dos moradores entrevistados (64%) era do sexo feminino.

Figura 47 – Sexo – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Ocupação:**

Mais da metade dos moradores entrevistados (59%) era composta por aposentados, donas de casa ou estudantes.

Segundo Fidell (1978), a disponibilidade para entrevistas domiciliares está fortemente relacionada ao sexo, emprego e idade dos entrevistados: donas de casa e idosos possuem a maior disponibilidade para entrevistas.

▪ **Regime de propriedade:**

A maior parte dos entrevistados (76%) moram em casa própria.

Figura 48 – Regime de propriedade da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Tempo de propriedade:**

A maior parte dos moradores entrevistados (87%) morava na respectiva habitação por mais de 2 anos, isto é, tinham familiaridade com a região.

Figura 49 – Tempo de propriedade da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ Vizinhança:

A maioria dos entrevistados deste trecho (96%) gosta de morar na área.

Figura 50 – Vizinhança – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ O que mais agrada:

Mais da metade dos entrevistados (58%) fez menção à tranquilidade como um fator que mais agrada nesta vizinhança.

Figura 51 – O que mais agrada na vizinhança – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **O que mais desagrada:**

Em desacordo com o item que mais agrada, para mais da metade dos entrevistados (56%) o barulho é o fator que mais desagrada na vizinhança.

▪ **Ruídos ouvidos dentro da habitação:**

O ruído mais ouvido dentro das habitações são aqueles provenientes do tráfego rodoviário e aéreo.

Figura 52 – Ruídos ouvidos dentro da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Veículos ouvidos dentro da habitação:**

Caminhões e motocicletas são ouvidos em maior proporção dentro da habitação.

Figura 53 – Veículos ouvidos dentro da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Tipo de ruído:**

O ruído proveniente de veículos mais escutado dentro da habitação é o ruído de breque ou de sirenes (54%).

Figura 54 – Tipos de ruído ouvidos dentro da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Ruído ouvido de vizinhos e pessoas próximas:**

A maior parte dos entrevistados (43%) não ouve nenhum tipo de ruído proveniente de vizinhos ou pessoas próximas.

▪ **Partes da habitação atingidas pelo ruído:**

A sala é um dos lugares mais atingido pelo ruído (38%).

▪ **Onde o ruído é pior:**

Para metade dos entrevistados o ruído é pior na sala. Isso se dá, pois provavelmente estes cômodos estejam na parte frontal da habitação tendo maior contato com a rodovia.

Figura 55 – Cômodo onde o ruído é pior dentro da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Horário:**

O ruído é mais percebido no período da noite (41%).

Figura 56 – Horário em que o ruído é mais percebido dentro da habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Quando o ruído é pior:**

O período das 19h às 23h é considerado predominantemente pior em relação ao ruído.

Figura 57 – Horário em que o ruído é pior – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Duração do ruído:**

Para a maior parte dos entrevistados (66%) o ruído dura o dia todo.

Figura 58 – Duração do ruído – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Frequência do ruído:**

Para mais da metade dos entrevistados (53%) o ruído é quase sempre ouvido dentro da habitação.

Figura 59 – Frequência do ruído – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Reação ao ruído:**

Para a maior parte dos entrevistados (42%) o ruído é tolerável.

Figura 60 – Reação ao ruído – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Efeitos do ruído na habitação:**

Para mais da metade dos entrevistados (54%) o ruído afeta de forma negativa suas atividades diárias.

Figura 61 – Efeitos do ruído na habitação – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Efeitos psicológicos do ruído:**

Para a maior parte dos entrevistados (69%) o ruído não provoca consequências negativas em seu bem-estar.

Figura 62 – Efeitos psicológicos do ruído – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ **Ações tomadas para a redução de ruído:**

Metade dos entrevistados (62%) não toma nenhuma providência para tentar reduzir o ruído em sua habitação.

Figura 63 – Ações tomadas para a redução do ruído – SP 270 – km 10 ao km 16 (2007)

▪ Doenças relacionadas ao ruído:

A maior parte dos entrevistados (96%) afirmou não possuir nenhuma doença que possa estar relacionada ao ruído. Aqueles que afirmaram possuir doenças relacionadas ao ruído mencionaram: labirintite, enxaqueca, distúrbios do sono, problemas auditivos, alterações do humor, estresse, depressão e perda de cabelo.

4.2.2 CORRELAÇÕES

Fazendo correlações entre as respostas aos questionários, pode-se verificar que:

- Conforme a Figura 64, quanto maior a porcentagem de habitações com jardim, menor é a porcentagem de moradores que afirmam ouvir o ruído sempre, em suas casas.

$P=0,026 \rightarrow$ O coeficiente de correlação linear (P) mostra uma correlação linear negativa fraca, isto é, a “nuvem de pontos” no diagrama de dispersão aproxima-se fracamente de uma reta descendente.

$R^2=40,60\% \rightarrow$ Coeficiente de determinação. O modelo proposto explica 40,60% da variabilidade total.

$S=19,9986 \rightarrow$ Desvio padrão

Figura 64 – Em sua casa ouve barulho sempre versus possui jardim em sua casa.

O que poderia explicar tal resultado é o fato de que a maior parte dos moradores devem crer que a existência de um jardim na habitação poderia estar mitigando o ruído da rodovia. O jardim funcionaria como uma barreira acústica “psicológica”.

- Conforme a Figura 65, quanto maior a porcentagem de moradores que não escutam nenhum ruído proveniente de vizinhos, menor é a porcentagem de moradores que afirmam gostar de morar na área.

$P=0,021 \rightarrow$ O coeficiente de correlação linear (P) mostra uma correlação linear negativa fraca, isto é, a “nuvem de pontos” no diagrama de dispersão aproxima-se fracamente de uma reta descendente.

$R^2=43\% \rightarrow$ Coeficiente de determinação. O modelo proposto explica 43% da variabilidade total.

$S= 6,88127 \rightarrow$ Desvio padrão

Figura 65 – Gosta de morar nesta área versus não ouve nenhum ruído de vizinhos

O que poderia explicar tal resultado é o fato de que o ruído que mais incomoda os moradores não é o ruído proveniente de vizinhos e sim, o ruído proveniente da rodovia.

Outras correlações foram calculadas mas como o coeficiente de correlação linear e o coeficiente de determinação foram muito baixos, elas acabaram não sendo apresentadas.

Para que haja redução nos níveis de ruído emitidos pelo tráfego em rodovias, sugere-se atenção aos seguintes itens:

4.3 RUÍDO EMITIDO PELOS VEÍCULOS

Ao analisarmos a Figura 66 é possível verificar o número médio de veículos que passaram por cada ponto de medição e o nível de ruído médio mensurado em cada um desses pontos, em 10 minutos de medição. Nem sempre quanto maior o número total de veículos, maior é o nível de ruído mensurado. Um fator que possui uma grande influência no nível de ruído é tipo de fonte sonora, isto é, o tipo de veículo. Como pode ser observado na comparação entre as medições nos km 14 e 14,5; apesar do número total médio de veículos que passaram em 10 minutos pelo km 14,5 ter sido maior do que no km 14; o nível de ruído foi maior no km 14. Uma possível explicação é a grande influência do ruído emitido por motocicletas, já que o número de veículos comerciais (caminhões e ônibus) era muito próximo.

Segundo Avsar e Gonullu (2005), o ruído de tráfego está relacionado com a velocidade do veículo. Quanto mais alta é a velocidade do veículo, mais alto é o ruído.

Em 1987, adotava-se emissão de 77 dB(A) para carros e 83 dB(A) para veículos pesados. Atualmente, de acordo com Avsar e Gonullu (2005), os resultados de teste, no limite de velocidade de 50 km/h em uma área urbanizada, um carro causa cerca de 63dBA de ruído (Figura 67). Todos esses dados indicam que uma rodovia nunca deveria passar próxima a uma área residencial.

A limitação da velocidade máxima em 80 km/hora para os automóveis e, em 60 km/hora para os caminhões e ônibus, que faz o efeito de diminuir o ruído resultante em cerca de 2 dB(A), em relação a um limite de 100 km/hora. (Romanini apud Tarrio, 1992; Murgel¹⁵, 1999)

¹⁵ Murgel, E. 1999a. Acústica Rodoviária – Fundamentos e Medidas de Controle. Revista Infraestrutura, nº2. SINICESP. São Paulo.

Figura 66 – Média de veículos em 10 minutos de medição

De acordo com Tarrio¹⁶ *apud* Romanini (2000), o aprimoramento tecnológico na construção de novos veículos, resulta em reduções de apenas 1 ou 2 dB (A).

Resultados obtidos por Schmidt *apud* Murgel, (1999) no Brasil indicam que, na prática, após a completa substituição da frota circulante por veículos novos

¹⁶ Tarrio, F.R. 1992. Ruido. Medidas Correctoras: Experiencias. In: IIº Simposio sobre carreteras y medio ambiente. Las Palmas de Gran Canaria, Espanha. ANAIS. P.97-109.

projetados de acordo com a legislação atual, o ruído resultante nas vias de tráfego deverá diminuir apenas entre 3 a 5 dB (A).

4.4 BARREIRAS ACÚSTICAS

Segundo Avsar e Gonullu (2005), as barreiras de controle podem ser:

- Barreiras artificiais como muros de madeira e concreto;
- Barreiras naturais como vegetação;
- Superfícies de revestimento descritas como “asfalto poroso”.

Usada como uma medida de proteção ambiental, o controle de ruídos por barreiras é comumente utilizado ao longo de rodovias na Europa. No Brasil, na cidade de São Paulo, existe uma barreira acústica colocada no km14 da Rodovia dos Bandeirantes. De acordo com Resnick e Halliday¹⁷ apud Neto (2002, p.8), “colocada entre a fonte sonora e os receptores, a barreira acústica impede a livre propagação do som, levando a um decaimento sonoro bem mais intenso do que ocorreria em condições naturais; isto porque as ondas sonoras se propagam em linha reta, sofrendo um decaimento proporcional ao inverso do quadrado da distância. A onda sonora ao atingir a barreira, tem parte da sua energia transmitida, parte absorvida e parte difratada”.

Os materiais que compõe a barreira acústica influem na reflexão, transmissão e absorção do som, já a geometria da barreira acaba influenciando na difração que o som sofrerá nas bordas da barreira. Segundo Neto (2002, p.9), “a difração ocorre porque na interação entre a onda sonora e a borda da barreira, há alteração da velocidade e conseqüente espalhamento da onda”.

Conforme OECD Scientific Expert Group¹⁸ (1995) *apud* Avsar e Gonullu (2005), barreiras artificiais tais como muros de concreto obtém em média 10dB de abatimento de ruído.

Apesar das barreiras naturais causarem um abatimento mais baixo, como pode ser observado na Tabela 26, a sua eficiência pode ser aumentada em

¹⁷ RESNICK, R., HALLIDAY, D. Física. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1983.v.2.

¹⁸ OECD Scientific Expert Group. **Road transport research**, Roadside noise abatement, Relatório, 1995.

combinação com barreiras de ruído artificiais. As vantagens das barreiras naturais são fatores estéticos e seu baixo custo. Além de melhorar a barreira do ponto de vista estético, barreiras naturais também são úteis porque elas absorvem emissões: particulados e metais pesados do tráfego. (AVSAR; GONULLU, 2005)

A distância requerida entre uma residência e a rodovia mudará dependendo da carga de tráfego. A rodovia Raposo Tavares, no trecho estudado, possui pelo menos três pistas em direção ao interior e três pistas em direção à cidade de São Paulo. Conforme Avsar e Gonullu (2005), depois de estabelecido o nível de ruído e as relações com as velocidades dos veículos na Figura 67 por uma técnica de medição, a Figura 68 foi formada usando a Equação (8) com o cálculo assumindo nenhum veículo pesado na rodovia. Uma rodovia de duas mãos com três pistas em cada mão foi suposta como seis fontes lineares de ruído ao mesmo tempo. A Figura 68 contém rodovias com uma, duas ou três pistas para rodovias de duas mãos e essas rodovias não possuem nenhuma barreira de abatimento entre o tráfego e a habitação. Como pode ser observado na Figura 68, uma rodovia com veículos com uma velocidade média de 50 km/h e 3 pistas para rodovias de duas mãos deveria estar pelo menos à 225m de distância do muro da habitação se não houver barreiras de abatimento acústico para atingir o valor limite externo de 55 dBA. Esses dados ressaltam a importância de barreiras de abatimento de ruído para tais áreas sensíveis.

Tabela 26 – Abatimento de ruído por meio de barreiras naturais

Espécie	Dimensão (m)	Função acústica	Abatimento de ruído [dB(A)]	(+): Vantagem (-): Desvantagem
Árvores e arbustos	L: pelo menos 10 H: 8 - 9	Absorção	3 – 4	(+): Boa aparência estética e decréscimo de emissões (-): Abatimento de ruído limitado
Arbustos em aterro	L: 15 – 18 H: 3 - 4	Absorção Reflexão	15 - 16	(+): Boa aparência estética e abatimento de ruído eficiente (-): Necessidade de espaços amplos
Asfalto poroso		Absorção	5	(+): Prático (-): Abatimento de ruído limitado
Uma fileira de vegetação que consiste de árvores altas e densas, paralelas à estrada em 30m de largura		Absorção	5	(+): Boa aparência estética (-): Abatimento de ruído limitado
Duas fileiras de vegetação que consiste de árvores altas e densas, paralelas à estrada em 30m de largura		Absorção	10	(+): Boa aparência estética e decréscimo de emissões
Estabelecimento de um muro de concreto ajardinado de 2 m de altura		Absorção Reflexão	10	(+): Abatimento de ruído eficiente (-): De alto custo, não estético
Arbustos em 50m de comprimento e 1,5m de altura		Absorção	2	(+): Boa aparência estética (-): Abatimento de ruído limitado

*L = length (comprimento); H = height (altura)

Fonte: Avsar e Gonullu (2005)

Figura 67 – Dados de ruído obtidos para diferentes velocidades de veículos à 7,5m da borda da estrada.

