



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

VÂNIA RAPOSO DE MOURA

RUÍDO E CONFIGURAÇÃO ESPACIAL URBANA:
Estudo de Caso em Belém-PA

BELÉM - PA
2012

VÂNIA RAPOSO DE MOURA

RUÍDO E CONFIGURAÇÃO ESPACIAL URBANA:
Estudo de Caso em Belém-PA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação para em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Linha de Pesquisa: Desempenho Ambiental e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo da Silva Vieira de Melo.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Arquiteto José Sidrim-FAU/ITEC/UFPA, Belém-PA

Moura, Vânia Raposo de.

Ruído e configuração espacial urbana: estudo de caso em Belém-PA /
Vânia Raposo de Moura; orientador, Gustavo da Silva Vieira de Melo.—
2012.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de
Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo,
Belém, 2012.

1. Ruído urbano-Belém (PA). 2. Planejamento urbano. I. Título.

CDD – 22. ed. 363.747098115

VÂNIA RAPOSO DE MOURA

RUÍDO E CONFIGURAÇÃO ESPACIAL URBANA:
Estudo de Caso em Belém-PA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação para em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela comissão julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA:

Prof. Dr. Gustavo Melo
PPGAU - Universidade Federal do Pará (Presidente e Orientador)

Prof. Dr. Irving Franco
PPGAU - Universidade Federal do Pará

Profa. Elcione Moraes
FAU - Universidade Federal do Pará

Profa. Dra. Stelamaris Bertoli
FEC - Universidade de Campinas

Aprovada em: 23 de novembro de 2012

Local da defesa: Auditório do Atelier de Arquitetura da Universidade Federal do Pará (UFPA). Rua Augusto Corrêa, 01. Guamá, Belém-PA.

Dedico este trabalho a meus pais, Orlando (*in memoriam*) e Iêda. As pessoas mais importantes de minha vida. Sempre presentes e responsáveis por fomentar em mim a busca incessante pelo conhecimento e crescimento pessoal.

AGRADECIMENTOS

À minha família, especialmente a meus pais, Prof. Orlando Moura e Profa. Iêda Moura, pelas constantes aulas e apoio incondicional em mais uma etapa da minha vida; e à minha irmã, Arq. Tânia Moura, pela colaboração e incentivo contínuo.

A meu namorado, Prof. Rafael dos Santos, pela prontidão em ajudar sempre que possível; por seu carinho, incentivo e paciência para comigo.

A meu orientador, Prof. Gustavo Melo, pelos ensinamentos, dedicação, responsabilidade e confiança em mim depositada.

Aos estudantes Alysson Kleber Lima e Herickson Ruan Clemente, pelas colaborações essenciais a este trabalho.

Aos colegas e novos amigos, discentes do PPGAU-UFPA, que enfrentaram comigo as dificuldades do curso, especialmente à Ana Cristina Pedroso, Monica Silva, Marcelle Silva, Isabela Rocha, Dircirene Marinho, Bruno Oliveira, Natália Vinagre, Trycia Sampaio, Djanira Cruz, Raul Ventura Neto, Andrea Pinheiro, Oswaldo Gama Neto e Dorival Pinheiro, pela solidariedade e companheirismo.

À Profa. Dra. Thaís Sanjad, coordenadora do PPGAU-UFPA, pelo carinho, conduta sempre ética e forma eficiente e diplomática de resolver problemas, sem prejuízos a nenhum envolvido.

Aos professores do PPGAU-UFPA, Profa. Dra. Celma Point Vidal, Profa. Dra. Ana Kláudia Perdigão, Prof. Dr. Irving Franco, Profa. Dra. Maria Emília Tostes, Prof. José Júlio Lima e Prof. Dr. Josep Pont Vidal, dos quais tive a oportunidade de ter sido aluna, por dividirem parte de seus conhecimentos comigo durante o curso.

E a demais pessoas, amigos e colegas que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho.

“Devastamos mais da metade de nosso País pensando que era preciso deixar a natureza para entrar na história, mas eis que esta última, com sua costumeira predileção pela ironia, exige-nos agora como passaporte justamente a natureza.”

(Eduardo Viveiros de Castro)

RESUMO

Grande parcela da população que habita os centros urbanos já sofreu ou vem sofrendo por problemas decorrentes do ruído urbano, devido, dentre outros fatores, especialmente à proximidade de vias de tráfego intenso de veículos. Estudos em diversas áreas de conhecimento vêm apresentando os possíveis malefícios causados aos indivíduos em consequência ao grande tempo em que ficam submetidos a elevados níveis de ruído. Sob esse prisma, o ruído passa a ser um problema social e torna-se necessário que seja feito o seu controle para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. Atualmente, esse controle vem sendo feito principalmente por iniciativas particulares, por meio da isolação acústica dos ambientes internos. Em se tratando dos ambientes externos às edificações, poucas medidas têm sido tomadas. Os estudos a esse respeito revelam conflitos entre as diretrizes urbanísticas para o planejamento, uso e ocupação do solo e o conforto acústico. O objetivo principal deste trabalho é estudar as interações entre ruído urbano (em especial, o ruído de tráfego) e a configuração espacial urbana, utilizando uma região do bairro do Marco, em Belém-PA, às proximidades da Avenida Almirante Barroso, como campo experimental. Para tanto foi criada uma metodologia baseada em teorias e em normas que abordam esse tema e que possibilitam a obtenção de índices característicos (rugosidade, porosidade e centralização) da massa edificada. A comparação destes índices com os níveis sonoros obtidos a partir dos valores coletados *in loco* (com o auxílio de um aparelho medidor de nível de pressão sonora), favorece a identificação das características físicas da forma urbana que influenciam no ambiente sonoro exterior e podem servir como subsídios ao planejamento e desenho das cidades, impedindo a formação de futuras áreas de extrema insalubridade sonora.

Palavras-chave: ruído urbano; forma urbana; configuração urbana; índices urbanos.

ABSTRACT

A large portion of the population that lives in urban centers has already suffered or is suffering from problems caused by urban noise, especially due to, among other factors, the proximity of roads of intense traffic of vehicles. Studies of several areas of knowledge are presenting possible harms caused to people as a consequence of a long exposure to high noise levels. Under this point of view, noise has become a social problem, implying the necessity to make its control to improve the quality of life for citizens. Lately, this control has been done mainly by private initiatives, through the internal ambient sound insulation. Regarding the external environment, few measures were taken. Studies about this reveal conflicts between the urban guidelines for the urban development, land use and occupation and the acoustic comfort. The main objective of this work is to study the interactions between urban noise (especially regarding traffic noise) and urban space configuration, using as experimental field an area of Marco neighborhood, in Belém-PA, near Almirante Barroso Avenue. For this, a methodology was created based on standards and theories that approach this theme and makes it possible to obtain built mass characteristic indexes (roughness, porosity, concentration and porosity). The comparison of these indexes with sound levels obtained through “in loco” collected data (using a sound pressure level meter), allow the identification of the urban form physical characteristics that influence external sound environment and that can serve as subsidies to the planning and design of the cities, preventing the formation of extremely unhealthy sound areas.

Keywords: urban noise; urban form; urban configuration; urban indexes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Subdivisões da acústica	26
Figura 2 – Propagação de uma onda sonora	28
Figura 3 – FONTE PONTUAL: ondas esféricas.....	35
Figura 4 – FONTE PONTUAL: Variação do nível sonoro com a distância.....	36
Figura 5 – FATOR DE DIRETIVIDADE: Efeito da presença de superfície.....	37
Figura 6 – FONTE LINEAR: Variação do nível sonoro com a distância.....	39
Figura 7 – FONTE PLANA: Variação do nível sonoro com a distância.....	40
Figura 8 – Gravidade dos efeitos do ruído à saúde e pessoas afetadas	47
Figura 9 – Diferentes escalas urbanas: esboço ilustrativo	58
Figura 10 – Perfis de Ruas.....	58
Figura 11 – Propagação do som em dois diferentes ambientes acústicos	60
Figura 12 – Áreas com diferentes densidades de construção	61
Figura 13 – Tecidos urbanos com diferentes permeabilidades sonoras	62
Figura 14 – Som direto e som refletido pelo solo: esquema ilustrativo.....	65
Figura 15 – Atenuação sonora provocada por elementos encontrados ao longo de rodovias	71
Figura 16 – Mapa de Belém-PA.....	75
Figura 17 – Localização do bairro do Marco em Belém-PA	76
Figura 18 – Áreas de estudo: trechos 1 (T1), 2 (T2), 3 (T3) e 4 (T4).....	77
Figura 19 – Fotografia do trecho 1	80
Figura 20 – Fotografia do trecho 1 próximo à esquina com a Av. Rômulo Maiorana	80
Figura 21 – Fotografia do trecho 1 próximo à esquina com a Av. Almirante Barroso ...	80
Figura 22 – Mapa de Verticalização – T1	81
Figura 23 – Mapa de Uso do Solo – T1.....	81
Figura 24 – Mapa de Pavimentação do Solo – T1.....	82
Figura 25 – Esquema Ilustrativo da área com Pontos de Medição – T1.....	83
Figura 26 – Perfis da Tv. Barão do Triunfo nos pontos internos – T1.....	83
Figura 27 – Fotografia do trecho 2.....	84
Figura 28 – Fotografia da Passagem N. Sra. das Graças, esquina com a Tv. Barão do Triunfo	84
Figura 29 – Fotografia da Passagem Rui Martins, esquina com a Tv. Barão do Triunfo	84
Figura 30 – Mapa de Verticalização – T2	85
Figura 31 – Mapa de Uso do Solo – T2.....	85
Figura 32 – Mapa de Pavimentação do Solo – T2.....	86
Figura 33 – Esquema Ilustrativo da área com Pontos de Medição – T2.....	87
Figura 34 – Perfis da Tv. Barão do Triunfo nos pontos internos – T2.....	87
Figura 35 – Fotografia do trecho 3.....	88
Figura 36 – Fotografia do Ed. Rio Verde <i>Residence</i> (T3).....	88
Figura 37 – Fotografia do Residencial Angustura (T3).....	88
Figura 38 – Fotografia de um Edifício na Angustura (T3).....	88
Figura 39 – Mapa de Verticalização – T3	89