Fonte: Avsar e Gonullu (2005)

Figura 68 – Distâncias mínimas habitação-rodovia em relação ao número de pistas e velocidades dos veículos.

Fonte: Modificado de Avsar e Gonullu (2005)

Segundo Neto (2002), o método mais utilizado para o cálculo de atenuação provocada por uma barreira acústica é o de Maekawa. Utilizando-se da teoria da difração de Fresnel-Kirchhoff, Maekawa obteve empiricamente um gráfico da atenuação em função do número de Fresnel (N), número este que é calculado em função do comprimento de onda incidente e a diferença da trajetória da onda direta entre fonte e receptor e a onda difratada pela barreira.

O número de Fresnel é calculado através da seguinte equação:

$$N = \frac{(A + B - d)}{\frac{\lambda}{2}} \quad (12)$$

Onde:

- A - Distância da fonte à borda superior da barreira;
- B - Distância do receptor à borda superior da barreira;
- d - Distância entre a fonte e o receptor.

Figura 69 – Variáveis para o cálculo do número de Fresnel.

A equação de Maekawa, que calcula a atenuação de uma barreira semi-infinita, considerando uma fonte linear, é dada por:

$$A = 10 \log(20N + 3) - (20N)^{0,3} \quad (13)$$

Considerando um recuo mínimo entre o muro e a habitação de 5m, determinado pelo zoneamento da região (Z2), a altura do muro de 3m, determinado pelo Código de Obras do Município de São Paulo, e a distância entre o muro e a rodovia de 20m, determinada pelo levantamento através das entrevistas, verificou-se

a atenuação ao nível do solo para cada frequência utilizando-se a equação de Maekawa.

Tabela 27 – Cálculo do abatimento de ruído por meio de muros – Muro frontal da própria habitação

A	B	d	f	λ	N	A
20,22	5,83	25	31,5	10,89	0,19	6,9
20,22	5,83	25	63	5,44	0,39	8,5
20,22	5,83	25	125	2,74	0,77	10,4
20,22	5,83	25	250	1,37	1,53	12,5
20,22	5,83	25	500	0,69	3,06	14,6
20,22	5,83	25	1000	0,34	6,12	16,8
20,22	5,83	25	2000	0,17	12,24	18,7
20,22	5,83	25	4000	0,09	24,49	20,5
20,22	5,83	25	8000	0,04	48,98	22,0
20,22	5,83	25	16000	0,02	97,96	23,2

Tabela 28 – Cálculo do abatimento de ruído por meio de muros – Muro de 3m próximo à rodovia localizado acima de um talude de 2m.

A	B	d	f	λ	N	A
7,07	15,81	20	31,5	10,89	0,53	9,3
7,07	15,81	20	63	5,44	1,06	11,3
7,07	15,81	20	125	2,74	2,10	13,5
7,07	15,81	20	250	1,37	4,20	15,6
7,07	15,81	20	500	0,69	8,40	17,7
7,07	15,81	20	1000	0,34	16,79	19,6
7,07	15,81	20	2000	0,17	33,59	21,2
7,07	15,81	20	4000	0,09	67,17	22,6
7,07	15,81	20	8000	0,04	134,34	23,6
7,07	15,81	20	16000	0,02	268,69	24,2

Figura 70 – Barreira acústica envidraçada reduz o ruído de tráfego e transforma o micro-clima ao redor do edifício. Fonte: Canadian Architect (online)

Se desconsiderarmos o Código de Obras do município, a barreira acústica poderia atingir alturas mais ousadas como a barreira de vidro na Figura 70.

4.5 TIPO DE PAVIMENTAÇÃO

Conforme Avsar e Gonullu (2005), outra sugestão alternativa para o abatimento de ruído é mudar os materiais de recobrimento da estrada. Os mecanismos que geram ruído pneu-estrada são estritamente dependentes das características da superfície de pavimentação. A Tabela 29 mostra os níveis de ruído medidos na rodovia quando a velocidade do veículo é de 80 km/h. Pode-se observar que a pavimentação de asfalto poroso (também chamado drenante ou absorvedor sonoro) é a mais válida do ponto de vista acústico.

Segundo Hood (1987), superfícies betuminosas geram menos ruído do que superfícies de concreto, já que estas possuem pequenos buracos, diferentemente do concreto que é acusticamente mais rígido. Uma superfície de concreto será, aproximadamente, de 2 a 5 dB(A) mais ruidosa do que uma superfície betuminosa.

Tabela 29 – Faixas típicas de níveis de ruído pneu/estrada de acordo com o tipo de superfície da rodovia.

Tipo de superfície da estrada	Nível de ruído [dB(A)]
Recapeamento com mistura asfáltica convencional	73 – 78
Concreto betuminoso trincado	75 – 81
Misturas betuminosas a frio	75 – 79
Micro-revestimento de alto desempenho	72 – 77
Tratamento superficial simples	75 – 81
Tratamento superficial duplo	76 – 80
Concreto asfáltico poroso	69 – 77
Concreto de cimento Portland	76 – 85
Equipamento para pavimento de concreto	81 – 84

Fonte: Avsar e Gonullu (2005)

Na Figura 71, nota-se que não existe uma rota de escape para o ar entre um pneu e a superfície do pavimento, causando ruídos de ar comprimido e expandido.

Figura 71 – Pavimentação tradicional

Fonte: Roads in Japan (Online)

Na Figura 72, observa-se que o ar pode escapar através dos poros, reduzindo o ruído.

Figura 72 – Pavimentação geradora de baixo ruído

Fonte: Roads in Japan (Online)

De acordo com Balbo (1996), os revestimentos porosos absorvem parte do ruído de tráfego, minimizando suas conseqüências para os que habitam a margem de rodovias. E como quanto mais molhada estiver a superfície, maior é a emissão de ruídos devido à interação pneu-pavimento, outra vantagem dos revestimentos porosos é que estes são capazes de fazer escoar as águas superficiais pluviais de modo rápido e eficiente, portanto, reduzindo a emissão de ruídos.

4.6 OUTRAS INTERVENÇÕES POSSÍVEIS

Nota-se que para se alcançar o nível de conforto determinado pela NBR 10.151, que para áreas mistas, predominantemente residenciais é de 55 dB(A) no período diurno e 50 dB(A) no período noturno, além do uso de barreiras acústicas na parte frontal das habitações, a modernização da frota e a utilização de pavimento asfáltico poroso, como ilustrados na Figura 73, outros recursos precisam ser utilizados nos trechos extremamente ruidosos como o isolamento do receptor, mediante a instalação de janelas de vidro duplo ou outros artifícios arquitetônicos,

etc. Segundo Kurra e Tamer (1993), o aperfeiçoamento do desempenho de isolamento sonoro das fachadas expostas às fontes externas de ruído possuem um papel importante no controle de ruído nas áreas urbanas. O material que compõe o envelope da edificação, incluindo os caixilhos e esquadrias, deve possuir um STC ou R_w suficiente para isolar o som exterior ao nível de conforto.

Figura 73 – Medidas para a mitigação do ruído em habitações atingidas pelo ruído de tráfego
Fonte: Roads in Japan (Online)

Figura 74 – Cut and cover
Fonte: Princeton Online (Online)

Uma outra forma mais radical de se atenuar o ruído é fazer com que, nas áreas urbanas, o tráfego passe pelo subsolo, solução conhecida como “cut and cover” como na Figura 74. A parte superior do túnel pode ser utilizada para reintegrar os dois lados da rodovia, permitindo que pedestres cruzem de um lado para o outro através de uma praça.

4.7 SUGESTÕES PARA A MITIGAÇÃO DO RUÍDO EM CADA TRECHO ESTUDADO

Adotou-se como critério que o ruído que atingisse a habitação fosse no máximo 50 dB(A). Como não havia uma faixa de 30m entre a rodovia e a rua local, não foi sugerido o uso de vegetação densa, pois não haveria espaço para tal. A solução do “cut and cover” também não foi adotada por ser mais custosa e envolver desapropriações. A Tabela 30 resume as sugestões dadas.

Tabela 30 – Sugestões para a mitigação do ruído em cada trecho da estudado da SP-270.

km	Laeq	Extrapol 50 dB(A) em	Barreira acústica na habitação	Barreira acústica na rodovia [dB(A)]	Pavimentação porosa	Fachada STC	30 m de vegetação densa	Cut and Cover
10	69	19	- 4,4 dB(A)	- 4,4 dB(A)	- 5 dB(A)	- 6 dB(A)
10,5	76	26	- 4,4 dB(A)	- 4,4 dB(A)	- 5 dB(A)	- 13 dB(A)
11	73	23	- 4,4 dB(A)	- 9,3 dB(A)	- 5 dB(A)	- 10 dB(A)
11,5	66	16	- 4,4 dB(A)	- 4,4 dB(A)	- 5 dB(A)	- 3 dB(A)
12	75	25	- 4,4 dB(A)	- 4,4 dB(A)	- 5 dB(A)	- 12 dB(A)
12,5	69	19	- 4,4 dB(A)	- 4,4 dB(A)	- 5 dB(A)	- 6 dB(A)
13	79	29	- 4,4 dB(A)	- 4,4 dB(A)	- 5 dB(A)	- 16 dB(A)
13,5	79	29	- 4,4 dB(A))	- 4,4 dB(A)	- 5 dB(A)	- 16 dB(A)
14	80	30	- 4,4 dB(A)	- 4,4 dB(A)	- 5 dB(A)	- 17 dB(A)
14,5	76	26	- 4,4 dB(A)	- 4,4 dB(A)	- 5 dB(A)	- 13 dB(A)
15	75	25	- 4,4 dB(A)	- 4,4 dB(A)	- 5 dB(A)	- 12 dB(A)
15,5	78	28	- 4,4 dB(A)	- 4,4 dB(A)	- 5 dB(A)	- 15 dB(A)
16	78	28	- 4,4 dB(A)	- 4,4 dB(A)	- 5 dB(A)	- 15 dB(A)

Pode-se observar nas Figuras 75 e 76, o tipo de fachada típica das residências ao longo da rodovia: fachadas de alvenaria, portão frontal vazado e porta de madeira. Conforme os STCs dos componentes construtivos ilustrados na Figura 16, considerando uma fachada de bloco vazado, não selado e uma porta frontal de madeira sarrafiada, não selada; somente com a troca do portão vazado por um muro maciço com um portão inteiriço, colocando-se outra barreira rente à rodovia e trocando o asfalto existente por uma pavimentação porosa, já se conseguiria atingir um nível de ruído aceitável dentro das edificações, contanto que portas e janelas permanecessem fechadas.

Figura 75 – Construções típicas ao longo do km 11 da Rodovia Raposo Tavares

Figura 76 – Portões vazados na parte frontal das habitações

O item mais significativo na atenuação do ruído proveniente da rodovia são as barreiras acústicas que em alguns casos conseguem mitigar o som que atinge as fachadas a ponto de permitir que as janelas e portas dessas habitações possam permanecer abertas. Para a melhoria da qualidade do ambiente interno também é importante ater-se às questões de ventilação da habitação já que, em alguns casos, portas e janelas voltadas para a rodovia permanecerão fechadas a maior parte do tempo. O projeto das habitações deve preocupar-se com que haja aberturas localizadas em fachadas orientadas para áreas menos ruidosas.

5

Fonte: Brüel & Kjær (2001)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a WHO (2000) não se pode ignorar que a exposição à poluição sonora seja freqüentemente mais alta em países em desenvolvimento (categoria na qual o Brasil se encaixa), devido ao mau planejamento e à construção de edifícios de baixa qualidade.

Para que haja diminuição do impacto do ruído de tráfego e respeito à qualidade de vida, existe uma grande necessidade de que sejam encontradas soluções quanto ao planejamento do tráfego, projeto de vias, controle, educação e fiscalização.

Esta pesquisa verificou o impacto da poluição sonora em habitações localizadas junto à rodovia Raposo Tavares, levantando informações quanto à reação dos moradores frente ao ruído de tráfego e a possível atenuação exercida por barreiras acústicas, caso estas fossem construídas em frente a habitações desprotegidas e a combinação desta solução com outras tecnologias de mitigação do ruído. Constatou-se que os níveis de ruído, em frente às habitações, em todos os pontos medidos ao longo da rodovia, ultrapassavam o nível de ruído máximo admitido para conforto em habitações. Verificou-se que em alguns casos a atenuação do ruído causada pela implantação de barreiras acústicas em frente às habitações desprotegidas já era suficiente para reduzir o ruído ao nível de 50 dB(A). Quando o uso de barreiras acústicas não era suficiente para mitigar o ruído para o nível de conforto, sugeriram-se outras tecnologias para a complementação da mitigação do ruído, como a pavimentação porosa e o isolamento das fachadas. A combinação destas alternativas conseguiu reduzir os níveis de ruído em todos os pontos pesquisados ao longo da rodovia. Observou-se então a importância da existência de diretrizes quanto à construção de barreiras acústicas em futuros projetos de conjuntos habitacionais no Brasil.

Também verificou-se que os moradores, em sua grande parte, apesar de afirmarem gostar de residir na região, admitem que um fator de desagrado é o ruído de tráfego que atinge salas e dormitórios com mais intensidade. Este ruído é pior no período noturno, isto é, quando deveria haver um ambiente mais tranquilo para

propiciar um bom período de sono. A maior parte dos entrevistados tolera o ruído, não tomando nenhuma ação para reduzi-lo apesar de admitirem que este interfere em suas atividades diárias.

Observa-se então como é importante que o planejamento de futuros eixos rodoviários leve em conta a questão do conforto acústico desde o momento de concepção do projeto. Primeiramente, deve-se evitar ao máximo que novas rodovias passem próximas a habitações através de um cuidadoso zoneamento que controle a compatibilidade acústica da área com as atividades existentes e as novas infra-estruturas a serem instaladas na região, realizando uma avaliação preventiva do ruído. O zoneamento deve alocar as fontes de ruído o mais distante possível das áreas sensíveis ao ruído como habitações, hospitais e escolas. O zoneamento também deve propiciar que áreas compatíveis em relação ao ruído como grandes áreas abertas, estacionamentos e parques, interponham-se entre as zonas sensíveis ao ruído e as fontes de ruído compondo uma espécie de barreira acústica,

Também se deve prestar atenção ao tipo de pavimentação que será adotada na mesma. No caso no qual a rodovia já esteja construída, os empreendimentos residenciais futuros devem levar em conta diretrizes de um distanciamento mínimo da rodovia, para garantir as questões de salubridade quanto ao conforto acústico. No caso em que rodovia já esteja inserida no tecido urbano, é possível que muros de concreto de altura e comprimento apropriados próximos à rodovia, aterro com arbustos entre a rodovia e a habitação e também uma combinação de barreiras acústicas tais como vegetação e muros densos ou pavimentação porosa da rodovia abaixe o nível de ruído externo para menos do que 50 dB(A), embora fatores estéticos ou econômicos possam ser determinantes.

Em todos os casos é muito importante que haja um programa constante de manutenção da rodovia, pois irregularidades na superfície pavimentada da rodovia tais como buracos e depressões além de serem responsáveis pela causa de acidentes no trânsito também acabam gerando ruído quando da passagem dos veículos por estas irregularidades. A implantação de semáforos, lombadas e pontos de ônibus deve ser estudada com atenção, pois existe a geração de ruído causada por freadas bruscas e aceleração dos veículos.

Concomitantemente, a indústria automobilística deve continuar desenvolvendo veículos cada vez mais silenciosos. Entretanto, mais veículos circulando, mesmo que mais silenciosos, ainda constituem um volume gigantesco de geradores de

poluição sonora e do ar. A solução talvez esteja em um transporte de massa de qualidade o que evitaria que milhões de carros circulassem diariamente. A questão não é somente a de construir mais rodovias para que cada vez mais veículos possam circular e sim investir em uma melhor infra-estrutura de transportes, tanto de carga quanto de pessoas, para que cada vez menos veículos precisem circular.

A conscientização dos problemas que a poluição sonora acarreta e o emprego de soluções no projeto de edificações para amenizar tais problemas são importantes para a melhoria da qualidade de vida do cidadão, da comunidade e da cidade. Deve-se refletir sobre o problema tanto em termos da coletividade como do indivíduo. A problemática da poluição sonora é uma questão interdisciplinar e cada profissional em sua área, seja o sociólogo, o advogado, o arquiteto, o jornalista, o urbanista, o engenheiro, o sanitarista, o administrador, o médico, o professor, entre outros, deve contribuir para a melhoria da qualidade de vida.

A utilização de recursos tais como barreiras acústicas, vegetação densa e extensa, pavimentação porosa, entre outros, é importante para tornar os edifícios habitacionais mais sustentáveis.

6

Fonte: Brüel & Kjær (2001)

REFERÊNCIAS

ALBEROLA, J.; FLINDELL, I. H.; BULLMORE, A. J. Variability in road traffic noise levels. **Applied Acoustics**, Amsterdam, n. 66, p. 1180-1195, 2005.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI S1.4**: american national standard: specification for sound level meters. New York, 1983. 25 p.

_____. **ANSI S1.26**: method for the calculation of the absorption of sound by the atmosphere. New York, 1995. 35 p.

_____. **ANSI S1.40**: american national standard specifications for acoustical calibrators. New York, 1984. 10 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E413-04**: classification for rating sound insulation. West Conshohocken, PA, 2007. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5535**: buzinas para veículos rodoviários automotores - requisitos acústicos. Rio de Janeiro, 1981. 3 p.

_____. **NBR 7731**: guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos efeitos sobre o homem. Rio de Janeiro, 1983. 11 p.

_____. **NBR 9714**: veículo rodoviário automotor - ruído emitido na condição parado. Rio de Janeiro, 2000. 8 p.

_____. **NBR 10.151**: acústica – avaliação do nível do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento. Rio de Janeiro, 2000. 4 p.

_____. **NBR 10.152**: níveis de ruído para o conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987. 7 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13067**: carro metropolitano e veículo leve sobre trilhos - determinação dos níveis de ruído - método de ensaio. Rio de Janeiro, 1997. 3 p.

AVSAR, Y.; GONULLU, M. T. Determination of safe distance between roadway and school buildings to get acceptable school outdoor noise level by using noise barriers. **Building and Environment**, Oxford, v. 40, p. 1255-1260, 2005.

BALBO, J. T. 1996. **Rodovias e meio-ambiente**: alternativas de matéria prima físico-ambiental. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados - USP, 1996. 13 p. (Coleção Documentos. Série Ciências Ambientais, n. 24).

BARING, J. G. A. Acústica das janelas. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual técnico de caixilhos/janelas**: aço, alumínio, madeira, pvc, vidros, acessórios, juntas e materiais de vedação. São Paulo: Pini, 1991. p. 32-43.

BERGLUND, B. Community noise in a public health perspective. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 27., 1998, New Zealand. **Inter noise 98**: proceedings: sound and silence: setting the balance. New Zealand, 1998. v. 1, p. 19-24.

BISTAFÁ, S. R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 368 p.

BRADLEY, J. Sound Barriers. **Canadian Architect**, 2003. Disponível em: <http://www.cdnarchitect.com/issues/ISArticle.asp?id=100125&story_id=166813105904&issue=06012003&PC=CA> Acesso em: 07 abr. 2008.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Centro Gráfico do Senado Federal, 1988. 292 p.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 set. 1981. Seção I, p. 16.509.

_____. Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989. Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 jul. 1989. Seção I, p. 12.026-12.027.

BRASIL. Constituição (1988). Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 set. 1997. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/web/codigos/transito/htoc.htm>>. Acesso em: 18 out. 2007.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n.001, de 08 de março de 1990. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 abr. 1990a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>>. Acesso em: 10 jul.2006.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n.002, de 08 de março de 1990. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 abr. 1990b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>>. Acesso em: 10 jul.2006.

BRÜEL & KJAER. **2260 investigator systems & kits**. Dinamarca, 2006.16 p. Disponível em: < <http://www.bksv.com/pdf/Bg1239.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2008.

_____. **2260 outdoor gear type 3592**. Dinamarca, 1997. 6 p.

_____. **Architectural acoustics**. Dinamarca, 1978, 170 p.

_____. **Environmental noise**. Dinamarca, 2000-2001, 67 p.

_____. **Escala logarítmica**. 2006. Disponível em: <<http://www.bkpt.com/Literatura.htm>>. Acesso em: 22 mar. 2007.

_____. **Measuring sound**. Dinamarca, 1984. 42 p.

_____. **Outdoor microphone type 4198 and UA 1404**. Dinamarca, 2003. 8 p.

_____. **Software de análise sonora BZ 7201**. Dinamarca, 1994. 105 p.

CALIGIURI, L. M. The evaluation of uncertainty in urban traffic noise measurement according to the ISO "Guide". In: INTERNATIONAL CONGRESS AND EXPOSITION

ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 2005, Rio de Janeiro. **Inter-noise 2005**: proceedings. Rio de Janeiro, 2005. 1 CD-ROM.

CANADIAN ARCHITECT. **Environmental mediation**. Online. Disponível em: <http://www.cdnarchitect.com/asf/principles_of_enclosure/environmental_mediation/environmental_mediation.htm>. Acesso em: 05 jul. 2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/emissoes/ruído.asp>>. Acesso em: 20 mar. 2007.

DEL CARLO, U. **Ruído urbano**. 1979. 1 v. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. Secretaria dos Transportes. Disponível em: <<http://www.der.sp.gov.br>>. Acesso em: 18 jul. 2006.

FESTA, M.; INSTITUTO ASTRONÔMICO E GEOFÍSICO. Universidade de São Paulo. **Publicação eletrônica** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <cristina.kawakita@poli.usp.br> em 09 de jun. 2006.

FIDELL, S. Nationwide urban noise survey. **The Journal of the Acoustical Society of America**, New York, v. 64, n. 1, p. 198-205, 1978.

FÓRUM PELA SOBREVIVÊNCIA SAUDÁVEL DO EIXO METROPOLITANO
RAPOSO TAVARES, 1., 2007, Granja Viana, Cotia. Disponível em: <<http://www.acepropaganda.com.br/forum/empresarios/folheto.html>>. Acesso em 10 de dez. 2007.

GIL, F. V. Las carreteras: sus efectos sobre las águas. In: SIMPOSIO SOBRE CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE, 2., 1992, Las Palmas de Gran Canaria, Madrid. **Anais...** Madrid: Asociacion Tecnica de Carreteras, 1993. p. 197-213.

GONZÁLEZ, A. E.; CARDOZO, M. G.; ROCAMORA, E. P; BRACHO, A. A. Urban noise: measurement time and modeling of noise levels in three different cities. In: INTERNATIONAL CONGRESS AND EXPOSITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 2005, Rio de Janeiro. **Inter-noise 2005**: proceedings. Rio de Janeiro, 2005. 1 CD-ROM.

GOOGLE Earth™. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em: 1 dez. 2005.

GUIA MAPOGRAF, O.: São Paulo e municípios. São Paulo: Ed. Mapograf, 2002. Escala: 1:12.500.

HARRIS, C. M. **Noise control in buildings**: a practical guide for architects and engineers. New York: McGraw-Hill, c1994. 1 v.

HOOD, R. A. Accuracy of calculation of road traffic noise. **Applied Acoustics**, Amsterdam, n. 21, p. 139 -146, 1987.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 651, type 1**: Sound level meters. Switzerland, 1979. 73 p.

_____. **IEC 942**: Sound calibrators. Denmark, 1988.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <<http://athos.inmet.gov.br/html/observacoes.php>>. Acesso em: 16 ago.2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 140V**: measurements of sound insulation in buildings and of buildings elements. Suíça, 1978. 20 p.

_____. **ISO 362**: measurement of noise emitted by accelerating road vehicles - engineering method - part 1: M and N categories. Suíça, 2007. 55 p.

_____. **ISO 1996/1**: acoustics: description and measurements of environmental noise. part 1: basic quantities and procedures, 1996/1. Suíça, 1982. 5 p.

_____. **ISO 1996/2**: acoustics: description and measurements of environmental noise - part 2: acquisition of data pertinent to land use, 1996/2. Suíça, 1987. 7 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/3**: acoustics: description and measurements of environmental noise. part 3: application to noise limits, 1996/3. Suíça, 1987. 3 p.

_____. **ISO 9613-1**: acoustics - attenuation of sound during propagation outdoors - part 1: calculation of the absorption of sound by the atmosphere, 1993. 26 p.

KURRA, S.; TAMER, N. Rating criteria for façade insulation against transportation noise sources. **Applied Acoustics**, Amsterdam, n. 40, p. 213 -237, 1993.

LARSSON, C. Atmospheric absorption conditions for horizontal sound propagation. **Applied Acoustics**, Amsterdam, v. 50, n. 3, p. 231-245, 1997.

LING, M. K. et al. **The 1999/2000 national survey of attitudes to environmental noise**: volume 1 – methodology. United Kingdom, 2002. Disponível em <<http://www.defra.gov.uk/environment/noise/research.htm>>. Acesso em: 03 out. 2006

MOURA-DE-SOUSA, C. **Ruído urbano**: níveis de pressão sonora na cidade de São Paulo. 2002. 127 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MURGEL, E. Acústica rodoviária – fundamentos e medidas de controle. **Revista Infraestrutura**, São Paulo, n. 2, 1999.

MUZET, A. Environmental noise, sleep and health. **Sleep Medicine Reviews**, Amsterdam, n. 11, p. 135-142, 2007.

NAGEM, M. P. **Mapeamento e análise do ruído ambiental**: diretrizes e metodologia. 2004. 119 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

NEPOMUCENO, L. A. **Elementos de acústica física e psicoacústica**, São Paulo: Edgard Blücher, 1994. iii, 104 p.

NETO, M. F. F. **Estudo de barreiras acústicas ao ar livre, sob a perspectiva de eficiência e qualidade sonora**. 2002. 104 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

NIST REFERENCE ON CONSTANTS, UNITS AND UNCERTAINTY, THE. **National institute of standards and technology**. Disponível em: <<http://physics.nist.gov/cuu/Uncertainty/coverage.html>>. Acesso em: 27 jul. 2006.

ORNSTEIN, S. W. Programa[ação] de necessidades e para a manutenção, operação e gerenciamento do ambiente construído: aproveitando o potencial da Avaliação Pós-Ocupação. In: CASTRO, J.; LACERDA, L.; PENNA, A. P. **Avaliação pós-ocupação-APO**: saúde nas edificações da FIOCRUZ. Rio de Janeiro: FIOCRUZ. 2004. 116 p.

PEIXOTO, J. G. P; ALMEIDA, C. E. Avaliação da incerteza na implantação de um sistema de calibração na faixa da mamografia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METROLOGIA, 3., 2003, Recife. **Anais...** Recife: ABM, 2003. Disponível em <http://www.metrologia2003.org.br/anais_congresso/MA0184.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2006.

PIMENTEL-SOUZA, F. A poluição sonora ataca traiçoeiramente o corpo. In: ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE. **Meio ambiente em diversos enfoques**. Belo Horizonte: Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Secretaria Municipal da Educação, 1992a. p. 24-26. Apostila Projeto Jambreiro.