Figura 40 – Mapa de Uso do Solo – T3.....	89
Figura 41 – Mapa de Pavimentação do Solo – T3.....	90
Figura 42 – Esquema Ilustrativo da área com Pontos de Medição –T3.....	91
Figura 43 – Perfis da Tv. Angustura nos pontos internos – T3.....	91
Figura 44 – Fotografia do trecho 4.....	92
Figura 45 – Fotografia da passagem N. Sra. das Graças, esquina com a Tv. Angustura	92
Figura 46 – Fotografia da passagem Rui Martins, esquina com a Tv. Angustura	92
Figura 47 – Mapa de Verticalização – T4	93
Figura 48 – Mapa de Uso do Solo – T4.....	93
Figura 49 – Mapa de Pavimentação do Solo – T4.....	94
Figura 50 – Esquema Ilustrativo da área com Pontos de Medição	95
Figura 51 – Perfis da Tv. Barão do Triunfo nos pontos internos	95
Figura 52 – Fotografia da Av. Almirante Barroso, sentido Tv. Barão do Triunfo - Tv. Angustura.....	96
Figura 53 – Fotografia da Av. Almirante Barroso, sentido Tv. Barão do Triunfo - Tv. Mauriti	96
Figura 54 – Medidor e calibrador	97
Figura 55 – Medidor sobre tripé em um momento de medição.....	97
Figura 56 – Coleta de dados acústicos.....	97
Figura 57 – Termo-higro-anemômetro-barômetro.....	98
Figura 58 – Medições de variáveis ambientais.....	98
Figura 59 – Coleta de dados ambientais.....	98
Figura 60 – Congestionamento na Av. Almirante Barroso, esquina com a Tv. Angustura, devido à proximidade de uma parada de ônibus	99
Figura 61 – Seção transversal da Avenida Almirante Barroso:	100
Figura 62 – Ilustração de variações de alturas em um perfil	101
Figura 63 – Ilustração de áreas edificada e não edificada em um trecho	102
Figura 64 – Ilustração das distâncias utilizadas no cálculo do i_D em um perfil	102
Figura 65 – Esquema de propagação do som (T1), até 2,50 m de altura	104
Figura 66 – Esquema de propagação do som (T2).....	104
Figura 67 – Esquema de propagação do som (T3).....	105
Figura 68 – Esquema de propagação do som (T4).....	105
Figura 69 – Localização dos pontos e outras fontes sonoras (T1)	106
Figura 70 – Localização dos pontos e outras fontes sonoras (T3)	106
Figura 71 – Localização dos pontos e outras fontes sonoras (T4)	107
Figura 72 – Representação dos perfis e seus respectivos índices de rugosidade.....	111
Figura 73 – Esquemas geométricos de cada trecho e seus respectivos índices de descentralização	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis sonoros de vários sons.....	31
Tabela 2 – Nível de critério de avaliação NCA p/ ambientes externos, em dB(A).....	50
Tabela 3 – Tabela de Correções – Modelo de Josse.....	72
Tabela 4 – Aplicação de modelos urbanísticos permitidos.....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação de atividade por nível na fonte.....	53
Quadro 2 – Atividades geradoras de ruído.....	54
Quadro 3 – Modelos urbanísticos.....	79
Quadro 4 – Detalhes dos equipamentos utilizados na coleta de dados acústicos.....	97
Quadro 5 – Programas utilizados.....	103

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gama de frequências de sons audíveis para vários animais.....	27
Gráfico 2 – Variações de pressão ambiente em função do tempo.....	29
Gráfico 3 – Audiograma com limite de audição para diferentes frequências.....	32
Gráfico 4 – Curvas de ponderação sonora A, B, C e D.....	33
Gráfico 5 – Ruído Contínuo.....	43
Gráfico 6 – Ruído Flutuante.....	43
Gráfico 7 – Ruído Impulsivo.....	44
Gráfico 8 – Nível sonoro de referência para 3 classes de veículos em função da velocidade média.....	70
Gráfico 9 – Valores médios dos Leq (s) – T1.....	107
Gráfico 10 – Valores médios dos Leq (s) – T2.....	107
Gráfico 11 – Valores médios dos Leq (s) – T3.....	107
Gráfico 12 – Valores médios dos Leq (s) – T4.....	107
Gráfico 13 – Leq e dados do Trânsito (T1).....	108
Gráfico 14 – Leq e dados do Trânsito (T2).....	108
Gráfico 15 – Leq e dados do Trânsito (T3).....	109
Gráfico 16 – Leq e dados do Trânsito (T4).....	109
Gráfico 17 – Proporções de áreas do trecho 1.....	110
Gráfico 18 – Proporções de áreas do trecho 2.....	110
Gráfico 19 – Proporções de áreas do trecho 3.....	110
Gráfico 20 – Proporções de áreas do trecho 4.....	110
Gráfico 21 – Comparação índices urbanísticos x níveis de pressão sonora equivalente.....	112

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

A	Amplitude da onda sonora
dB	Decibel
$dB(A)$	Decibel ponderado na curva A
DI	Índice de Diretividade
f	Frequência da onda sonora
Hz	Hertz
I	Intensidade Sonora
l	Comprimento da fonte sonora
L_{10}	Nível sonoro excedido durante 10% do tempo de medição
L_{50}	Nível sonoro excedido durante 50% do tempo de medição
L_{90}	Nível sonoro excedido durante 90% do tempo de medição
LA_{10}	Nível equivalente ponderado na escala A equivalente a 10% do tempo de medição
LA_{50}	Nível equivalente ponderado na escala A equivalente a 50% do tempo de medição
LA_{90}	Nível equivalente ponderado na escala A equivalente a 90% do tempo de medição
LA_{eq}	Nível equivalente ponderado na curva A
L_{eq}	Nível sonoro equivalente
L_I	Nível de intensidade
L_P	Nível de pressão sonora
L_W	Nível de potência sonora
P	Pressão sonora
Q	Fator de Diretividade
r	Distância à fonte sonora
T	Período da onda sonora
v	Velocidade do som
W	Potência sonora

Letras gregas:

λ	Comprimento da onda sonora
ϕ	Fase da onda sonora

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Av.	Avenida
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONTRAN	Conselho nacional de Trânsito
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
CTBEL	Companhia de Transportes do Município de Belém
DEMA	Divisão Especializada em Meio Ambiente
DETRAN	Departamento de Trânsito
FHWA	<i>Federal Highway Administration</i>
GVA	Grupo de Vibrações e Acústica
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis
ISO	<i>International Standard Organization</i>
LCCU	Lei Complementar de Controle Urbanístico
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NR	Norma Regulamentadora
OMS	Organização Mundial da Saúde
P1	Ponto de medição 1
P2	Ponto de medição 2
P3	Ponto de medição 3
P4	Ponto de medição 4
PDU	Plano Diretor Urbano de Belém
T1	Trecho 1
T2	Trecho 2
T3	Trecho 3
T4	Trecho 4
Tv.	Travessa
RMS	<i>Root Mean Square</i>
SEMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
WHO	<i>World Health Organization</i>

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	16
1.1 INTRODUÇÃO	16
1.2 JUSTIFICATIVA	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 Objetivo Geral	19
1.3.2 Objetivos Específicos	19
1.4 PERGUNTAS E HIPÓTESES DA PESQUISA.....	20
1.4.1 Perguntas	20
1.4.2 Hipóteses	20
CAPÍTULO 2	21
2.1 REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1.1 Ruído Urbano e Subjetividade	21
2.1.2 Ruído Urbano e Mapeamento Sonoro	22
2.1.3 Considerações	24
CAPÍTULO 3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
3.1 ACÚSTICA	26
3.2.1 Introdução	26
3.2.2 Sons audíveis	27
3.2.3 Variação de Pressão ou Pressão Sonora	28
3.2.4 Intensidade	30
3.2.5 Potência Sonora	30
3.2.6 Níveis Sonoros	30
3.2.6.1 Nível de Intensidade Sonora	31
3.2.6.2 Nível de Pressão Sonora	32
3.2.6.3 Nível de Potência Sonora	32
3.2.7 Filtros ponderadores.....	33
3.2.8 Nível de Pressão Sonora Equivalente	34
3.2.9 Níveis Estatísticos	34
3.2.10 Tipos de fonte e decaimento com a distância	35

3.2.10.1	Fonte Sonora Pontual – esférica e semiesférica	35
3.2.10.2	Fonte Sonora Linear – fonte em linha	38
3.2.10.3	Fonte Sonora Plana	40
3.2.11	Equação Básica da Propagação Sonora ao Ar-livre	41
3.3	RUÍDO E RUÍDO URBANO	42
3.3.1	Ruído	42
3.3.2	Classificação do ruído	42
3.3.3	Ruído Urbano	45
3.3.4	Poluição Sonora	45
3.3.5	Efeitos do ruído à saúde	46
3.4	LEIS, NORMAS E RESOLUÇÕES DE RUÍDO AMBIENTAL	48
3.4.1	Normas Internacionais	48
3.4.2	Leis, Normas e Resoluções Nacionais	49
3.4.3	Legislações do Município de Belém	51
3.5	FORMA URBANA	56
3.5.1	Introdução	56
3.5.2	Dimensões Espaciais Urbanas (Escala Urbanas)	57
3.5.3	Elementos da forma urbana	58
3.5.4	Forma Urbana e Ambiente Acústico	59
3.5.4.1	Conformação espacial	59
3.5.4.2	Densidade de Construção	61
3.5.4.3	Porosidade (Permeabilidade)	61
3.5.4.4	Espessura	62
3.5.4.5	Rugosidade	63
3.5.4.6	Uso do solo (ocupação do solo)	64
3.5.4.7	Orientação	64
3.5.4.8	Permeabilidade superficial do solo (tipo de revestimento)	64
3.5.4.9	Propriedades dos materiais constituintes da estrutura urbana	65
3.5.4.10	Vegetação	66
3.5.5	Forma Urbana e Controle de Ruído	66

3.6	MODELOS DE PREVISÃO DO RUÍDO DE TRÁFEGO.....	68
3.6.1	Calixto (2002)	69
3.6.2	Çelenk <i>et al.</i> (1997)	69
3.6.3	FHWA (1995)	69
3.6.4	Josse (1975)	71
	CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA	73
4.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO AMBIENTE	75
4.2	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	77
4.3	CARACTERIZAÇÃO DO ENTORNO DE CADA TRECHO	80
4.3.1	Trecho 1	80
4.3.2	Trecho 2	84
4.3.3	Trecho 3	88
4.3.4	Trecho 4	92
4.4	PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO.....	96
4.4.1	Coleta de Dados Acústicos.....	96
4.4.2	Coleta de Dados Complementares	98
4.5	MÉTODOS DE CÁLCULO	99
4.5.1	Estimativa de Nível de Ruído	99
4.5.2	Cálculo dos índices urbanísticos	101
4.6	PROGRAMAS UTILIZADOS	103
	CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	104
	CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
6.1	CONCLUSÃO	114
6.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	117
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	127
	APÊNDICES	128

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Grande parcela da população que habita os centros urbanos já sofreu ou vem sofrendo por problemas causados pelo ruído urbano, devido à proximidade de importantes vias de tráfego de veículos (carros, aviões, trens, motocicletas, etc.), indústrias, bares, casas de show ou obras de construção civil.