_____. Efeitos da poluição sonora no sono e na saúde em geral - ênfase urbana. **Revista Brasileira de Acústica e Vibrações**, Florianópolis, v. 10, p. 12-22, 1992b. Disponível em <<http://www.icb.ufmg.br/lpf/2-1.html>>. Acesso em: 09 jan.2007.

PRINCETON ONLINE. **Impacts of and alternatives to the formerly proposed millstone bypass**. Online. Disponível em: <<http://www.princetonol.com/groups/stop/impalt.htm>>. Acesso em: 04 jul. 2007.

REA, L. M.; PARKER, R. A. **Designing and conducting survey research: a comprehensive guide**. 2. ed. São Francisco: Jossey-Bass, 1997. 254 p.

REARDON, C. et al. **Your home**. 3. ed. Austrália, 2005. Technical Manual. Disponível em: <<http://www.greenhouse.gov.au/yourhome/technical/fs53.htm>>. Acesso em: 26 out. 2007.

REIS, N. G. **Memória do transporte rodoviário**: desenvolvimento das atividades rodoviárias de São Paulo. São Paulo: CPA Consultoria de projetos e Artes, 1996. 149 p.

RIBEIRO, E. **No caminho do sul, de vila a cidade, a criação de um centro/subcentro**: Bairro Barcelona. Goiânia, 2004. Disponível em: <<http://www.igeo.uerj.br/VICBG-2004/Eixo1/e1-061.HTML>>Acesso em: 25 out. 2006.

ROADS IN JAPAN. **Realizing sustainable society**. Tóquio, online. Disponível em: <http://www.mlit.go.jp/road/road_e/contents02/2-3-1.html>. Acesso em: 04 jul. 2007

ROCHA JR, B. **Aparelhos sensoriais - ouvido**. Online. Disponível em: <http://www.corpohumano.hpg.ig.com.br/apr_sensoriais/ouvido/ouvido.html>. Acesso em 21 mar. 2007.

RODRIGUES, R. M. G. C.; CARVALHO, A. P. O. Practical methodology for fast environmental field measurements. In: FORUM ACUSTICUM, 2002, Sevilla, Spain. **Proceedings...** Stuttgart: Hirzel, 2002. Disponível em <<http://www.fe.up.pt>>. Acesso em: 10 jul. 2006.

ROMANINI, P. U. **Rodovias e meio ambiente**: principais impactos ambientais, incorporação da variável ambiental em projetos rodoviários e sistema de e gestão ambiental. 2000. 2 v. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ROMÉRO, M. A.; ORNSTEIN, S. W. **Avaliação pós-ocupação**: métodos e técnicas aplicados à habitação social. Porto Alegre: ANTAC, 2003. 294 p. Disponível em <http://www.habitare.org.br/publicacao_colecao1.aspx>. Acesso em: 27 ago. 2007.

SALVO, M. P. A explosão da Raposo. **Veja**, São Paulo, ed. 2036, p.48, 28 nov. 2007.

SANTOS, J. C. L. **Barulho, mas que barulho!** Disponível em: <<http://www.pitoresco.com.br/consultoria/variedades/05.htm>>. Acesso em: 09 jan. 2007.

SÃO PAULO (Cidade). Lei nº 11.501, de 11 de abril de 1994. Dispõe sobre o controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora; impõe penalidades, e dá outras providências (Projeto de Lei n. 707/93, do Vereador Roberto Tripoli). **Diário Oficial da Cidade de São Paulo**, São Paulo, 12 abr. 1994. Folha 1. Disponível em: <http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/meio_ambiente/legislacao/0072>. Acesso em: 18 out. 2007.

SÃO PAULO (Cidade). Lei nº 11.780, de 30 de maio de 1995. Dispõe sobre as obrigações do Poder Público Municipal e dos proprietários ou incorporadores de edificações, no controle da poluição sonora do Município de São Paulo, e dá outras providências. **Diário Oficial da Cidade de São Paulo**, São Paulo, 31 mai.1995. Folha 1. Disponível em: <<http://www.poluicaosonora.adm.br/11780.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2007.

_____. Lei nº 11.804, de 19 de junho de 1995. Dispõe sobre avaliação da aceitabilidade de ruídos na Cidade de São Paulo, visando o conforto da comunidade, revoga a Lei n. 8.106(1), de 30 de agosto de 1974 e seu Decreto Regulamentar n. 11.467(2), de 30 de outubro de 1974 (Projeto de Lei n. 870193, do Vereador Adriano Diogo). **Diário Oficial da Cidade de São Paulo**, São Paulo, 20 jun. 1995. Folha 1. Disponível em: <http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/meio_ambiente/legislacao/0063>. Acesso em: 18 out. 2007.

SÃO PAULO (Cidade). Lei nº 11.986, de 16 de janeiro de 1996. Altera dispositivos da Lei n. 11.501 de 11 de abril de 1994 que dispõe sobre o controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora; impõe penalidades, e dá outras providências. **Diário Oficial da Cidade de São Paulo**, São Paulo, 17, jan. 1996. Folha 1. Disponível em: <http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/meio_ambiente/legislacao/0051>. Acesso em: 18 out. 2007.

_____. Prefeitura da Cidade de São Paulo. **Butantã**: terra firme para a ciência, a educação e os contrastes sociais. Online. Disponível em: <<http://portal.prefeitura.sp.gov.br/subprefeituras/spbt/dados/historico/0003>> Acesso em: 25 out.2006.

_____. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Secretaria Municipal de Planejamento Urbano. **Atlas ambiental de São Paulo**. Disponível em: <<http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br>>. Acesso em: 30 out. 2006.

SCHOLES, W. E.; SALVIDGE, A. C.; SARGENT, J. W. Field performance of a noise barrier. **Journal of Sound and Vibration**, London, v. 16, n. 4, p. 627-642, 1971.

SILVA, P. **Acústica arquitetônica & condicionamento de ar**. Belo Horizonte: EDTAL, 2002. 303 p.

SOUZA, B.; FREITAS, A. População ignora risco de ruídos, diz médico. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 14 jul. 2004. Urbanismo, Cidades, p.C3.

TARRIO, F. R. Ruido: medidas correctoras: experiencias. In: SIMPOSIO NACIONAL SOBRE CARRETERAS Y MEDIO AMBIENTE, 2., 1992, Las Palmas de Gran Canaria, Madrid. **Anais...** Madrid: Asociacion Tecnica de Carreteras, 1993. p. 97-109.

TAVARES, B.; DINIZ, L. SP é a quarta no ranking mundial do barulho. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 4 out. 2004. Cidades.p.C1.

THURMANN, A.; MILLER, R. K. **Fundamentals of noise control engineering**. 2. ed. Liuburn: The fairmont Press, 1990. 295 p.

US 202 SECTION 300. **Sound principles about traffic noise**. Online. Disponível em: <<http://www.us202.com>>. Acesso em: 24 maio 2005.

WAY, J. M. Roadside verges and conservation in Britain: review. **Biological Conservation**, v. 12, p. 65-74, 1977.

WEATHERHAWK. Online. Disponível em: <<http://www.weatherhawk.com>>. Acesso em: 31 out. 2006.

WORLD HEALTH ORGANISATION. **Guidelines for community noise**. 2000. Disponível em: <<http://www.who.int/docstore/peh/noise/gu>>

ANEXOS

ANEXO A – LEGISLAÇÕES E NORMAS QUANTO À POLUIÇÃO SONORA

Normas internacionais

A norma ISO 9613.1: "Acoustics – attenuation of sound during propagation outdoors" (Part 1) (1993) fornece um método para o cálculo da atenuação do som quando a propagação do ruído ocorre em ambientes externos, livres de barreiras e é aplicado em fontes de ruído de rodovias.

"A norma ANSI S1.26 - American National Standards Institute: method for the calculation of the absorption of sound by the atmosphere tem como objetivo fornecer um método para estimar a absorção de energia sonora pela atmosfera. Serve para situações onde a fonte seja móvel ou estacionária e condições atmosféricas normalmente encontradas" (ANDRADE, S.M.M., 2004, Anexo 1)

Outras legislações e normas federais

A Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação (BRASIL, 1981).

O Artigo 225, Capítulo VI da Constituição Brasileira, de 5 de outubro de 1988, estabelece que "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações" (BRASIL, 1988).

A Lei Nº 7.804, de 18 de julho de 1989, modifica a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e

mecanismos de formulação e aplicação, a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989 e a Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980 (BRASIL, 1989).

A NBR-7731 intitulada “Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seus efeitos sobre o homem” fixa as condições gerais e as grandezas para a medição e avaliação do ruído aéreo e para a avaliação dos seus efeitos no homem (ABNT, 1983).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução nº1, de 08 de março de 1990 (BRASIL, 1990a), considerando que os problemas de níveis excessivos de ruídos estão sujeitos ao Controle da Poluição de Meio Ambiente e que a deterioração da qualidade de vida agrava-se cada vez mais nos centros urbanos, estabelece critérios e diretrizes com aplicação em todo o território nacional, vinculados à Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e ao Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN).

Outras normas da ABNT que também estão relacionadas com o ruído veicular são a NBR 5535 (11/1981): “Buzinas para veículos rodoviários automotores - Requisitos acústicos” e a NBR 13067 (11/1997): “Carro metropolitano - Determinação dos níveis de ruído - Método de ensaio”.

O Código de Trânsito Brasileiro – CTB (Lei nº 9503, de 23/09/1997) estabelece o controle de emissão de ruídos dos veículos que deverão ser avaliados através de inspeção periódica obrigatória.

Legislações do município de São Paulo

A Lei Nº 11.501 , de 11 de abril de 1994, dispõe sobre o controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora e impõe penalidades.

A Lei Nº 11.780 , de 30 de maio de 1995, dispõe sobre as obrigações do Poder Público Municipal e dos proprietários ou incorporadores de edificações, no controle da poluição sonora do Município de São Paulo.

A Lei Nº 11.804, de 19 de junho de 1995, dispõe sobre avaliação da aceitabilidade de ruídos na cidade de São Paulo, visando o conforto da comunidade,

revoga a Lei n. 8.106, de 30 de agosto de 1974 e seu Decreto Regulamentar nº 11.467, de 30 de outubro de 1974.

A Lei Nº 11.986, de 16 de janeiro de 1996, modifica dispositivos da Lei nº 11.501, de 11 de abril de 1994, que dispõe sobre o controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora e impõe penalidades.

ANEXO B – METODOLOGIAS PARA O MAPEAMENTO DE RUÍDO AMBIENTAL

Número de Pontos	Dias de medição	Horários de medição	Duração das Medições	Fonte Bibliográfica
5 grupos com 10 pontos em cada	Medição constante durante 2 semanas.	24 horas por dia	Dados de hora em hora	ALBEROLA, FLINDELL e BULLMORE, 2005.
Malha triangular Distância entre os nós: 450m 28 pontos	Terças, quartas e quintas, exceto feriados	7:00 às 19:00	Medição contínua de 12h	NAGEM, 2004
* 5 pontos com monitores acústicos fixos	Medição constante durante todos os dias dos anos de 1998, 1999 e 2000.	24 horas por dia	Dados de hora em hora	BORTOLI e KRÜGER, 2003
* 17 pontos	Terças, quartas e quintas Dias típicos	14:00 às 16:00	4 medidas de 12 minutos para cada ponto	LOURA e VALADARES, 2003
* 14 pontos distribuídos em diferentes bairros	Dia de semana típico Terça, quarta e quinta-feira	24 horas de medição	Dados horários e de 15 em 15 minutos	MAIA e SATTTLER, 2003
* Quadrícula de 400x400m		7:00 às 22:00 7:00 às 11:00 11:00 às 15:00 15:00 às 19:00 19:00 às 22:00	15 minutos de medição a cada hora	MORAES e LARA, 2003
* 9 pontos 250m um do outro	Dias úteis. Segunda à sexta-feira	Horário comercial 8:00 às 18:30 manhã 8:00-11:00 intermediário 12:00-15:00 tarde 16:00-18:00	30 minutos a cada hora	MORAES et al, 2003
* 22 no período diurno e 5 no período noturno	Dias úteis	11:40 às 13:40 21:00 às 23:00	10 em 10 segundos durante 2 horas calculados depois, de hora em hora	SOUZA, ANDRADE e CRUZ, 2003

Número de Pontos	Dias de medição	Horários de medição	Duração das Medições	Fonte Bibliográfica
	Todos os dias da semana	24 horas de medição	Intervalos de 1 minuto	RODRIGUES e CARVALHO, 2002
*		6:00 às 8:00 18:00 às 19:00 19:00 às 20:00 21:00 às 23:00	Amostra a cada 10 minutos 6 horas diárias	VALADARES e PAULA, 2000
*		8:00 às 9:00 11:00 às 12:00 19:00 às 20:00 22:00 às 23:00	Em cada hora 20 minutos de gravação 5,10 e 15 minutos	GAVINOWICH e RUFFA, 2000.
* Desvio de 6dB: 300m entre os pontos >6dB: pontos mais próximos <6dB: pontos mais dispersos	Dias com e sem movimento	Horário de pico em sua totalidade Medidas representativas dos períodos diurno e noturno	15 em 15s leitura instantânea durante 15 minutos 60 leituras por medida	MENDEZ e BASSO, 1998
* Lugares sensíveis		7:00 às 10:00 18:00 às 22:00 1:00 às 5:00	10 a 15 minutos de medição	BUCHI e NUÑES, 1998
* Malha triangular	Terças, quartas e quintas	7:00 às 9:00 17:00 às 19:00 Horário de pico	5 minutos	PALHARES, VECCI e PAVANELLO, 1998
*		7:00 às 11:00 manhã 18:00 às 21:00 tarde 00:00 às 3:00 noite	10 a 15 minutos	SUÁREZ e PÉREZ, 1998
*	Dias com e sem movimento	8:00 às 14:30 17:00 às 21:00 00:00 às 04:00	10 minutos durante todas as horas	DIAZ et al, 1998
*	Sábado-diurno Sábado-noturno Terça / quinta-noturno	3 horários em cada ponto	3 medidas de 5 a 15 minutos em cada ponto	SATTLER, 1998
* Malha triangular: 10 a 1000m entre os nós	Terça, quarta e quinta sem feriados	Horário de pico		PALHARES et al, 1996
* Malha triangular: 500 a 2000m dependendo da densidade da população	Dias úteis	Durante o período diurno	Medições de curta duração	COELHO, VALADAS e GUEDES, 1996

Número de Pontos	Dias de medição	Horários de medição	Duração das Medições	Fonte Bibliográfica
*	Dia típico Dias da semana	7:00 às 9:00 17:00 às 19:00 Horário de pico	30 a 45 minutos	BELDERRAIN, 1995
*	De segunda a sexta	8:00 às 18:00	10 em 10s durante 15 minutos 90 medições	ALVARES e SOUZA, 1992
24		9:00 às 14:00 20:00 às 24:00	3 minutos	KRAEGE, 1952

Fonte: * Nagem, 2004, p.29, 30

No Anexo C são apresentados alguns programas de computador utilizados para o mapeamento de ruído.