Apesar de cada pessoa perceber seus malefícios de forma distinta, diversos estudos comprovam que as exposições por tempo prolongado a elevados níveis de ruído prejudicam a saúde¹ (BUENO, 1995). Além dos efeitos do ruído na audição, como a perda progressiva da audição (irreversível!), existem os efeitos não auditivos. O ruído intenso é prejudicial ao bem estar físico, mental e social do indivíduo exposto, e pode interferir no desempenho laboral, nas atividades (estudar, escrever), no sossego (repouso, descanso noturno), no lazer e até no relacionamento dos indivíduos (dificuldade de comunicação oral).

Agindo como um dos agentes do estresse urbano, por provocar irritação e cansaço nos indivíduos, o ruído urbano “normal”, segundo Barrio (1997), pode gerar uma série de reações e mudanças no corpo que se manifesta por meio de perturbações fisiológicas (problemas hormonais, cardiovasculares, respiratórios, alterações pulmonares), psicológicas (anormalidades atenção, distúrbios do sono, ansiedade, desconforto) e comportamentais (deterioração do clima social, irritabilidade, agressividade, hiperexcitação).

Devido a essas consequências entre outras, o ruído passa a ser um problema social, sendo necessário que seja feito o seu controle tanto em edifícios quanto em espaços urbanos exteriores, a fim de contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos indivíduos de modo geral.

A maioria das soluções de controle de ruído, entretanto, é aplicada em ambientes internos, e, algumas destas, ainda favorecem a intensificação do ruído no ambiente exterior (VILLAS BOAS, 1985). Urge, então, a necessidade de se desenvolverem trabalhos mais voltados aos espaços externos às edificações, na busca de satisfazer às exigências e necessidades fisiológicas de todos.

¹ Quando os ruídos alcançam níveis prejudiciais à saúde e ao sossego público, diz-se que ocorre a poluição sonora (MOTA *apud* ARAÚJO, 2006).

O controle do ruído no meio ambiente exterior é bastante complexo, pois deve levar em conta a variedade e dispersão das fontes de poluição sonora, a inexistência ou insuficiência de meios legais de proteção contra ruído, o custo elevado dos meios técnicos para a sua supressão (FITCH *apud* VILLAS BOAS, 1985), além do estudo das percepções humanas e dos fatores do ambiente natural e construídos que influenciam os mecanismos e processos perceptivos. Dentre os fatores ambientais que interferem no ruído urbano está a configuração espacial urbana.

Um ruído pode ser atenuado pela distância entre a fonte sonora e o receptor, pela presença de terreno interposto, pela presença de obstáculos nas proximidades da fonte e pelo tipo de desenho de vias de veículos; e pode ser aumentado devido a reflexões sobre as edificações, ao efeito “de vale” promovido por vias entre prédios (quanto maior a relação altura dos edifícios/largura da rua, maior o aumento do ruído), ou à concentração de tráfego (RAMON *apud* VILLAS BOAS, 1985).

Devido às tantas variáveis envolvidas nesse tipo de pesquisa, atualmente, pesquisadores vêm tentando resolver os problemas decorrentes do ruído urbano, utilizando em suas análises o mapeamento sonoro gerado por programas computacionais. Alguns costumam fazer simulações de cenários alternativos com previsões de futuro. Porém, até que ponto essas simulações conseguem reproduzir a realidade? Há realmente como substituir a experiência real e a pesquisa em campo?

1.2 JUSTIFICATIVA

Em países tropicais, especialmente nas regiões quentes² e úmidas (como é o caso de Belém-PA), onde as edificações devem ser necessariamente bem ventiladas, com amplas janelas e espaços abertos, o controle do ruído urbano é de fundamental importância na preservação da saúde e equilíbrio emocional das pessoas. Este controle, por sua vez, pode se tornar menos dispendioso e mais eficaz, se forem incorporadas no planejamento do uso do solo considerações sobre a qualidade do ambiente sonoro e padrões de conforto acústico³.

Um estudo que enfatiza a relação entre o ruído urbano e a forma urbana permite o estabelecimento dos padrões de configuração do ambiente construído, auxiliando no desenvolvimento de práticas de controle de ruído no planejamento das cidades. Além disso, uma sistematização mais objetiva dos dados levantados *in loco* pode ajudar nas interpretações dos resultados apresentados em mapas acústicos e resolver alguns problemas observados (a priori, sem resposta justificável)⁴.

² Segundo Ryd (1972), a perturbação causada por um ruído é maior quando a temperatura é elevada (VILLAS BOAS, 1985).

³ O conceito de conforto acústico está, portanto, vinculado ao critério de ruído e, como consequência, também ao padrão de conforto. Diferentes atividades exigem diferentes padrões de conforto acústico.

⁴ Em uma pesquisa de campo, as falhas e imprevistos devem ser considerados e qualquer incidente fora da normalidade deve ser anotado.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Estudar as interações entre ruído urbano (em especial, o ruído de tráfego) e a configuração espacial urbana em determinadas regiões da cidade de Belém-PA.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar as características físicas da forma urbana que influenciam no ambiente sonoro das regiões estudadas (larguras e formas das vias, densidade construtiva, forma e distribuição espacial das edificações, etc.), que possam servir como subsídios ao planejamento e desenho das cidades.

- Verificar a correlação entre o nível de pressão sonora obtido experimentalmente com os níveis de pressão sonora calculados a partir de modelos da literatura.

- Comparar os níveis de ruído obtidos *in loco* com os índices urbanísticos de porosidade, rugosidade e descentralização, elaborados a partir de normas e teorias sobre o assunto.

1.4 PERGUNTAS E HIPÓTESES DA PESQUISA

1.4.1 Perguntas

Na escolha do tema desta pesquisa, algumas questões foram levantadas:

- a) A forma e disposição da massa urbana interferem efetivamente na propagação do ruído?
- b) Como avaliar essa relação (forma e ruído urbanos), uma vez que o tema é tão abrangente e existem tantas outras variáveis envolvidas⁵?
- c) Que procedimentos de controle podem ser adicionados às atuais legislações do Município, que visem ao conforto acústico da população?

1.4.2 Hipóteses

A análise sistemática da forma urbana (diferenças de alturas, afastamentos, arranjos, materiais), em conjunto ao estudo de outros fatores ambientais, possibilita a elaboração de índices urbanísticos característicos (como os índices de porosidade, rugosidade e descentralização), promovendo uma leitura precisa sobre uma determinada área urbana, e permitindo, assim, a comparação entre ambientes acústicos distintos, sem a necessidade de recorrer a mapas acústicos ou a medições *in loco*.

⁵ São algumas dessas variáveis: a variedade de fontes de ruído, os fatores ambientais (velocidade e direção dos ventos, temperatura e umidade do ar), a inclinação e traçado das vias, as propriedades térmicas e acústicas dos materiais constituintes do ambiente urbano e as percepções humanas distintas para cada indivíduo.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO DA LITERATURA

São apresentados aqui alguns trabalhos desenvolvidos nos últimos sete anos em instituições nacionais de ensino e pesquisa relacionados a ruído urbano e forma urbana. No primeiro tópico são comentadas pesquisas que deram ênfase na sensação acústica dos indivíduos expostos ao ruído (subjetividade), e no segundo, aquelas que utilizaram mapas acústicos como ferramentas. No final foram feitas considerações a respeito da contribuição dessas pesquisas para este trabalho.

2.1.1 Ruído Urbano e Subjetividade

A preocupação com o bem-estar do ser humano e a melhoria da qualidade de vida nas cidades têm sido fatores impulsionadores de diversas pesquisas relacionadas com o ruído urbano.

A subjetividade é prioridade nos trabalhos de Lima e Moraes (2011), Brito *et al.* (2011) e Carvalho *et al.* (2011), uma vez que analisam o incômodo do ruído sob o ponto de vista dos moradores locais.

Lima e Moraes (2011) analisam o incômodo causado pelo ruído urbano sobre os residentes do Centro Histórico e Patrimonial de Belém-PA. Utilizam um questionário para coletar a opinião dos moradores a respeito das principais fontes de ruído e registrar os efeitos negativos por estes ressaltados. Observam que a principal fonte de ruído apontada é proveniente do tráfego de veículos, e que, segundo os moradores, o bairro ficou mais ruidoso após a implantação do projeto de revitalização.

Brito *et al.* (2011) avaliam o incômodo provocado aos moradores de um edifício pelo ruído advindo de aparelhos de ar-condicionado de grande porte. A partir da observação das diversas fontes presentes e da coleta de informações (questionários) dos principais incômodos ressaltados pelos moradores, efetuam medições *in loco* de nível de pressão sonora e concluem, a partir da análise dos resultados, que a maior contribuição desses elevados níveis de ruído não é dos aparelhos apontados pelos entrevistados e sim do tráfego de veículos, que ocorre de forma intermitente.

Carvalho *et al.* (2011) analisam o incômodo percebido por pacientes e acompanhantes de um ambiente hospitalar gerado pelo ruído de tráfego do entorno. Os dados obtidos, por meio da aplicação de questionários subjetivos recebem tratamentos estatísticos (utilizando os *softwares* Bioestat e SPSS) e são posteriormente analisados. Os resultados mostram que os ruídos que mais incomodam aos entrevistados são provenientes das buzinas, sirenes e aparelhagens de som dos veículos. Os pesquisadores concluem, então, que o incômodo causado pelo ruído está fortemente ligado ao estado afetivo de quem o percebe.

2.1.2 Ruído Urbano e Mapeamento Sonoro

Não menos preocupados com os indivíduos estão os pesquisadores que utilizam mapeamentos sonoros em seus trabalhos.

Seja o ruído urbano oriundo do tráfego ou da vizinhança, o fato é que este gera problemas aos indivíduos, tanto aos que habitam ou trabalham na região, quanto aos visitantes esporádicos. E a tentativa de colaborar com o planejamento urbano para evitar problemas de ambiente de extrema insalubridade sonora no futuro é o que impulsiona essas pesquisas.

Brioschi e Viveiros (2011) observam o caso dos transeuntes e investigam como a forma de distribuição das edificações interage com os níveis sonoros em ambientes urbanos. A partir do mapeamento sonoro (obtido com o programa computacional *SoundPlan*) de diferentes cenários urbanos, com variações dos afastamentos frontais (distância entre edificação e rua), observam que o aumento do afastamento pode beneficiar um transeunte no meio público, mas pode prejudicar um indivíduo localizado no fundo do lote, situado posteriormente aos edifícios.

Assim como Brioschi e Viveiros (2011), outros pesquisadores também lançam mão de programas computacionais em suas análises urbanas, como: Guedes (2005), Barretto (2007), Garavelli *et al.* (2010), Sapata (2010), Marques (2010) e Moraes *et al.* (2010). Os quatro primeiros pesquisadores (ou equipes) utilizam a simulação para prever possíveis problemas no futuro; Marques (2010) utiliza a ferramenta computacional para propor uma solução possível que venha atenuar os ruídos nas áreas de estudo (em Umuarama-PR); e Moraes *et al.* (2010) utilizam o recurso para gerar o mapa acústico ‘real’ da região.

Guedes (2005) analisa a interação entre fontes sonoras e forma urbana em um ambiente sonoro (em Aracaju-SE). Seu estudo baseia-se na aplicação do *software SoundPlan 6.0* para a geração do mapeamento e predição acústica, com a elaboração de cenários ‘reais’ e hipotéticos. Percebe o tráfego de veículos como principal fonte de ruído e conclui que as características físicas da forma urbana, como a densidade construtiva, a existência de áreas livres, a forma e a disposição das edificações, influenciam na propagação sonora ao ar livre.

Barretto (2007) faz uma análise do planejamento de um metrô (ainda inexistente) em Salvador-BA, verificando o possível aumento do nível de ruído causado pelo percurso elevado. Enfatiza o impacto negativo que o ruído desse modo de transporte pode gerar à população que habita ou trabalha nas edificações nas zonas próximas da linha do metrô e busca prevenir futuros problemas. Utiliza, para isso, medições acústicas *in loco* para determinar o ruído urbano existente e, com o auxílio do *software Spring*, faz simulações sonoras de diferentes cenários urbanos para estudar os possíveis aumentos de ruído (hipótese confirmada no final da pesquisa).

Garavelli *et al.* (2010) elaboram mapas de ruído emitido pelo tráfego rodoviário da situação atual da cidade de Águas Claras-DF e de possíveis cenários futuros. Para isso, efetuam medições *in loco* (dimensões das vias; fluxo, tipo e velocidade média dos veículos) em vários pontos da cidade e utilizam, como ferramenta computacional, o *software SoundPlan*. Os resultados apontam alguns pontos críticos e regiões que apresentam desconformidade em relação à legislação local referente à poluição sonora e um possível aumento dos níveis de ruído com o futuro crescimento da cidade.

Sapata (2010) desenvolve um estudo sobre os impactos do ruído de tráfego de uma avenida em Maringá-PR, a partir de um monitoramento *in loco* de fontes sonoras e níveis de pressão sonora, e simula, com o auxílio do *software SoundPlan*, um cenário urbano com as edificações alcançando o nível máximo do gabarito permitido pela legislação municipal. Observa que o trecho em estudo pode tornar-se um ‘cânion urbano’, acentuando o ruído de tráfego e atingindo níveis acima dos permitidos pelas normas brasileiras. Sugere que mapas de ruído sejam usados como instrumentos de planejamento urbano antes de se determinarem as normas de uso e ocupação do solo, para assegurar a qualidade ambiental.

Marques (2010) estuda o cenário acústico em duas áreas da cidade de Umuarama-PR, a partir da sistematização de dados coletados em observações e medições *in loco*, e dos obtidos em literaturas afins. Verifica, ao comparar os níveis de ruído com os limites

estabelecidos pelas normas vigentes e analisá-los conjuntamente à forma urbana, que as soluções para atenuação de ruídos são estratégias que dependem da paisagem urbana. Propõe alternativas para as áreas e elabora mapas acústicos ‘reais’ e possíveis, com o auxílio do *software SoundPlan*.

Moraes (2010) analisa o impacto do ruído devido à implantação de um grande shopping center em uma região de Belém-PA. Com os dados obtidos por meio de observações e medições *in loco* em pontos determinados, elabora um mapa de ruído com auxílio do *software Predictor* e compara os resultados com os obtidos na elaboração do Mapa Acústico de Belém (atualizado em 2008) - que mostra uma situação antes da implantação do shopping (inaugurado em 2010). Analisa as modificações implantadas no sistema viário devido a esse empreendimento e verifica um aumento significativo do volume de tráfego nas vias principais e secundárias e, conseqüentemente, dos níveis de pressão sonora da região.

Todos esses estudos se baseiam nas legislações locais e alguns deles revelam conflitos nas diretrizes urbanísticas no que se refere ao conforto acústico. Moraes (2010) verifica a incongruência da implantação de grande empreendimento (como um Shopping) em zonas urbanas centrais e de preservação histórica, devido ao aumento de ruído (de tráfego) por este provocado; Sapata (2010) observa que, mesmo dentro das normas, o crescimento vertical das cidades pode ser altamente prejudicial à população, colaborando com a poluição sonora urbana; e Marques (2010) comenta que o planejamento urbano e a gestão do uso e ocupação do solo devem ser avaliados dentro de um contexto multidisciplinar que envolva, além dos aspectos ambientais, aspectos sociais, econômicos e culturais.

2.1.3 Considerações

A revisão bibliográfica demonstra que poucos pesquisadores têm investigado a influência da forma da massa edificada e sua densidade construtiva no nível sonoro ambiental do entorno. A análise mais ampla dessa relação só é verificada nos estudos de Guedes (2005) e Marques (2010). Brioschi e Viveiros (2011) analisam apenas os afastamentos frontais e Sapata (2010), a questão dos gabaritos. A maioria utiliza as dimensões da forma urbana somente para gerar os mapas acústicos.

As análises dos ambientes sonoros de Brioschi e Viveiros (2011), Guedes (2005), Barretto (2007), Garavelli *et al.* (2010), Sapata (2010), Marques (2010) e Moraes (2010) são feitas a partir da simples observação do mapa acústico gerado pelos programas computacionais. Moraes (2010) investiga o problema real a partir da comparação de uma situação anterior (já registrada); os demais pesquisadores procuram comparar com cenários futuros hipotéticos. Entretanto, a avaliação da situação acústica de áreas urbanas em todos esses trabalhos tem o mesmo intuito: o de alimentar planejamentos estratégicos de combate à poluição sonora.

Assim como em todas as pesquisas comentadas na revisão bibliográfica, o presente trabalho pretende colaborar com os estudos de planejamento urbano e de gestão de uso e ocupação do solo (por meio da análise da relação da forma e do ruído urbano, feita a partir de mapas e gráficos comparativos). Também, como todos, preocupa-se com o ser humano, mas enfatiza o espaço exterior às edificações do mesmo modo que Brioschi e Viveiros (2011) fazem, ao considerar o ponto de vista dos transeuntes, em oposição a Lima e Moraes (2011), Brito *et al.* (2011) e Carvalho *et al.* (2011), que levam em conta a opinião dos moradores, preocupando-se mais com os espaços internos.

CAPÍTULO 3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

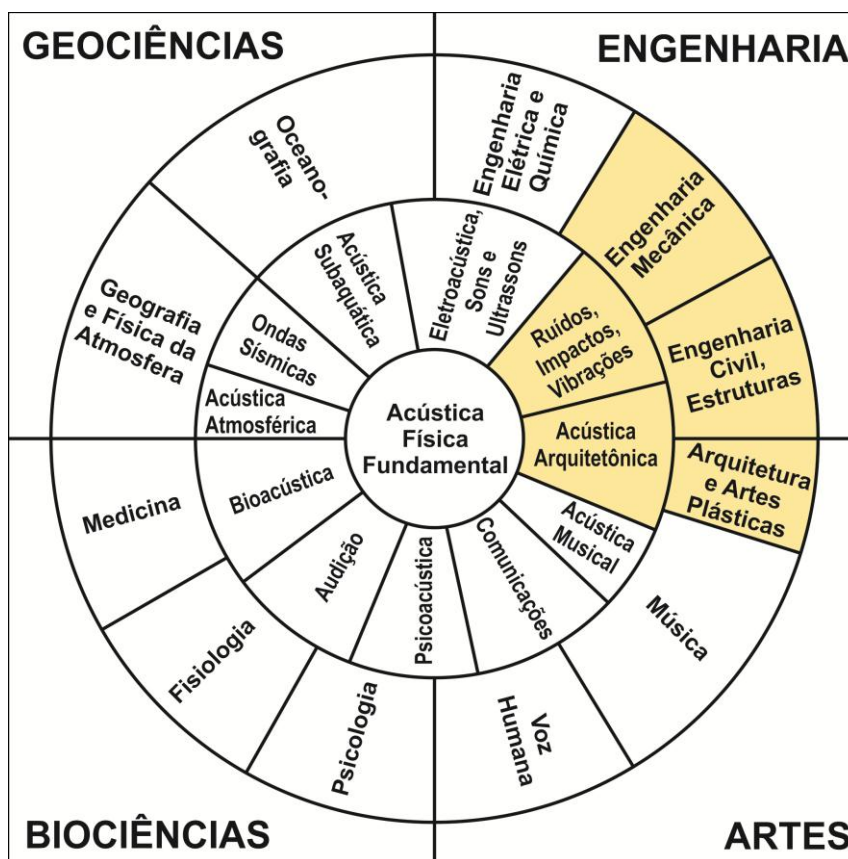
3.1 ACÚSTICA

3.2.1 Introdução

A acústica é a ciência que estuda o som. Abrange diversas disciplinas, como engenharia acústica, física acústica, psicoacústica, acústica arquitetônica, música, medicina, fonoaudiologia, entre outras, e por todas estas é também abrangida.