ANEXO C – SOFTWARES PARA MAPEAMENTO DE RUÍDO

A seguir são apresentados alguns programas de computador utilizados para o mapeamento de ruído.

7810 Predictor

Fabricante: Brüel & Kjær

Características: Permite o cálculo e análise do ruído de várias fontes tais como o ruído industrial ou de tráfego. Pode ser usado para aplicações que variam das avaliações de impacto em escala reduzida ao mapeamento de grandes aglomerações.

7812 Lima

Fabricante: Brüel & Kjær

Características: Inclui manipulação avançada de dados, manipulação geométrica e permite a execução de cálculos rápidos.

CadnaA (*Computer Aided Noise Abatement*)

Fabricante: DataKustik

Características: Software para cálculo, apresentação, avaliação e predição do ruído ambiental.

Custic

Fabricante: Canarina Algoritmos Numericos

Características: O programa calcula o nível de ruído em cada ponto do espaço considerando cada uma das fontes e condições atmosféricas.

IMMI

Fabricante: Wölfel

Características: Software para mapeamento da poluição ambiental que integra propagação externa do som (o ruído do tráfego rodoviário, ferroviário, industrial e recreacional) e modelagem da dispersão do ar (gases, poeira, odores).

NoiseMap

Fabricante: Atkins

Características: Permite modelos de grandes dimensões e inclui funções para mapeamento avançado do ruído, secções transversais, visão 3D e a importação digital automatizada do mapa.

SoundPLAN

Fabricante: Braunstein + Berndt GmbH

Características: Oferece módulos de avaliação do ruído e da poluição do ar, com cálculos e gráficos.

ANEXO D – QUESTIONÁRIO

NÚMERO DE SÉRIE	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Endereço: _____
DATA DA ENTREVISTA	<input type="text"/> <input type="text"/> / <input type="text"/> <input type="text"/> / <input type="text"/> <input type="text"/>	
HORA DE INÍCIO DA ENTREVISTA	<input type="text"/> <input type="text"/> : <input type="text"/> <input type="text"/>	Utilizando relógio de 24 horas.
HORA DE TÉRMINO DA ENTREVISTA	<input type="text"/> <input type="text"/> : <input type="text"/> <input type="text"/>	Utilizando relógio de 24 horas.

REGISTRO 1 - A PARTIR DE OBSERVAÇÃO**1. TIPO DE HABITAÇÃO**

- ☐ **A** Casa independente térrea
☐ **B** Casa independente com 2 pavimentos
☐ **C** Casa independente com 3 ou mais pavimentos
☐ **D** Casa geminada térrea
☐ **E** Casa geminada com 2 pavimentos
☐ **F** Casa geminada com 3 ou mais pavimentos
☐ **G** Prédio de apartamentos
☐ **H** Outros _____

2. EXISTÊNCIA DE JARDIM OU SACADA

- ☐ **A** Sim - jardim
☐ **B** Sim - sacada
☐ **C** Não - nenhum dos dois

3. LOCALIZAÇÃO - A habitação está a até 50 metros de...

- ☐ **A** Semáforos
☐ **B** Faixas de pedestre
☐ **C** Lombadas
☐ **D** Outros _____
☐ **E** Nenhum

4. LOCALIZAÇÃO - Distância do muro frontal à margem da rodovia:

- ☐ **A** Até 5m
☐ **B** Mais de 5m à 10m
☐ **C** Mais de 10m à 20m
☐ **D** maior do que 20m

CLASSIFICAÇÃO**5. IDADE** - A qual grupo você pertence? (MOSTRAR CARTÃO)

- ☐ **A** 16 - 18 anos
☐ **B** 19 - 24 anos
☐ **C** 25 - 34 anos
☐ **D** 35 - 44 anos
☐ **E** 45 - 54 anos
☐ **F** 55 - 64 anos
☐ **G** mais de 65 anos

6. SEXO

- ☐ **A** Masculino
☐ **B** Feminino

7. CLASSE SOCIAL - Qual é a ocupação do(a) chefe de família?OCUPAÇÃO **8. REGIME DE PROPRIEDADE** - (MOSTRAR CARTÃO) Qual aplica-se à sua habitação?

- ☐ **A** Própria
☐ **B** Alugada
☐ **C** Outros _____

9. TEMPO DE PROPRIEDADE - Há quanto tempo mora nesta casa/apto? (MOSTRAR CARTÃO)

- ☐ **A** Menos do que 6 meses
☐ **B** Mais de 6 meses a 1 ano
☐ **C** Mais 1 a 2 anos
☐ **D** Mais de 2 anos

REGISTRO 2

10. No geral, você gosta de morar nesta área?

- ☐ **A** Sim.
☐ **B** Não.
☐ **C** Não sabe.

11. O que mais o/a agrada, em particular, nesta vizinhança? **(PERGUNTA ABERTA)**

- ☐ **A** Alguma menção à quietude/tranquilidade.
☐ **B** Menção a alguma outra característica que não seja o som. Qual? _____
☐ **C** Nada.
☐ **D** Não sabe.

12. O que mais o/a desagrada, em particular, nesta vizinhança? **(MOSTRAR CARTÃO)**

- ☐ **A** Barulho.
☐ **B** Falta de áreas verdes.
☐ **C** Distante do local de trabalho.
☐ **D** Infra-estrutura insuficiente (água, luz, esgoto, transporte).
☐ **E** Outros. Qual? _____

13. Quando você está dentro de casa, você ouve algum dos seguintes barulhos? **(MOSTRAR CARTÃO)**

- ☐ **A** Barulho de avião, helicópteros
☐ **B** Barulho da rodovia
☐ **C** Barulho dos vizinhos
☐ **D** Barulho de fábricas
☐ **E** Barulho de estabelecimentos comerciais (supermercados, shopping centers)
☐ **F** Nenhum barulho em especial.
☐ **G** Outros. Qual? _____

14. Que tipo de veículo você escuta quando está em casa? **(MOSTRAR CARTÃO)**

- ☐ **A** Caminhões
☐ **B** Ônibus
☐ **C** Carros
☐ **D** Motocicletas
☐ **E** Outros. Qual? _____

15. Que tipo de barulho você escuta quando está em casa? **(MOSTRAR CARTÃO)**

- ☐ **A** Veículos dando a partida.
☐ **B** Breque.
☐ **C** Sirenes.
☐ **D** Barulho causado por irregularidade na pista (buracos, etc.)
☐ **E** Outros. Qual? _____

16. Quais desses tipos de barulho você ouve de vizinhos e pessoas próximas? (MOSTRAR CARTÃO)

- ☐ A Rádio / TV
- ☐ B Aspirador de pó, máquina de lavar roupa.
- ☐ D Latido de cães / Outros animais.
- ☐ E Não ouve nenhum barulho.
- ☐ E Outros. Qual? _____

17. Em que parte da sua casa você ouve barulho? (MOSTRAR CARTÃO)

- ☐ A Quarto.
- ☐ B Sala.
- ☐ C Cozinha.
- ☐ D Outros. Qual? _____

18. Em que parte da sua casa o barulho é pior? (MOSTRAR CARTÃO)

- ☐ A Quarto.
- ☐ B Sala.
- ☐ C Cozinha.
- ☐ D Outros. Qual? _____

19. A que horas do dia você ouve barulho em sua casa? (MOSTRAR CARTÃO)

- ☐ A 7h às 19h.
- ☐ B 19h às 23h.
- ☐ C 23h às 7h.

20. Quando o barulho é pior? (MOSTRAR CARTÃO)

- ☐ A 7h às 19h.
- ☐ B 19h às 23h.
- ☐ C 23h às 7h.

21. Quando tempo dura o barulho? (MOSTRAR CARTÃO)

- ☐ A O dia todo.
- ☐ B A maior parte do dia.
- ☐ C Cerca de metade do dia
- ☐ D Menos que a metade do dia.
- ☐ E Pouco tempo.

22. Com que frequência você ouve barulho em sua casa? (MOSTRAR CARTÃO)

- ☐ A Nunca.
- ☐ B Raramente.
- ☐ C Quase sempre.
- ☐ D Sempre.

23. O barulho da rodovia... (MOSTRAR CARTÃO)

- ☐ A irrita.
☐ B incomoda.
☐ C é tolerável.
☐ D não é percebido.

24. Na minha casa, o barulho da rodovia... (MOSTRAR CARTÃO)

- ☐ A atrapalha ao assistir TV / ouvir música.
☐ B atrapalha nas conversas e ao telefone.
☐ C distrai-me nos estudos, na leitura, na escrita.
☐ D afeta o meu sono.
☐ E Outros. Qual? _____
☐ F Não me afeta

25. Pessoalmente, o barulho da rodovia... (MOSTRAR CARTÃO)

- ☐ A impede a minha concentração.
☐ B deixa-me agressivo.
☐ C deixa-me cansado.
☐ D Outros. Qual? _____
☐ E Não me afeta.

26. Que ações toma para tentar reduzir o barulho?

27. Possui alguma doença relacionada ao barulho?

OBSERVAÇÕES: _____

Estas informações, fornecidas por meio de questionários, serão utilizadas para fins exclusivamente acadêmicos, para pesquisa do Programa de Pós-Graduação da Escola Politécnica da USP.

ANEXO E – CARTÕES DE RESPOSTAS**Q5.**

- A** 16 - 18 anos
- B** 19 - 24 anos
- C** 25 - 34 anos
- D** 35 - 44 anos
- E** 45 - 54 anos
- F** 55 - 64 anos
- G** mais de 65 anos

Q8.

- A** Própria
- B** Alugada
- C** Outros _____

Q9.

- A** Menos do que 6 meses
- B** Mais de 6 meses a 1 ano
- C** Mais de 1 a 2 anos
- D** Mais de 2 anos

Q12.

- A** Barulho.
- B** Falta de áreas verdes.
- C** Distante do local de trabalho.
- D** Infra-estrutura insuficiente (água, luz, esgoto, transporte).
- E** Outros. Qual? _____

Q13.

- A** Barulho de avião, helicópteros
- B** Barulho da rodovia
- C** Barulho dos vizinhos
- D** Barulho de fábricas
- E** Barulho de estabelecimentos comerciais (supermercados, shopping centers)
- F** Nenhum barulho em especial.
- G** Outros. Qual? _____

Q14.

- A** Caminhões
- B** Ônibus
- C** Carros
- D** Motocicletas
- E** Outros. Qual? _____

Q15.

- A** Veículos dando a partida.
- B** Breque.
- C** Sirenes.
- D** Barulho causado por irregularidade na pista (buracos, etc.)
- E** Outros. Qual? _____

Q16.

- A** Rádio / TV
- B** Aspirador de pó, máquina de lavar roupa.
- C** Latido de cães / Outros animais.
- D** Não ouve nenhum barulho.
- E** Outros. Qual? _____

Q17.

- A** Quarto.
- B** Sala.
- C** Cozinha.
- D** Outros. Qual? _____

Q18.

- A** Quarto.
- B** Sala.
- C** Cozinha.
- D** Outros. Qual? _____

Q19.

- A** 7h às 19h.
- B** 19h às 23h.
- C** 23h às 7h.

Q20.

- A** 7h às 19h.
- B** 19h às 23h.
- C** 23h às 7h.

Q21.

- A** O dia todo.
- B** A maior parte do dia.
- C** Cerca de metade do dia
- D** Menos que a metade do dia.
- E** Pouco tempo.

Q22.

- A** Nunca.
- B** Raramente.
- C** Quase sempre.
- D** Sempre.

Q23.

- A** irrita.
- B** incomoda.
- C** é tolerável.
- D** não é percebido.

Q24.

- A** atrapalha ao assistir TV / ouvir música.
- B** atrapalha nas conversas e ao telefone.
- C** distrai-me nos estudos, na leitura, na escrita.
- D** afeta o meu sono.
- E** Outros. Qual? _____
- F** Não me afeta.

Q25.

- A** impede a minha concentração.
- B** deixa-me agressivo.
- C** deixa-me cansado.
- D** Outros. Qual? _____
- E** Não me afeta.