A figura 1 apresenta a “*Wheel of Acoustics*” (Roda de Acústica), com subdivisões da acústica segundo Lindsay (1964).

Figura 1 – Subdivisões da acústica⁶.



Fonte: Lindsay (1964) *apud* site do INAD Brasil (2012).

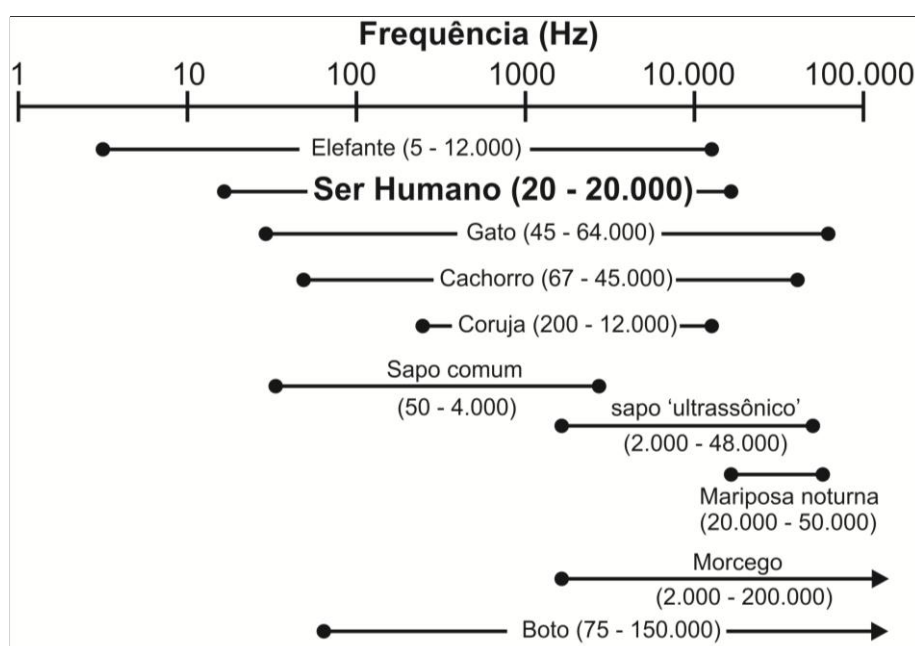
⁶ As regiões destacadas apresentam as áreas de conhecimento abrangidas pelo presente trabalho.

3.2.2 Sons audíveis

Foi determinado, por meio de experimentos, que uma onda sonora só sensibiliza o ouvido humano na faixa de frequência que vai de 20 Hz a 20 kHz (alguns autores consideram o limite mínimo 16 Hz e o máximo 22 kHz), denominada ‘faixa de audiofrequência’, mas esses limites podem variar de pessoa para pessoa. Além disso, com a idade, o ouvido humano vai perdendo a sensibilidade nestes extremos (ACIOLI, 1994). Fora dessa faixa, os sons que possuem frequência menor que 20 Hz são denominados infrassons e os que possuem frequência maior que 20 kHz são considerados como ultrassons.

Certos animais têm ouvidos sensíveis a frequências muito maiores, e outros, como o elefante, percebem sons de frequências bem menores que os percebidos pelos seres humanos (ver Gráfico 1). Convencionou-se, entretanto, chamar de sons audíveis (ou, simplesmente, sons) à área do espectro sonoro que corresponde apenas às frequências possíveis audíveis ao ser humano.

Gráfico 1 – Gama de frequências de sons audíveis para vários animais.



Fonte: Burnett (2012), tradução da autora.

Bistafa (2011) define som como “a sensação produzida no sistema auditivo” e Davis e Silverman (1970) afirmam ser essa definição compartilhada por grande parte dos indivíduos. Se perguntarmos a um indivíduo qualquer o que é som, ele provavelmente responderá: “É tudo aquilo que ouvimos” (DAVIS e SILVERMAN, 1970).

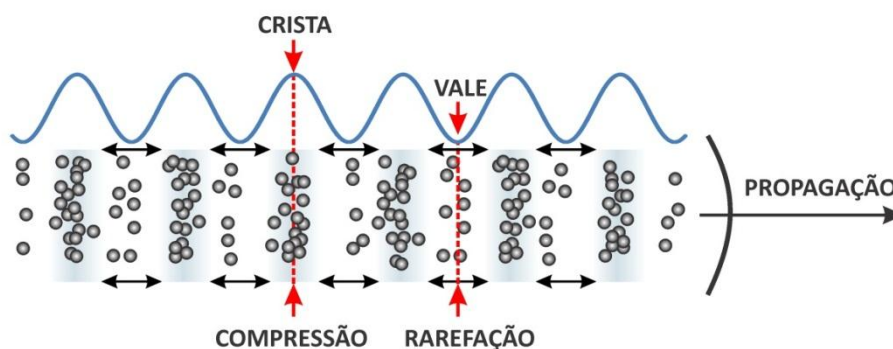
A norma NBR 143 de 1973 definiu o som como "toda e qualquer vibração ou onda mecânica em um meio elástico dentro da faixa de audiofrequência", ou seja, dentro da faixa audível ao ser humano (de 20 Hz a 20 kHz).

3.2.3 Variação de Pressão ou Pressão Sonora

A variação de pressão, quando se propaga no ar ou em qualquer outro meio material, é o que origina a onda sonora.

A pressão do ar eleva-se, em um ponto, acima da pressão atmosférica média (compressão), depois reduz, tornando-se menor a esta (rarefação), volta a aumentar e assim por diante. A oscilação desse ponto provoca a oscilação dos pontos vizinhos que, por sua vez, forçam uma variação de pressão nos pontos das regiões seguintes (ACIOLI, 1994). A figura 2 ilustra a propagação de uma onda sonora com suas regiões de compressão e rarefação.

Figura 2 – Propagação de uma onda sonora.

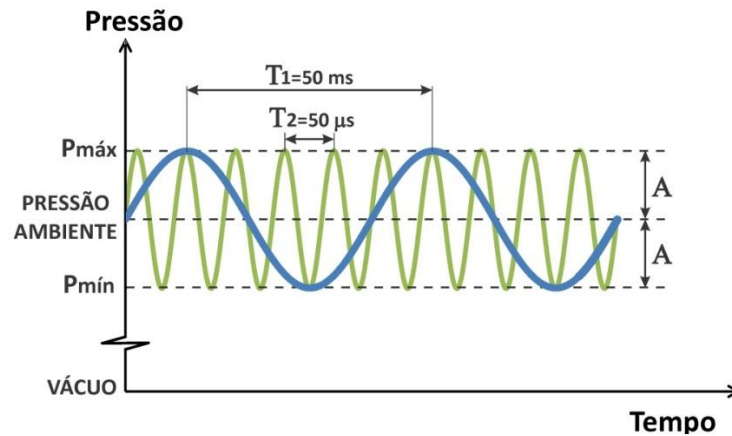


Fonte: Autoria própria.

A diferença entre os valores máximos e médios da pressão do ar é denominada de amplitude de pressão. Para a mesma amplitude de pressão sonora, o sistema auditivo do ser humano percebe sons graves ou agudos.

O gráfico 2 mostra duas ondas sonoras de mesma amplitude, mas que vibram em diferentes frequências. O som com o período T_1 com frequência de 20 Hz é percebido como grave e o som com o período T_2 e com frequência de 20 kHz, como agudo.

Gráfico 2 - Variações de pressão ambiente em função do tempo.



Fonte: Bistafa (2011).

A variação de pressão em uma onda sonora é medida em *Pascal* (*Pa*) ou *Newtons* por metro quadrado (N/m^2) - $1 Pa = 1 N/m^2$ - e depende intimamente do meio em que se propaga.

Sendo λ o comprimento de onda, A a amplitude de pressão, ρ a densidade do ar e v a velocidade de propagação da onda, a variação máxima de pressão P pode ser dada por:

$$P = \frac{2\pi A \rho v^2}{\lambda} \quad (3.1)$$

(Fonte: Goldemberg, n/d)

De modo prático, conhecendo a forma de onda de um som pode-se calcular a Pressão Sonora a partir da variação média quadrática (*RMS – root mean square*) de pressão em relação à pressão atmosférica.

Então, sendo p_i valores de variação de pressão e n o número de registros do intervalo considerado, a Pressão Sonora (eficaz) P pode ser calculada por:

$$P = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n p_i^2}{n}} \quad (3.2)$$

3.2.4 Intensidade

A intensidade de uma onda sonora é o que permite classificar um som como forte ou fraco. É definida como a quantidade de energia transportada pela onda em cada segundo através de uma unidade de área perpendicular à direção de propagação da onda, portanto potência sonora por unidade de área, medida em W/m^2 (watt por metro quadrado).

Sendo P a variação máxima de pressão, ρ a densidade, v a velocidade de propagação da onda, A a amplitude da pressão sonora e r a distância à fonte, a intensidade sonora I para ondas esféricas pode ser representada por:

$$I = \frac{P^2}{2\rho v} = \frac{(A/r)^2}{2\rho v} \quad (3.3)$$

A intensidade sonora é proporcional ao quadrado da variação de pressão. O ouvido humano é sensível a uma intensidade aproximadamente de 10^{-12} W/m² a 1 W/m², ou seja, percebe intensidade que variam por um fator 10^{12} .

3.2.5 Potência Sonora

Potência sonora é a energia acústica total emitida por uma fonte por unidade de tempo. É medida em *Watt* ou *Joule* por segundo ($1 W = 1 J/s$).

Ao contrário do que acontece com a intensidade e a pressão sonora, a potência não depende do ambiente nem da distância da fonte. Seu valor não varia, já que a potência sonora refere-se à energia total emitida pela fonte. Indica, pois, a capacidade de uma fonte em gerar som.

3.2.6 Níveis Sonoros

A sensação auditiva do ser humano não varia de forma linear com a energia transportada pela onda. Desse modo, identificam-se dois tipos de intensidade: a energética ou intensidade física e a fisiológica ou nível sonoro (PELEGRINI, 1997).

Devido a pesquisas de Weber e Fechner (*apud* GOLDEMBERG, n/d), que mostraram que para muitas sensações produzida por diferentes estímulos a sensação é proporcional ao logaritmo do estímulo (lei de Weber-Fechner), e ao grande intervalo de sensibilidade auditiva do ser humano, sugere-se o uso da escala logarítmica para medir as intensidades.