ANEXO F – NUMERAÇÃO

ANEXO G – PERFIL DO TRECHO DO KM 10 (ANO 2007)

- **Tipo de habitação:** a maior parte dos moradores entrevistados neste trecho (47%) mora em casa independente com 2 pavimentos.
- **Existência de jardim ou sacada:** todas as habitações dos entrevistados possuem um jardim e/ou sacada.
- **Localização:** nenhuma habitação encontrava-se até 50m de semáforos, faixas de pedestre ou lombadas.
- **Distância:** em todas as habitações, a distância do muro frontal à margem da rodovia era maior do que 20m.
- **Idade:** a maior parte dos moradores entrevistados (84%) possuía mais do que 35 anos de idade.
- **Sexo:** a maior parte dos moradores entrevistados (77%) era do sexo feminino.
- **Ocupação:** a maior parte dos moradores entrevistados (36%) era composta por aposentados ou empregadas domésticas.
- **Regime de propriedade:** todos os entrevistados moram em casa própria.
- **Tempo de propriedade:** todos os moradores entrevistados moravam na respectiva habitação por mais de 2 anos, isto é, tinham familiaridade com a região.
- **Vizinhança:** Todos os entrevistados deste trecho gostam de morar na área.
- **O que mais agrada:** A maior parte dos entrevistados (60%) fez menção à tranquilidade como um fator que mais agrada neste trecho da vizinhança.
- **O que mais desagrada:** Em desacordo com o item que mais agrada, para a todos os entrevistados o barulho é o fator que mais desagrada neste trecho da vizinhança.
- **Ruídos ouvidos dentro da habitação:** O ruído mais ouvido dentro das habitações são aqueles provenientes do tráfego rodoviário e aéreo.
- **Veículos ouvidos dentro da habitação:** Caminhões, ônibus, carros e motocicletas são ouvidos em proporção semelhantes dentro da habitação.
- **Tipo de ruído:** O ruído proveniente de veículos mais escutado dentro da habitação é o ruído de breque e de sirenes (56%).
- **Ruído ouvido de vizinhos e pessoas próximas:** A maior parte dos entrevistados (57%) ouve latidos proveniente de cães de vizinhos.

- **Partes da habitação atingidas pelo ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (56%) o ruído atinge a sala.
- **Onde o ruído é pior:** Para metade dos entrevistados o ruído é pior na sala. Isso se dá, pois provavelmente estes cômodos estejam na parte frontal da habitação tendo maior contato com a rodovia.
- **Horário:** O ruído é mais percebido no período da noite (90%).
- **Quando o ruído é pior:** O período das 19h às 23h é considerando predominantemente pior em relação ao ruído.
- **Duração do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (62%) o ruído dura o dia todo.
- **Frequência do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (85%) o ruído é quase sempre ouvido dentro da habitação.
- **Reação ao ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (62%) é tolerável.
- **Efeitos do ruído na habitação:** Para mais da metade dos entrevistados (51%) o ruído afeta de forma negativa suas atividades diárias.
- **Efeitos psicológicos do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (92%) o ruído não provoca consequências negativas em seu bem-estar.
- **Ações tomadas para a redução de ruído:** Metade dos entrevistados não toma nenhuma providência para tentar reduzir o ruído em sua habitação.
- **Doenças relacionadas ao ruído:** Nenhum dos entrevistados afirmou possuir alguma doença que possa estar relacionada ao ruído.

ANEXO H – PERFIL DO TRECHO DO KM 10,5 (ANO 2007)

- **Tipo de habitação:** a maior parte dos moradores entrevistados neste trecho (89%) mora em casa independente térreas. Nenhum dos entrevistados mora em casa geminada.
- **Existência de jardim ou sacada:** a maior parte das habitações dos entrevistados (61%) possui um jardim e/ou sacada.
- **Localização:** nenhuma habitação encontrava-se até 50m de semáforos, faixas de pedestre ou lombadas.
- **Distância:** na maior parte das habitações (94%), a distância do muro frontal à margem da rodovia era maior do que 20m.
- **Idade:** a maior parte dos moradores entrevistados (88%) possuía mais do que 35 anos de idade.
- **Sexo:** a maior parte dos moradores entrevistados (78%) era do sexo feminino.
- **Ocupação:** a maior parte dos moradores entrevistados (65%) era composta por aposentados ou donas de casa.
- **Regime de propriedade:** a maior parte dos entrevistados (72%) mora em casa própria.
- **Tempo de propriedade:** a maior parte dos moradores entrevistados (78%) moravam na respectiva habitação por mais de 2 anos, isto é, tinham familiaridade com a região.
- **Vizinhança:** a maior parte dos entrevistados deste trecho (94%) gosta de morar na área.
- **O que mais agrada:** A maior parte dos entrevistados (94%) fez menção à tranquilidade como um fator que mais agrada neste trecho da vizinhança.
- **O que mais desagrada:** Em desacordo com o item que mais agrada, para mais da metade dos entrevistados (52%) o barulho é o fator que mais desagrada neste trecho da vizinhança.
- **Ruídos ouvidos dentro da habitação:** Para a maior parte dos entrevistados (84%), o ruído mais ouvido dentro das habitações são aqueles provenientes do tráfego rodoviário e aéreo.
- **Veículos ouvidos dentro da habitação:** Os veículos mais ouvidos dentro da habitação (64%) são caminhões e motocicletas.

- **Tipo de ruído:** O ruído proveniente de veículos escutado por mais da metade dos entrevistados (55%) dentro da habitação é o ruído de breque e de sirenes.
- **Ruído ouvido de vizinhos e pessoas próximas:** Mais da metade dos entrevistados (58%) ouve algum ruído proveniente de vizinhos.
- **Partes da habitação atingidas pelo ruído:** Para mais da metade dos entrevistados (54%) o ruído atinge a sala.
- **Onde o ruído é pior:** Para mais da metade dos entrevistados (53%) o ruído é pior na sala. Isso se dá, pois provavelmente estes cômodos estejam na parte frontal da habitação tendo maior contato com a rodovia.
- **Horário:** O ruído é percebido mais no período das 7h às 23h.
- **Quando o ruído é pior:** Para mais da metade dos entrevistados (55%), o ruído é pior das 19h às 23h.
- **Duração do ruído:** Para mais da metade dos entrevistados (56%) o ruído dura o dia todo.
- **Frequência do ruído:** Para mais da metade dos entrevistados (55%), o ruído é ouvido quase sempre dentro da habitação.
- **Reação ao ruído:** Para mais da metade dos entrevistados (55%), o ruído irrita ou incomoda.
- **Efeitos do ruído na habitação:** Para a maior parte dos entrevistados (69%) o ruído afeta de forma negativa suas atividades diárias.
- **Efeitos psicológicos do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (76%) o ruído não provoca consequências negativas em seu bem-estar.
- **Ações tomadas para a redução de ruído:** Mais da metade dos entrevistados (52%) fecha as janelas para tentar reduzir o ruído em sua habitação.
- **Doenças relacionadas ao ruído:** Nenhum dos entrevistados afirmou possuir alguma doença que possa estar relacionada ao ruído.

ANEXO I – PERFIL DO TRECHO DO KM 11 (ANO 2007)

- **Tipo de habitação:** a maior parte dos moradores entrevistados neste trecho (86%) mora em casa independente com 2 pavimentos. Nenhum dos entrevistados mora em casa geminada.
- **Existência de jardim ou sacada:** metade das habitações dos entrevistados não possui nem jardim nem sacada.
- **Localização:** a maior parte das habitações (86%) não encontrava-se próxima à semáforos, faixas de pedestre ou lombadas.
- **Distância:** na maior parte das habitações (98%), a distância do muro frontal à margem da rodovia era maior do que 10 m.
- **Idade:** a maior parte dos moradores entrevistados (67%) possuía mais do que 45 anos de idade.
- **Sexo:** mais da metade dos moradores entrevistados (56%) era do sexo feminino.
- **Ocupação:** mais da metade dos moradores entrevistados (55%) era composta por aposentados, donas de casa ou estudantes.
- **Regime de propriedade:** a maior parte dos entrevistados (74%) mora em casa própria.
- **Tempo de propriedade:** a maior parte dos moradores entrevistados (72%) moravam na respectiva habitação por mais de 2 anos, isto é, tinham familiaridade com a região.
- **Vizinhança:** Todos os entrevistados deste trecho gostam de morar na área.
- **O que mais agrada:** A maior parte dos entrevistados (72%) fez menção à tranquilidade como um fator que mais agrada neste trecho da vizinhança.
- **O que mais desagrada:** Em desacordo com o item que mais agrada, para mais da metade dos entrevistados (57%) o barulho é o fator que mais desagrada neste trecho da vizinhança.
- **Ruídos ouvidos dentro da habitação:** O ruído mais ouvido dentro das habitações são aqueles provenientes do tráfego aéreo.
- **Veículos ouvidos dentro da habitação:** Os veículos mais ouvido dentro da habitação (65%) são os caminhões ou as motocicletas.

- **Tipo de ruído:** O ruído proveniente de veículos mais escutado dentro da habitação é o ruído de breque ou de sirenes (60%).
- **Ruído ouvido de vizinhos e pessoas próximas:** mais da metade dos entrevistados (57%) não ouve nenhum ruído proveniente de vizinhos.
- **Partes da habitação atingidas pelo ruído:** Para mais da metade dos entrevistados (57%) o ruído atinge a sala.
- **Onde o ruído é pior:** Para a maior parte dos entrevistados (68%) o ruído é pior na sala.
- **Horário:** O ruído é mais percebido no período das 7h às 23h.
- **Quando o ruído é pior:** o ruído é considerando predominantemente pior no período das 7h às 23h.
- **Duração do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (61%) o ruído dura o dia todo.
- **Freqüência do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (63%), o ruído é quase sempre ouvido dentro da habitação.
- **Reação ao ruído:** Para mais da metade dos entrevistados (53%), o ruído irrita ou incomoda.
- **Efeitos do ruído na habitação:** Para a maior parte dos entrevistados (69%), o ruído afeta de forma negativa suas atividades diárias.
- **Efeitos psicológicos do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (65%), o ruído provoca consequências negativas em seu bem-estar.
- **Ações tomadas para a redução de ruído:** Mais da metade dos entrevistados (57%) não toma nenhuma providência para tentar reduzir o ruído em sua habitação.
- **Doenças relacionadas ao ruído:** 3 entrevistados afirmaram possuir alguma doença que possa estar relacionada ao ruído como enxaqueca, labirintite ou distúrbios no sono.

ANEXO J – PERFIL DO TRECHO DO KM 11,5 (ANO 2007)

- **Tipo de habitação:** todos os moradores entrevistados neste trecho moram em casa independente térrea.
- **Existência de jardim ou sacada:** a maior parte das habitações dos entrevistados (60%) não possui nem jardim nem sacada.
- **Localização:** nenhuma habitação encontrava-se até 50m de semáforos, faixas de pedestre ou lombadas.
- **Distância:** em todas as habitações, a distância do muro frontal à margem da rodovia era maior do que 20m.
- **Idade:** a maior parte dos moradores entrevistados (74%) possuía mais do que 35 anos de idade.
- **Sexo:** a maior parte dos moradores entrevistados (67%) era do sexo feminino.
- **Ocupação:** mais da metade dos moradores entrevistados (58%) era composta por aposentados.
- **Regime de propriedade:** a maior parte dos entrevistados (80%) mora em casa própria.
- **Tempo de propriedade:** a maior parte dos moradores entrevistados (93%) moravam na respectiva habitação por mais de 2 anos, isto é, tinham familiaridade com a região.
- **Vizinhança:** a maior parte dos entrevistados deste trecho (93%) gosta de morar na área.
- **O que mais agrada:** mais da metade dos entrevistados (57%) fez menção à tranquilidade como um fator que mais agrada neste trecho da vizinhança.
- **O que mais desagrada:** Em desacordo com o item que mais agrada, para mais da metade dos entrevistados (58%) o barulho é o fator que mais desagrada neste trecho da vizinhança.
- **Ruídos ouvidos dentro da habitação:** O ruído mais ouvido dentro das habitações são aqueles provenientes do tráfego rodoviário e aéreo.
- **Veículos ouvidos dentro da habitação:** Os veículos mais ouvidos dentro das habitações (67%) são caminhões ou ônibus.
- **Tipo de ruído:** O ruído proveniente de veículos mais escutado dentro da habitação é o ruído de veículos dando a partida, breques ou sirenes (68%).

- **Ruído ouvido de vizinhos e pessoas próximas:** A maior parte dos entrevistados (64%) não ouve nenhum ruído proveniente de vizinhos.
- **Partes da habitação atingidas pelo ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (66%) o ruído atinge a sala e/ou os quartos.
- **Onde o ruído é pior:** Para a metade dos entrevistados, o ruído é pior na sala.
- **Horário:** O ruído é percebido mais no período da manhã e da tarde.
- **Quando o ruído é pior:** o ruído é considerando predominantemente pior nos períodos da manhã e da tarde.
- **Duração do ruído:** Para mais da metade dos entrevistados (53%) o ruído dura o dia todo.
- **Frequência do ruído:** Para a maior parte entrevistados (60%), o ruído sempre é ouvido dentro da habitação.
- **Reação ao ruído:** Para a metade dos entrevistados, o ruído irrita ou incomoda.
- **Efeitos do ruído na habitação:** Para quase a metade dos entrevistados (47%) o ruído não afeta de forma negativa suas atividades diárias.
- **Efeitos psicológicos do ruído:** Para a maioria dos entrevistados (66%) o ruído não provoca consequências negativas em seu bem-estar.
- **Ações tomadas para a redução de ruído:** a maior parte dos entrevistados (79%) não toma nenhuma providência para tentar reduzir o ruído em sua habitação.
- **Doenças relacionadas ao ruído:** Nenhum dos entrevistados afirmou possuir alguma doença que possa estar relacionada ao ruído.