3.2.6.1 Nível de Intensidade Sonora

Definiu-se, então, o nível de intensidade como o logaritmo da relação da intensidade do som pela intensidade limiar, correspondente à intensidade do limiar de audibilidade (mínimo som audível). Sua unidade é o *bel* (*B*) ou *decibel* (*dB*), que vale um décimo do *bel*, foi assim definida em homenagem a Alexander Graham Bell (1847-1922), inventor do telefone⁷.

Sendo I_0 a intensidade limiar, define-se o Nível de Intensidade Sonora L_I para uma intensidade de som I , através das seguintes equações:

$$L_I = \log_{10} \frac{I}{I_0} \quad (B) \quad \text{ou} \quad L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} \quad (dB) \quad (3.4)$$

O valor de referência tomado para a intensidade I_0 é 10^{-12} W/m², logo:

$$L_I = 10 \log(I) + 120 \quad (dB) \quad (3.5)$$

No limiar da sensação auditiva, $I = I_0$, então $L_I = 0$.

A Tabela 1 apresenta níveis sonoros para vários sons do cotidiano observados em meio urbano e o Gráfico 3, o audiograma com o limite de audição humana para várias frequências.

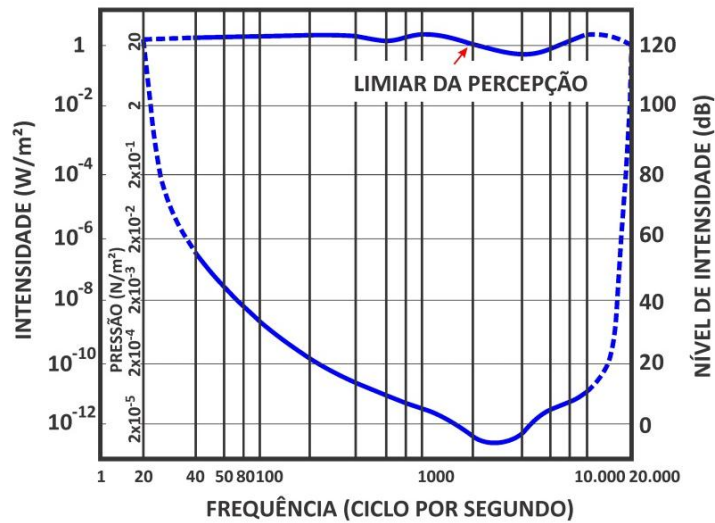
Tabela 1 – Níveis sonoros de vários sons.

Fonte Sonora	Nível Sonoro (dB)
Limiar da sensação sonora	0
Roçar de folhas	10
Relógio de parede	10
Sussurro médio	20
Casa calma	40
Automóvel silencioso	50
Conversa comum	60
Tráfego urbano pesado	70 a 90
Estabelecimento barulhento	90
Trem elevado	90
Buzina a ar	100
Explosão muito grande	110
Limiar da sensação dolorosa	120
Avião a jato aterrissando	140

Fontes: Goldemberg (n/d), Acioli (1994) e Pelegrini (1997).

⁷ O *bel* (*B*) e o *decibel* (*dB*) também são unidades do Nível de Pressão Sonora L_p e do Nível de Potência Sonora L_w .

Gráfico 3 – Audiograma com limite de audição para diferentes frequências.



Fonte: Goldemberg (n/d), adaptação própria.

3.2.6.2 Nível de Pressão Sonora

O Nível de Pressão Sonora L_P em um determinado ponto tem como valor de referência:

$$P_0 = 2 \times 10^{-5} Pa = 2 \times 10^{-5} N/m^2 \quad (3.6)$$

Sabe-se que a intensidade é proporcional ao quadrado da média de variação de pressão (ver equação 3.3) e que, em campo livre (onde se desconsideram as reflexões), o nível de pressão sonora (L_P) equivale ao nível de intensidade sonora (L_I). Então:

$$L_P = L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \quad (3.7)$$

Logo,

$$L_P = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad \text{ou} \quad L_P = 20 \log(P) + 94 \quad (dB) \quad (3.8)$$

Onde P é a pressão sonora eficaz (P_{eficaz}).

3.2.6.3 Nível de Potência Sonora

O Nível de Potência Sonora L_W tem como referência $W_0 = 10^{-12} W$ e é dado por:

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad \text{ou} \quad L_W = 10 \log(W) + 120 \quad (dB) \quad (3.9)$$

Onde W é a Potência Sonora.

3.2.7 Filtros ponderadores

Como o sistema auditivo do ser humano não responde igualmente a todas as frequências – é mais sensível, por exemplo, a sons de frequências entre 2 e 4 kHz (ver gráfico 3) -, variando também em função das intensidades dos sons, os medidores de nível de pressão sonora incorporam filtros ponderadores que procuram modificar o espectro sonoro de acordo com a resposta do sistema auditivo às diferentes frequências do som.

Os filtros ponderadores mais conhecidos são: A, B, C e D, identificados nos aparelhos de medição por dB (A), dB (B), dB (C) e dB (D), respectivamente.

O filtro ponderador “A” aproxima as respostas do sistema auditivo para sons com níveis sonoros moderados, de 40 a 60 dB, normalmente verificados nas atividades cotidianas. É o recomendado para medições de ruído (BISTAFA, 2011).

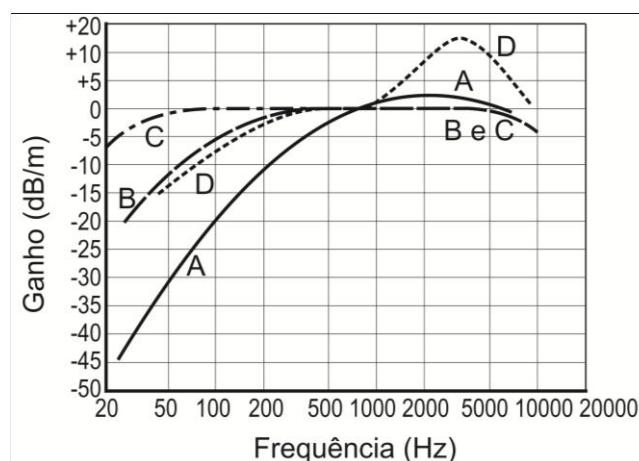
O filtro ponderador “B” aproxima a respostas do sistema auditivo para sons com níveis sonoros medianos, de 55 a 85 dB. Hoje em dia caiu em desuso (BIES e HANSEN, 2009).

O filtro ponderador “C” aproxima a respostas do sistema auditivo para sons com níveis sonoros altos, maiores que 85 dB. Utilizado comumente em medições de ruído visando condições de trabalho.

O filtro ponderador “D” aproxima a resposta do sistema auditivo para sons agudos de alta frequência, como os gerados por aeronaves modernas. Utilizado nas medições de ruído em aeroportos (GERGES, 2000).

O Gráfico 4 apresenta as curvas de ponderação de cada um desses filtros.

Gráfico 4 – Curvas de ponderação sonora A, B, C e D.



Fonte: Bistafa (2011), adaptação própria.

3.2.8 Nível de Pressão Sonora Equivalente

O nível de pressão sonora equivalente (L_{eq}) é um nível constante que equivale aos níveis variáveis do ruído, durante o período de medição. Pode ser definido como o nível sonoro médio integrado durante uma faixa de tempo especificada (CALIXTO, 2002). É expresso, em dB, pela seguinte equação:

$$L_{eq} = 10 \log \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P(t)}{P_0} \right)^2 dt \right\} \quad (3.10)$$

Onde:

T é o tempo de integração (s); $P(t)$ é a pressão acústica instantânea (N/m^2); e P_0 é a pressão acústica de referência ($2 \times 10^{-5} N/m^2$).

Atualmente já existem medidores de nível de pressão sonora que fornecem uma leitura direta do L_{eq} em intervalos de tempo T que podem ser escolhidos pelo operador do aparelho (BISTAFA, 2011).

3.2.9 Níveis Estatísticos

Os níveis estatísticos ou níveis de excedência são níveis de pressões sonoras que são ultrapassados durante uma determinada fração do tempo total de medição, (BISTAFA, 2011).

Os níveis estatísticos mais usuais são o L_{10} , L_{50} e L_{90} , que são os níveis excedidos durante, respectivamente, 10%, 50% e 90% do tempo de medição.

O L_{10} é aceito como medida dos níveis de ruído de pico (intrusivos) que ocorreram durante o período de medição, o L_{50} corresponde o nível de ruído mediano (não necessariamente o médio) e L_{90} é uma medida do ruído de fundo, uma vez que indica o nível de ruído que foi ultrapassado durante quase todo o tempo de medição (BISTAFA, 2011).

Existem medidores de nível de pressão sonora que fornecem os níveis estatísticos em intervalos de tempo que podem ser escolhidos pelo operador do aparelho (BISTAFA, 2011).

Os níveis estatísticos L_{10} , e L_{90} são os de maior interesse para os estudos de ruído de tráfego de veículos (CALIXTO, 2002).

3.2.10 Tipos de fonte e decaimento com a distância

São essencialmente três os tipos de fontes sonoras: pontuais, lineares e planas, associadas respectivamente a ondas sonoras esféricas, cilíndricas e planas.

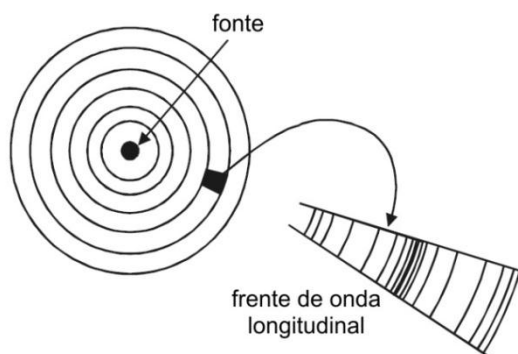
3.2.10.1 Fonte Sonora Pontual – esférica e semiesférica

Fonte sonora pontual é aquela que corresponde conceitualmente a um ponto, emitindo uma potência sonora constante em todas as direções do espaço. As ondas sonoras de uma fonte pontual omnidirecional podem se propagar, por exemplo, de forma esférica ou semiesférica.

Quando a fonte de ruído está elevada do chão, originam-se as ondas sonoras esféricas. Quando a fonte sonora está fixa em uma superfície (o chão, por exemplo), originam-se as ondas sonoras semiesféricas.

Uma aeronave, um alto-falante no alto de um mastro, ou um automóvel isolado, por exemplo, podem ser considerados como fontes pontuais se suas dimensões forem pequenas quando comparadas com a distância em relação ao receptor.