ANEXO K – PERFIL DO TRECHO DO KM 12 (ANO 2007)

- **Tipo de habitação:** mais da metade dos moradores entrevistados neste trecho (56%) mora em casa independente com 2 pavimentos.
- **Existência de jardim ou sacada:** mais da metade das habitações dos entrevistados (58%) possui um jardim e sacada.
- **Localização:** a maior parte das habitações (98%) encontrava-se distante de semáforos, faixas de pedestre ou lombadas.
- **Distância:** em todas as habitações, a distância do muro frontal à margem da rodovia era maior do que 20m.
- **Idade:** a maior parte dos moradores entrevistados (61%) possuía mais do que 45 anos de idade.
- **Sexo:** a maior parte dos moradores entrevistados (70%) era do sexo feminino.
- **Ocupação:** mais da metade dos moradores entrevistados (56%) era composta por aposentados, donas de casa ou estudantes.
- **Regime de propriedade:** a maior parte dos entrevistados (96%) mora em casa própria.
- **Tempo de propriedade:** a maior parte dos moradores entrevistados (96%) moravam na respectiva habitação por mais de 2 anos, isto é, tinham familiaridade com a região.
- **Vizinhança:** Todos os entrevistados deste trecho gostam de morar na área.
- **O que mais agrada:** A maior parte dos entrevistados (95%) fez menção à tranquilidade como um fator que mais agrada neste trecho da vizinhança.
- **O que mais desagrada:** Em desacordo com o item que mais agrada, para mais da metade dos entrevistados (56%) o barulho é o fator que mais desagrada neste trecho da vizinhança.
- **Ruídos ouvidos dentro da habitação:** O ruído mais ouvido dentro das habitações são aqueles provenientes do tráfego rodoviário e aéreo.
- **Veículos ouvidos dentro da habitação:** Os veículos mais ouvidos dentro da habitação (75%) são os caminhões e motocicletas.
- **Tipo de ruído:** O ruído proveniente de veículos mais escutado dentro da habitação é o ruído de breque ou sirenes (67%).

- **Ruído ouvido de vizinhos e pessoas próximas:** mais da metade dos entrevistados (54%) ouve latidos provenientes de cães de vizinhos.
- **Partes da habitação atingidas pelo ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (73%) o ruído atinge a sala ou os cozinha.
- **Onde o ruído é pior:** Para a maior parte dos entrevistados (72%) o ruído é pior na sala ou na cozinha.
- **Horário:** O ruído é percebido mais no período da 7h às 23h.
- **Quando o ruído é pior:** o ruído é considerando predominantemente pior no período da 7h às 23h.
- **Duração do ruído:** Para mais da metade dos entrevistados (57%) o ruído dura o dia todo.
- **Frequência do ruído:** Para quase metade dos entrevistados (46%), o ruído sempre é ouvido dentro da habitação.
- **Reação ao ruído:** Para mais da metade dos entrevistados (57%), o ruído é tolerável.
- **Efeitos do ruído na habitação:** Para a maior parte dos entrevistados (64%) o ruído não afeta de forma negativa suas atividades diárias.
- **Efeitos psicológicos do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (83%) o ruído não provoca consequências negativas em seu bem-estar.
- **Ações tomadas para a redução de ruído:** a maior parte dos entrevistados (87%) não toma nenhuma providência para tentar reduzir o ruído em sua habitação.
- **Doenças relacionadas ao ruído:** Nenhum dos entrevistados afirmou possuir alguma doença que possa estar relacionada ao ruído.

ANEXO L – PERFIL DO TRECHO DO KM 12,5 (ANO 2007)

- **Tipo de habitação:** a maior parte dos moradores entrevistados neste trecho (69%) mora em casa independente com 2 pavimentos. Nenhum dos entrevistados mora em casa geminada.
- **Existência de jardim ou sacada:** a maior parte das habitações dos entrevistados (69%) possui um jardim e/ou sacada.
- **Localização:** nenhuma habitação encontrava-se até 50m de semáforos, faixas de pedestre ou lombadas.
- **Distância:** em todas as habitações, a distância do muro frontal à margem da rodovia era maior do que 20m.
- **Idade:** a maior parte dos moradores entrevistados (88%) possuía mais do que 35 anos de idade.
- **Sexo:** a maior parte dos moradores entrevistados (62%) era do sexo feminino.
- **Ocupação:** a maior parte dos moradores entrevistados (57%) era composta por aposentados e donas de casa.
- **Regime de propriedade:** a maior parte dos entrevistados (94%) mora em casa própria.
- **Tempo de propriedade:** a maior parte dos moradores entrevistados (88%) moravam na respectiva habitação por mais de 2 anos, isto é, tinham familiaridade com a região.
- **Vizinhança:** Todos os entrevistados deste trecho gostam de morar na área.
- **O que mais agrada:** A maior parte dos entrevistados (70%) fez menção à tranquilidade como um fator que mais agrada neste trecho da vizinhança.
- **O que mais desagrada:** Em desacordo com o item que mais agrada, para a maior parte dos entrevistados (63%) o barulho é o fator que mais desagrada neste trecho da vizinhança.
- **Ruídos ouvidos dentro da habitação:** O ruído mais ouvido dentro das habitações são aqueles provenientes do tráfego rodoviário e aéreo.
- **Veículos ouvidos dentro da habitação:** O veículo menos ouvido dentro da habitação (12%) é o carro.
- **Tipo de ruído:** O ruído proveniente de veículos mais escutado dentro da habitação é o ruído de breque e de aceleração do motor (66%).

- **Ruído ouvido de vizinhos e pessoas próximas:** A maior parte dos entrevistados (47%) não ouve nenhum ruído proveniente de vizinhos.
- **Partes da habitação atingidas pelo ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (88%) o ruído atinge a sala e/ou os quartos.
- **Onde o ruído é pior:** Para a maior parte dos entrevistados (95%) o ruído é pior na sala e/ou nos quartos. Isso se dá, pois provavelmente estes cômodos estejam na parte frontal da habitação tendo maior contato com a rodovia.
- **Horário:** O ruído é percebido tanto no período da manhã como no período da tarde e noite
- **Quando o ruído é pior:** Não há um período em que o ruído é considerando predominantemente pior.
- **Duração do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (94%) o ruído dura o dia todo.
- **Frequência do ruído:** Para todos os entrevistados o ruído sempre é ouvido dentro da habitação.
- **Reação ao ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (70%) é tolerável ou não é percebido.
- **Efeitos do ruído na habitação:** Para a maior parte dos entrevistados (65%) o ruído afeta de forma negativa suas atividades diárias.
- **Efeitos psicológicos do ruído:** Para cerca de metade dos entrevistados (51%) o ruído provoca consequências negativas em seu bem-estar.
- **Ações tomadas para a redução de ruído:** Mais da metade dos entrevistados (59%) não toma nenhuma providência para tentar reduzir o ruído em sua habitação.
- **Doenças relacionadas ao ruído:** Nenhum dos entrevistados afirmou possuir alguma doença que possa estar relacionada ao ruído.

ANEXO M – PERFIL DO TRECHO DO KM 13 (ANO 2007)

- **Tipo de habitação:** mais da metade dos moradores entrevistados neste trecho (54%) mora em casa geminada com 2 pavimentos.
- **Existência de jardim ou sacada:** a maior parte das habitações dos entrevistados (80%) possui um jardim e/ou sacada.
- **Localização:** nenhuma habitação encontrava-se até 50m de semáforos, faixas de pedestre ou lombadas.
- **Distância:** na maior parte das habitações (90%) a distância do muro frontal à margem da rodovia era maior do que 20m.
- **Idade:** Mais da metade dos moradores entrevistados (67%) possuía mais do que 35 anos de idade.
- **Sexo:** a maior parte dos moradores entrevistados (62%) era do sexo feminino.
- **Ocupação:** a maior parte dos moradores entrevistados (60%) era composta por estudantes e donas de casa.
- **Regime de propriedade:** a maior parte dos entrevistados (92%) mora em casa própria.
- **Tempo de propriedade:** a maior parte dos moradores entrevistados (97%) moravam na respectiva habitação por mais de 2 anos, isto é, tinham familiaridade com a região.
- **Vizinhança:** A maior parte dos entrevistados deste trecho (85%) gosta de morar na área.
- **O que mais agrada:** A maior parte dos entrevistados (71%) fez menção à tranquilidade como um fator que mais agrada neste trecho da vizinhança.
- **O que mais desagrada:** Em desacordo com o item que mais agrada, para a maior parte dos entrevistados (61%) o barulho é o fator que mais desagrada neste trecho da vizinhança.
- **Ruídos ouvidos dentro da habitação:** O ruído mais ouvido dentro das habitações são aqueles provenientes do tráfego rodoviário e aéreo.
- **Veículos ouvidos dentro da habitação:** O veículo menos ouvido dentro da habitação (21%) é o ônibus.
- **Tipo de ruído:** O ruído proveniente de veículos mais escutado dentro da habitação é o ruído de breque e sirene (61%).

- **Ruído ouvido de vizinhos e pessoas próximas:** Mais da metade dos entrevistados (53%) não ouve nenhum ruído proveniente de vizinhos.
- **Partes da habitação atingidas pelo ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (71%) o ruído atinge a sala e/ou os quartos.
- **Onde o ruído é pior:** Para a maior parte dos entrevistados (76%) o ruído é pior na sala e/ou nos quartos. Isso se dá, pois provavelmente estes cômodos estejam na parte frontal da habitação tendo maior contato com a rodovia.
- **Horário:** O ruído é percebido tanto no período da manhã como no período da tarde e noite
- **Quando o ruído é pior:** O período das 19h às 23h é considerando o pior por 40% dos entrevistados.
- **Duração do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (87%) o ruído dura o dia todo.
- **Frequência do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (77%) o ruído sempre é ouvido dentro da habitação.
- **Reação ao ruído:** Para cerca de metade dos entrevistados (49%) o ruído é tolerável ou não é percebido.
- **Efeitos do ruído na habitação:** Para a maior parte dos entrevistados (77%) o ruído afeta de forma negativa suas atividades diárias.
- **Efeitos psicológicos do ruído:** Para metade dos entrevistados (50%) o ruído provoca consequências negativas em seu bem-estar.
- **Ações tomadas para a redução de ruído:** Mais da metade dos entrevistados (59%) não toma nenhuma providência para tentar reduzir o ruído em sua habitação.
- **Doenças relacionadas ao ruído:** Apenas 1 entrevistado afirmou que o estresse e perda de cabelos podiam estar relacionados ao ruído.

ANEXO N – PERFIL DO TRECHO DO KM 13,5 (ANO 2007)

- **Tipo de habitação:** mais da metade dos moradores entrevistados neste trecho (55%) mora em casa independente térrea.
- **Existência de jardim ou sacada:** mais da metade das habitações dos entrevistados (55%) não possui nem jardim nem sacada.
- **Localização:** nenhuma habitação encontrava-se até 50m de semáforos, faixas de pedestre ou lombadas.
- **Distância:** em todas as habitações de moradores entrevistados, a distância do muro frontal à margem da rodovia era maior do que 20m.
- **Idade:** Mais da metade dos moradores entrevistados (66%) possuía mais do que 35 anos de idade.
- **Sexo:** a maior parte dos moradores entrevistados (61%) era do sexo feminino.
- **Ocupação:** a maior parte dos moradores entrevistados (65%) era composta por estudantes, aposentados e donas de casa.
- **Regime de propriedade:** a maior parte dos entrevistados (80%) mora em casa própria.
- **Tempo de propriedade:** a maior parte dos moradores entrevistados (89%) moravam na respectiva habitação por mais de 2 anos, isto é, tinham familiaridade com a região.
- **Vizinhança:** A maior parte dos entrevistados deste trecho (94%) gosta de morar na área.
- **O que mais agrada:** Mais da metade dos entrevistados (53%) fez menção à tranquilidade como um fator que mais agrada neste trecho da vizinhança.
- **O que mais desagrada:** Em desacordo com o item que mais agrada, para a maior parte dos entrevistados (58%) o barulho é o fator que mais desagrada neste trecho da vizinhança.
- **Ruídos ouvidos dentro da habitação:** O ruído mais ouvido dentro das habitações são aqueles provenientes do tráfego rodoviário e aéreo.
- **Veículos ouvidos dentro da habitação:** O veículo menos ouvido dentro da habitação (15%) é o carro.

- **Tipo de ruído:** O ruído proveniente de veículos mais escutado dentro da habitação é o ruído de trânsito, breque, sirene, aceleração do motor e veículo dando a partida (88%).
- **Ruído ouvido de vizinhos e pessoas próximas:** Quase metade dos entrevistados (47%) não ouve nenhum ruído proveniente de vizinhos.
- **Partes da habitação atingidas pelo ruído:** Para quase metade dos entrevistados (48%) o ruído atinge a sala.
- **Onde o ruído é pior:** Para a maior parte dos entrevistados (66%) o ruído é pior na sala.
- **Horário:** O período em que o ruído é mais percebido é o período das 19h às 23h.
- **Quando o ruído é pior:** O período das 19h às 23h é considerando o pior por 58% dos entrevistados.
- **Duração do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (72%) o ruído dura o dia todo.
- **Frequência do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (77%) o ruído sempre é ouvido dentro da habitação.
- **Reação ao ruído:** Para a metade dos entrevistados, o ruído é tolerável.
- **Efeitos do ruído na habitação:** Para a maior parte dos entrevistados (80%) o ruído não afeta na realização de suas atividades diárias.
- **Efeitos psicológicos do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (88%) o ruído não provoca consequências negativas em seu bem-estar.
- **Ações tomadas para a redução de ruído:** a maior parte dos entrevistados (83%) não toma nenhuma providência para tentar reduzir o ruído em sua habitação.
- **Doenças relacionadas ao ruído:** Nenhum dos entrevistados afirmou possuir alguma doença que possa estar relacionada ao ruído.

ANEXO O – PERFIL DO TRECHO DO KM 14 (ANO 2007)

- **Tipo de habitação:** a maior parte dos entrevistados neste trecho (66%) mora em casa independente térrea ou com 2 pavimentos.
- **Existência de jardim ou sacada:** a maior parte das habitações dos entrevistados (72%) possui jardim e/ou sacada.
- **Localização:** a maior parte das habitações (97%) encontrava-se distante de semáforos, faixas de pedestre ou lombadas.
- **Distância:** na maior parte das habitações de moradores entrevistados (86%), a distância do muro frontal à margem da rodovia era maior do que 20m.
- **Idade:** a maior parte dos moradores entrevistados (64%) possuía mais do que 35 anos de idade.
- **Sexo:** mais da metade dos moradores entrevistados (55%) era do sexo feminino.
- **Ocupação:** mais da metade dos moradores entrevistados (55%) era composta por estudantes, aposentados ou donas de casa.
- **Regime de propriedade:** a maior parte dos entrevistados (90%) mora em casa própria.
- **Tempo de propriedade:** a maior parte dos moradores entrevistados (87%) moravam na respectiva habitação por mais de 2 anos, isto é, tinham familiaridade com a região.
- **Vizinhança:** todos os entrevistados deste trecho gostam de morar na área.
- **O que mais agrada:** a maior parte dos entrevistados (89%) fez menção à tranquilidade como um fator que mais agrada neste trecho da vizinhança.
- **O que mais desagrada:** Em desacordo com o item que mais agrada, para a maior parte dos entrevistados (58%) o barulho é o fator que mais desagrada neste trecho da vizinhança.
- **Ruídos ouvidos dentro da habitação:** O ruído mais ouvido dentro das habitações são aqueles provenientes do tráfego rodoviário.
- **Veículos ouvidos dentro da habitação:** Os veículos mais ouvidos dentro da habitação (73%) são caminhões e motocicletas.

- **Tipo de ruído:** O ruído proveniente de veículos mais escutado dentro da habitação (68%) é o ruído de veículo dando a partida, breque, sirene ou ruídos causados por irregularidades na pista.
- **Ruído ouvido de vizinhos e pessoas próximas:** a maior parte dos entrevistados (67%) ouve algum ruído proveniente de vizinhos.
- **Partes da habitação atingidas pelo ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (64%) o ruído atinge a sala ou a cozinha.
- **Onde o ruído é pior:** Para a maior parte dos entrevistados (66%) o ruído é pior na sala ou na cozinha.
- **Horário:** O ruído é percebido tanto no período da manhã como no período da tarde e noite
- **Quando o ruído é pior:** Para mais da metade dos entrevistados (51%), o ruído é pior das 19h às 23h.
- **Duração do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (80%) o ruído dura o dia todo.
- **Frequência do ruído:** Para mais da metade dos entrevistados (55%) o ruído sempre é ouvido dentro da habitação.
- **Reação ao ruído:** Para mais da metade dos entrevistados (59%) o ruído é tolerável ou não é percebido.
- **Efeitos do ruído na habitação:** Para mais da metade dos entrevistados (56%) o ruído não afeta na realização de suas atividades diárias.
- **Efeitos psicológicos do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (80%) o ruído não provoca consequências negativas em seu bem-estar.
- **Ações tomadas para a redução de ruído:** Mais da metade dos entrevistados (53%) não toma nenhuma providência para tentar reduzir o ruído em sua habitação.
- **Doenças relacionadas ao ruído:** 3 entrevistados afirmaram possuir alguma doença que possa estar relacionada ao ruído como problemas auditivos, alteração no humor e estresse.

ANEXO P – PERFIL DO TRECHO DO KM 14,5 (ANO 2007)

- **Tipo de habitação:** todos os entrevistados neste trecho moram em casa independente térrea ou com 2 pavimentos.
- **Existência de jardim ou sacada:** a maior parte das habitações dos entrevistados (72%) não possui nem jardim nem sacada.
- **Localização:** nenhuma habitação encontrava-se até 50m de semáforos, faixas de pedestre ou lombadas.
- **Distância:** em todas as habitações de moradores entrevistados, a distância do muro frontal à margem da rodovia era maior do que 20m.
- **Idade:** mais da metade dos moradores entrevistados (58%) possuía mais do que 45 anos de idade.
- **Sexo:** mais da metade dos moradores entrevistados (57%) era do sexo feminino.
- **Ocupação:** mais da metade dos moradores entrevistados (57%) era composta por aposentados.
- **Regime de propriedade:** mais da metade dos entrevistados (57%) mora de aluguel.
- **Tempo de propriedade:** mais da metade dos moradores entrevistados (58%) moravam na respectiva habitação por mais de 2 anos, isto é, tinham familiaridade com a região.
- **Vizinhança:** a maioria dos entrevistados deste trecho (72%) gostam de morar na área.
- **O que mais agrada:** a maior parte dos entrevistados (67%) fez menção à tranquilidade como um fator que mais agrada neste trecho da vizinhança.
- **O que mais desagrade:** para mais da metade dos entrevistados (58%) o barulho, ratos e o córrego são os fatores que mais desagradam neste trecho da vizinhança.
- **Ruídos ouvidos dentro da habitação:** O ruído mais ouvido dentro das habitações são aqueles provenientes do tráfego rodoviário e aéreo.
- **Veículos ouvidos dentro da habitação:** Os veículos mais ouvidos dentro da habitação (65%) são caminhões e motocicletas.

- **Tipo de ruído:** O ruído de sirenes e ruídos causados por irregularidades na pista não são ouvidos dentro das habitações de moradores entrevistados neste trecho.
- **Ruído ouvido de vizinhos e pessoas próximas:** a maior parte dos entrevistados (72%) ouve algum ruído proveniente de vizinhos.
- **Partes da habitação atingidas pelo ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (67%) o ruído atinge a sala ou a cozinha.
- **Onde o ruído é pior:** Para a maior parte dos entrevistados (86%) o ruído é pior na sala, quarto ou cozinha.
- **Horário:** O ruído é mais percebido no período das 19h às 23h.
- **Quando o ruído é pior:** Para a maior parte dos entrevistados (83%), o ruído é pior das 19h às 23h.
- **Duração do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (67%) o ruído dura o dia todo.
- **Freqüência do ruído:** Para mais da metade dos entrevistados (57%) o ruído é quase sempre ouvido dentro da habitação.
- **Reação ao ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (71%) o ruído não é percebido.
- **Efeitos do ruído na habitação:** Para a maior parte dos entrevistados (86%) o ruído não afeta na realização de suas atividades diárias.
- **Efeitos psicológicos do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (86%) o ruído não provoca consequências negativas em seu bem-estar.
- **Ações tomadas para a redução de ruído:** todos os entrevistados não tomam nenhuma providência para tentar reduzir o ruído em sua habitação.
- **Doenças relacionadas ao ruído:** Nenhum dos entrevistados afirmou possuir alguma doença que possa estar relacionada ao ruído.

ANEXO Q – PERFIL DO TRECHO DO KM 15 (ANO 2007)

- **Tipo de habitação:** a maior parte dos entrevistados neste trecho (74%) mora em casa independente térrea.
- **Existência de jardim ou sacada:** a maior parte das habitações dos entrevistados (87%) não possui nem jardim nem sacada.
- **Localização:** nenhuma habitação encontrava-se até 50m de semáforos, faixas de pedestre ou lombadas.
- **Distância:** em todas as habitações de moradores entrevistados, a distância do muro frontal à margem da rodovia era maior do que 20m.
- **Idade:** mais da metade dos moradores entrevistados (52%) possuía mais do que 35 anos de idade.
- **Sexo:** metade dos moradores entrevistados era do sexo feminino.
- **Ocupação:** cada morador entrevistado possuía uma ocupação diferente um do outro.
- **Regime de propriedade:** todos entrevistados possuíam casa própria.
- **Tempo de propriedade:** todos os moradores entrevistados neste trecho moravam na respectiva habitação por mais de 2 anos, isto é, tinham familiaridade com a região.
- **Vizinhança:** a maioria dos entrevistados deste trecho (87%) gostam de morar na área.
- **O que mais agrada:** a maior parte dos entrevistados (67%) fez menção à tranquilidade como um fator que mais agrada neste trecho da vizinhança.
- **O que mais desagrada:** Em desacordo com o item que mais agrada, para a maior parte dos entrevistados (67%) o barulho é o fator que mais desagrada neste trecho da vizinhança.
- **Ruídos ouvidos dentro da habitação:** O ruído mais ouvido dentro das habitações são aqueles provenientes do tráfego rodoviário e aéreo.
- **Veículos ouvidos dentro da habitação:** Caminhões, ônibus, carros e motocicletas são ouvidos aproximadamente na mesma proporção dentro das habitações.
- **Tipo de ruído:** O ruído do movimento do trânsito é o mais ouvidos dentro das habitações de moradores entrevistados neste trecho.

- **Ruído ouvido de vizinhos e pessoas próximas:** mais da metade dos entrevistados (56%) ouve algum ruído proveniente de vizinhos.
- **Partes da habitação atingidas pelo ruído:** Para quase metade dos entrevistados (46%) o ruído atinge a sala.
- **Onde o ruído é pior:** Para a maior parte dos entrevistados (74%) o ruído é pior na sala.
- **Horário:** O ruído é mais percebido tanto no período da manhã, tarde e noite.
- **Quando o ruído é pior:** Para a maior parte dos entrevistados (83%), o ruído é pior das 7h às 23h.
- **Duração do ruído:** Para a metade dos entrevistados, o ruído dura o dia todo.
- **Frequência do ruído:** Para a metade dos entrevistados o ruído é sempre ouvido dentro da habitação.
- **Reação ao ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (62%) o ruído é tolerado ou não é percebido.
- **Efeitos do ruído na habitação:** Para a maior parte dos entrevistados (87%) o ruído afeta na realização de suas atividades diárias.
- **Efeitos psicológicos do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (62%) o ruído não provoca consequências negativas em seu bem-estar.
- **Ações tomadas para a redução de ruído:** a maior parte dos entrevistados (62%) não toma nenhuma providência para tentar reduzir o ruído em sua habitação.
- **Doenças relacionadas ao ruído:** 1 entrevistado afirmou que sua audição piorou possivelmente devido ao ruído em sua habitação.

ANEXO R – PERFIL DO TRECHO DO KM 16 (ANO 2007)

- **Tipo de habitação:** a maior parte dos entrevistados neste trecho (77%) mora em casa independente térrea.
- **Existência de jardim ou sacada:** a maior parte das habitações dos entrevistados (77%) não possui nem jardim nem sacada.
- **Localização:** nenhuma habitação encontrava-se até 50m de semáforos, faixas de pedestre ou lombadas.
- **Distância:** em todas as habitações de moradores entrevistados, a distância do muro frontal à margem da rodovia era maior do que 20m.
- **Idade:** a maioria dos moradores entrevistados (82%) possuía mais do que 45 anos de idade.
- **Sexo:** a maior parte dos moradores entrevistados (69%) era do sexo feminino.
- **Ocupação:** quase metade dos moradores entrevistados (45%) eram aposentados.
- **Regime de propriedade:** a maior parte dos entrevistados (69%) possuía casa própria.
- **Tempo de propriedade:** a maioria os moradores entrevistados neste trecho (77%) moravam na respectiva habitação por mais de 2 anos, isto é, tinham familiaridade com a região.
- **Vizinhança:** todos os entrevistados deste trecho gostam de morar na área.
- **O que mais agrada:** a maior parte dos entrevistados (82%) fez menção à tranquilidade como um fator que mais agrada neste trecho da vizinhança.
- **O que mais desagrada:** o barulho desagrada 23% dos entrevistados neste trecho da vizinhança.
- **Ruídos ouvidos dentro da habitação:** O ruído mais ouvido dentro das habitações são aqueles provenientes do tráfego rodoviário e aéreo.
- **Veículos ouvidos dentro da habitação:** Caminhões ou motocicletas são ouvidos na maioria das habitações de entrevistados (77%).
- **Tipo de ruído:** O ruído de sirenes, breques ou veículos dando a partida são o mais ouvidos dentro das habitações de moradores entrevistados neste trecho (64%).

- **Ruído ouvido de vizinhos e pessoas próximas:** a maioria dos entrevistados (92%) ouve algum ruído proveniente de vizinhos.
- **Partes da habitação atingidas pelo ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (66%) o ruído atinge a sala ou os quartos.
- **Onde o ruído é pior:** Para a maior parte dos entrevistados (68%) o ruído é pior na sala ou nos quartos.
- **Horário:** O ruído é mais percebido no período das 7h às 23h.
- **Quando o ruído é pior:** Para a maior parte dos entrevistados (69%), o ruído é pior das 7h às 19h.
- **Duração do ruído:** Para 33% dos entrevistados, o ruído dura o dia todo.
- **Frequência do ruído:** Para mais da metade dos entrevistados (54%), o ruído é sempre ouvido dentro da habitação.
- **Reação ao ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (77%) o ruído é tolerado ou não é percebido.
- **Efeitos do ruído na habitação:** Para a maior parte dos entrevistados (72%) o ruído não afeta na realização de suas atividades diárias.
- **Efeitos psicológicos do ruído:** Para a maior parte dos entrevistados (92%) o ruído não provoca consequências negativas em seu bem-estar.
- **Ações tomadas para a redução de ruído:** mais da metade dos entrevistados (51%) não toma nenhuma providência para tentar reduzir o ruído em sua habitação.
- **Doenças relacionadas ao ruído:** Nenhum dos entrevistados afirmou possuir alguma doença que possa estar relacionada ao ruído.