Figura 3 - FONTE PONTUAL: ondas esféricas.



Fonte: Bies e Hansen (2009).

Como a intensidade sonora equivale à potência sonora que atravessa, numa direção perpendicular, uma determinada área de superfície, para uma onda esférica, sendo r a distância da esfera (m) e W a potência irradiada (W), a intensidade sonora I (W/m^2) pode ser representada pela equação 3.11 (BISTAFA, 2011):

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (W/m^2) \quad (3.11)$$

A intensidade é, então, para uma fonte pontual, inversamente proporcional ao quadrado da distância entre a fonte e o ponto de recepção (lei do inverso do quadrado da distância).

Como o nível de intensidade sonora pode ser representado pela equação $L_I = 10 \log(I) + 120$ (dB) e o nível de potência sonora, pela equação $L_W = 10 \log(W) + 120$ (dB), para fontes esféricas, temos:

$$L_I = 10 \log\left(\frac{W}{4\pi r^2}\right) + 120 = 10 \log(W) + 120 - 10 \log(4\pi r^2)$$

$$L_I = L_W - 10 \log(r^2) - 10 \log(4\pi)$$

Logo, o nível de pressão sonora, para uma fonte esférica omnidirecional e longe de superfícies refletoras, pode ser descrito por:

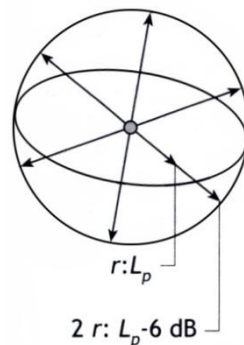
$$L_p = L_I = L_W - 20 \log(r) - 11 \quad (\text{dB}) \quad (3.12)$$

Onde:

L_I é o nível de intensidade sonora (dB); W é a potência sonora (W/m^2); L_W é o nível de potência sonora (dB); e r é a distância à fonte sonora (m).

Isso corresponde a uma queda de 6 dB no nível de pressão sonora a medida que a distância da fonte é duplicada (ver figura 4).

Figura 4 - FONTE PONTUAL: Variação do nível sonoro com a distância.



Fonte: Bistafa (2011).

No entanto, quando a fonte é direcional, o nível de pressão sonora depende também da direção do receptor em relação à fonte sonora e a equação apresentada anteriormente passa a ser:

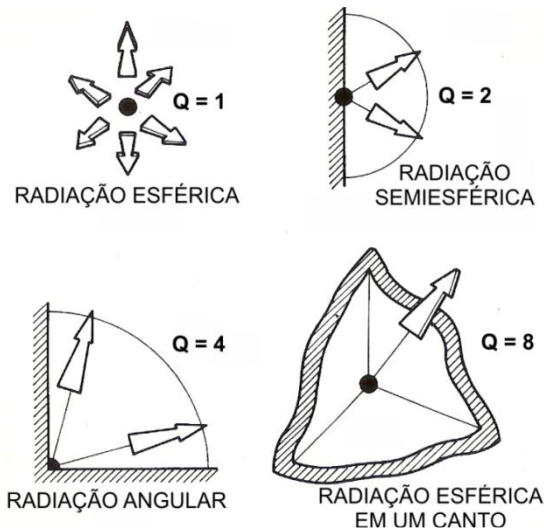
$$L_p = L_I = L_W + DI - 20 \log(r) - 11 \quad (dB) \quad (3.13)$$

Onde DI é o índice de diretividade da fonte na direção θ , em decibel (dB).

Quando uma fonte pontual omnidirecional é colocada no chão, por exemplo, sua diretividade deve ser considerada, uma vez que a mesma estará apenas irradiando em um espaço referente a uma semiesfera.

O efeito da presença de superfície na diretividade de uma fonte pode ser observado na Figura 5, a partir do fator de diretividade Q_θ correspondente.

Figura 5 – FATOR DE DIRETIVIDADE: Efeito da presença de superfície.



Fonte: Bies e Hansen (2009), adaptação própria.

O índice de diretividade DI se relaciona com o fator de diretividade Q_θ da seguinte forma:

$$DI = 10 \log Q_\theta \quad (3.14)$$

Para uma fonte semiesférica, longe de superfícies refletoras, teremos $Q = 2$ e $DI = 3$. Substituindo na Equação 3.21, teremos:

$$L_p = L_W + DI - 20 \log(r) - 11 = L_W + 3 - 20 \log(r) - 11$$

Logo,

$$L_p = L_I = L_W - 20 \log(r) - 8 \quad (dB) \quad (3.15)$$

A relação entre os níveis de pressão sonora (L_{p1} e L_{p2}) em dois pontos, para uma fonte pontual, é dada por:

$$L_{p2} - L_{p1} = 20 \log\left(\frac{r_1}{r_2}\right) \quad (3.16)$$

Onde r_1 e r_2 são as distâncias à fonte sonora (m).

3.2.10.2 Fonte Sonora Linear – fonte em linha

Fonte sonora linear ou cilíndrica é aquela que corresponde conceitualmente a um segmento de reta de grande dimensão formado, normalmente, por diversas fontes pontuais muito próximas entre si, emitindo uma potência sonora constante em todas as direções. As ondas sonoras de uma fonte linear se propagam em forma de cilíndrica.

Tubulações onde escoam gases a altas velocidades e vias de tráfego de veículos, com rodovias de alta velocidade e com elevada densidade de trânsito, podem ser consideradas fontes lineares se suas dimensões forem pequenas quando comparadas com a distância em relação ao receptor (Bistafa, 2011).

Para uma onda cilíndrica, sendo l o comprimento da fonte sonora (m), r a distância da fonte (m) e W a potência irradiada (W), a intensidade sonora I (W/m^2) pode ser representada pela seguinte equação:

$$I = \frac{W}{2\pi r l} \quad (W/m^2) \quad (3.17)$$

Como o nível de intensidade sonora pode ser representado pela equação $L_I = 10 \log(I) + 120$ (dB) e o nível de potência sonora $L_W = 10 \log(W) + 120$ (dB), para fontes lineares, temos:

$$L_I = 10 \log\left(\frac{W}{2\pi r l}\right) + 120 = 10 \log(W) + 120 - 10 \log(2\pi r l)$$

$$L_I = L_W - 10 \log(r l) - 10 \log(2\pi)$$

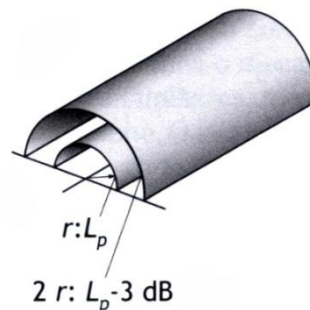
Logo,

$$L_p = L_W - 10 \log(rl) - 8 \quad (3.18)$$

Onde: L_W é o nível de potência sonora (dB); r é a distância à fonte sonora (m); e l é o comprimento da fonte sonora (m).

Percebe-se daí que, ao se dobrar a distância da fonte linear, o nível de pressão sonora cai 3 dB.

Figura 6 - FONTE LINEAR: Variação do nível sonoro com a distância.



Fonte: Bistafa (2011).

Considerando o índice de diretividade DI , a equação anterior fica:

$$L_p = L_W + DI - 10 \log(rl) - 8 \quad (3.19)$$

Quando uma fonte cilíndrica encontra-se sobre uma superfície (o chão, por exemplo), a uma distância r (m) de uma fonte de comprimento l (m), com a potência irradiada W (W), a intensidade sonora I (W/m^2) pode ser representada pela seguinte equação:

$$I = \frac{W}{\pi r l} \quad (W/m^2) \quad (3.20)$$

Logo, o nível de pressão sonora será:

$$L_p = L_W - 10 \log(rl) - 5 \quad (dB) \quad (3.21)$$

Se o comprimento da fonte linear for muito maior que a distância em relação ao ponto receptor, pode-se considerar que a propagação ocorre apenas em duas dimensões. Assim, para uma unidade de comprimento, tem-se:

$$L_p = L_W - 10 \log(r) - 5 \quad (\text{dB}) \quad (3.22)$$

Onde L_W é o nível de potência sonora de uma unidade de comprimento da fonte.

Com o aumento da distância entre a fonte e o receptor, as características da propagação do ruído emitido, por exemplo, por uma via de tráfego, vão ficando semelhante às da propagação semiesférica de uma fonte pontual (FERNANDES, 2002).

A relação entre os níveis de pressão sonora (L_{p1} e L_{p2}) em dois pontos, para uma fonte linear, é dada por:

$$L_{p2} - L_{p1} = 10 \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right) \quad (3.23)$$

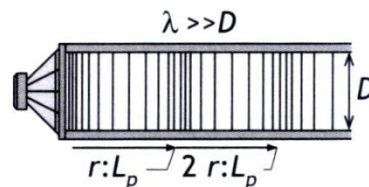
Onde r_1 e r_2 são as distâncias à fonte sonora (m).

3.2.10.3 Fonte Sonora Plana

Fonte sonora plana é aquela que corresponde conceitualmente a um plano. Um pistão que trabalha no interior de um tubo e a transmissão de ruído de uma casa de máquinas através de uma porta, janela ou parede podem ser considerados exemplos de fontes sonoras planas.

Considerando-se que não haja dissipação de energia sonora através das superfícies limitadoras, o fluxo de energia sonora é constante, fazendo com que a pressão sonora apresente o mesmo valor em qualquer ponto, independente da distância à fonte (FERNANDES, 2002).

Figura 7 - FONTE PLANA: Variação do nível sonoro com a distância.



Fonte: Bistafa (2011).

3.2.11 Equação Básica da Propagação Sonora ao Ar-livre

Segundo Bistafa (2011), para uma fonte omnidirecional, a equação básica da propagação sonora ao ar-livre seria:

$$L_p(r, \theta) = L_I = L_W + DI_\theta - 20 \log(r) - 10 \log\left(\frac{\Omega}{4\pi}\right) - A_{combinada} - 11 \quad (dB) \quad (3.24)$$

Ou seja, a Equação 3.23 acrescida de duas parcelas, onde Ω é o ângulo sólido disponibilizado pela fonte para livre propagação e $A_{combinada}$ é a combinação de todas as atenuações ocorridas entre a fonte e o receptor.

3.3 RUÍDO E RUÍDO URBANO

3.3.1 Ruído

São muitas as definições de ruído. A Norma NBR 12179 (1992), por exemplo, define ruído como a “mistura de sons cujas frequências não seguem nenhuma lei precisa, e que diferem entre si por valores imperceptíveis ao ouvido humano” (ABNT, 1992).

Bistafa (2011) define o ruído como um som sem harmonia, geralmente de conotação negativa, pois, para ele, existem sons desejáveis que poderiam ser fisicamente classificados como ruídos, mas que transmitem informações úteis (avisos, problemas em motores).

Seguindo a mesma ideia, Gerges (2000) aponta o ruído como um conjunto de sons sem harmonia, sons confusos, ou qualquer sensação auditiva que incomode ou perturbe o homem nas suas atividades. Desse modo, poderia ser entendido como todo o som desagradável ou indesejável ao receptor, que pode prejudicar os homens nas realizações de suas atividades. Sob esse mesmo prisma, a Organização Mundial da Saúde (OMS), desde 1989, tem tratado o ruído como um problema de saúde pública, devido aos efeitos nocivos – físicos e psicológicos - à saúde dos indivíduos.

Considerando como algo que afeta a saúde dos indivíduos, o ruído também pode ser definido como qualquer som indesejável, desagradável ou perturbador, física, social⁸ ou psicologicamente, para quem o ouve (DERISIO, 2007). Como depende de fatores psicológicos de tolerância de cada indivíduo, a identificação de um som como ruído pode variar de uma pessoa para outra e varia na sua composição em termos de frequência, intensidade e duração.

3.3.2 Classificação do ruído

a) Quanto à variação do nível de intensidade com o tempo

A ISO 2204:1979 (*International Standard Organization*, 1979), classifica os ruídos segundo a variação de seu nível de intensidade com o tempo, em contínuos, intermitentes ou de impacto.

⁸ “Grifo nosso”.

- i. **Ruídos contínuos:** são ruídos com variações de níveis de pressão sonora desprezíveis durante o período de observação ($\pm 3dB$). São característicos de chuva, motores elétricos e compressores (NBR 7.731, 1983).

Gráfico 5 – Ruído Contínuo.



Fonte: Fernandes (2002).

- ii. **Ruídos intermitentes:** são ruídos com variações de nível de pressão sonora contínuas de um valor apreciável durante o período de observação (superior a $3dB$). São os ruídos mais comuns do cotidiano, como os originados do trânsito de veículos, soldagem, afiação de ferramentas e esmerilhamento de peças (NBR 7.731, 1983).

Gráfico 6 – Ruído Flutuante.



Fonte: Fernandes (2002).

- iii. **Ruídos de impacto ou impulso:** são aqueles que se apresentam em picos de energia acústica de duração inferior a um segundo (NR 15, 2011). São ruídos provenientes de explosões e impactos, comuns em rebidadeiras, prensas excêntricas, guilhotinas, britadeiras, etc. (NBR 7.731). Considerados por Feldman e Grimes (1985, *apud* Russo, 2009) como os ruídos mais nocivos à audição, com intensidades que variam de 100 dB para os ruídos de impacto e acima de 140 dB para os ruídos impulsivos.

Gráfico 7 – Ruído Impulsivo.



Fonte: Fernandes (2002).

b) **Quanto à situação do ambiente acústico**

A Norma ISO 1996/1 (*Acoustics – Description and measurement of environmental noise, Part 1*, 1982), classifica os ruídos, quanto à situação do ambiente acústico no momento da medição, da seguinte forma:

- i. **Ruído ambiental:** também denominado **ruído comunitário, doméstico** ou **residencial** (BERGLUND *et al.*, 1999), é o ruído proveniente de todas as fontes sonoras, situadas próximas ou afastadas. São os ruídos do tráfego de veículos (rodoviário, ferroviário, aeronáutico), pássaros, construção civil (máquinas), indústrias, serviços públicos e vizinhanças.⁹
- ii. **Ruído específico:** é o ruído da fonte que se deseja investigar, ou seja, pode ser identificado e associado a uma fonte específica.
- iii. **Ruído residual:** também denominado **ruído de fundo**, é o ruído ambiental sem o ruído específico, ou seja, pode ser identificado em um local quando é eliminado o ruído da fonte específica (que se deseja investigar).
- iv. **Ruído inicial:** é o ruído em um ponto determinado antes de ocorrerem mudanças no local a ser investigado que possam vir a interferir no ruído ambiental, como antes da construção de barreiras ou da implementação de indústria ou comércio.

⁹ Com exceção do ruído produzido no ambiente de trabalho, que recebe o nome de ruído ocupacional.

3.3.3 Ruído Urbano

Ruído urbano é o ruído ambiental proveniente do meio urbano. Ou seja, é produzido por todas as fontes múltiplas, fixas e móveis, que integram determinado ambiente sonoro de uma área urbana: tráfego de veículos (automóveis, trens e aviões), máquinas (aparelhos de ar-condicionado ou calefação, britadeiras e serras elétricas), alarmes, sirenes, aparelhos de som, cultos religiosos, casas noturnas e latidos de cães.

O mais comum e mais relevante é o ruído produzido por fontes móveis, como aquele oriundo de tráfego de veículos, ruído industrial e de atividades de lazer externas (FERNANDES, 2002). Sendo assim, o ruído urbano não é estacionário, pois apresenta variações no tempo por meio de quebras e picos (flutuações), tornando-se necessário, para sua caracterização, recorrer a um valor médio após um tempo representativo de medição.

A maioria dos estudos sobre ruído urbano enfatiza a parcela produzida pelo tráfego de veículos nas vias, pois, segundo Nunes (1999), é comprovadamente a que causa maior incômodo à população.

Nunes (1999) ressalta também que, diferente do que ocorre em estradas e rodovias, os veículos dificilmente se movem com fluidez nas áreas urbanas. Há pequenos períodos em que o trânsito flui livremente e períodos em que o trânsito está completamente parado. O ruído de tráfego costuma ser mais intenso nos cruzamentos, devido às acelerações e desacelerações; os veículos trafegam com baixas e médias velocidades, em marcha lenta e motores com altas rotações, predominando ruídos provenientes dos motores e escapamentos.

3.3.4 Poluição Sonora

De acordo com a Lei 6.938/1981 (Brasil, 1981), “Poluição Ambiental é a degradação da qualidade ambiental, resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; ou lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos”.

Quando os ruídos alcançam níveis tidos como prejudiciais à saúde e ao sossego público, diz-se que ocorre a poluição sonora (MOTA, 1997 *apud* ARAÚJO, 2006), níveis esses nocivos e/ou que transgridem às regulamentações vigentes.

Nos centros urbanos, a poluição sonora difere das demais formas de poluição especialmente pela dificuldade de ser combatida, pois as fontes são muitas, produzidas em toda parte, e cada uma exige uma forma de controle diferenciada. Além disso, os problemas causados pelas outras formas de poluição são mais evidentes e mais perceptivos - como a atmosférica e a visual, por exemplo -, o que faz com que a poluição sonora seja vista como um “mal silencioso”, pois seus efeitos nocivos não são facilmente percebidos, são sentidos individualmente e a longo prazo.

Segundo a nova avaliação sobre o impacto do ruído urbano lançada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) na Europa, a poluição sonora, especialmente proveniente do tráfego rodoviário, ferrovias e aeroportos, é um problema crítico de saúde pública e já é o segundo maior problema ambiental que afeta a saúde após a poluição do ar (WHO, 2011).

3.3.5 Efeitos do ruído à saúde

A poluição sonora não prejudica somente a audição, apesar de seus efeitos serem percebidos e melhor caracterizados nesse sentido. Provoca também outros graves problemas de saúde, dependendo da intensidade e tempo de exposição do ruído a que os indivíduos são submetidos (BUENO, 1995). Ou seja, além dos efeitos no aparelho auditivo, como a perfuração do tímpano ou a perda temporária ou permanente da audição (podendo levar à surdez total), o ruído provoca efeitos não auditivos fisiológicos, psicológicos e/ou comportamentais (BARRIO, 1997).

A interferência de um ruído muito intenso com outros sons prejudica a discriminação de sons; afeta, segundo Fitch (*apud* VILLAS BOAS, 1995), o desempenho das atividades (ler, escrever, trabalhar, etc.); dificulta o aprendizado, a concentração e a comunicação oral; interfere no sono e no repouso, no lazer e até no relacionamento dos indivíduos (dificuldade de comunicação oral).

O aumento da pressão cardíaca e da pulsação e reflexos respiratórios são efeitos de ruídos de curta duração; o *stress* e a pressão alta, de ruídos muito frequentes; as perturbações do sono (insônia, alterações no ritmo e intensidade do sono), o aumento da frequência

cardíaca, a deterioração do humor, o cansaço, a dor de cabeça e a dor de estômago, são efeitos não auditivos de ruídos a longo prazo. Quanto maior for a intensidade de eventos ruidosos, maior será a dose cumulativa que um indivíduo recebe ao longo de sua vida e maiores serão os danos à sua saúde. (ALMANAQUE BRASIL SOCIOAMBIENTAL, 2007).

Gerges (2000) ressalta que a poluição sonora provoca complicações nos sistemas circulatórios e hormonais. Bistafa (2011) acrescenta que ela também pode provocar distúrbios respiratórios além de desencadear distúrbios mentais.

A irritação, a neurose e a depressão são alguns dos problemas psicológicos gerados pelo excesso de ruído e que podem, por sua vez, gerar complicações no relacionamento familiar (ALMANAQUE BRASIL SOCIOAMBIENTAL, 2007).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) alerta que a poluição sonora pode até levar à morte. De acordo com pesquisas feitas no continente europeu, muitas pessoas morreram em decorrência de problemas de saúde desencadeados ou agravados por exposição excessiva a ruídos. O sono, quando interrompido, acelera o envelhecimento celular e provoca o aparecimento de doenças degenerativas, como diabetes, hipertensão, etc. (WHO, 2011).

A gravidade dos efeitos na saúde devido ao ruído pelo número de pessoas afetadas, de acordo com pesquisa da OMS na Europa, é apresentada esquematicamente na figura 8.

Figura 8 – Gravidade dos efeitos do ruído à saúde e pessoas afetadas.



Fonte: Babisch (2002) apud WHO (2011).

3.4 LEIS, NORMAS E RESOLUÇÕES DE RUÍDO AMBIENTAL

O ruído ambiental é um problema mundial, mas cada país o trata de modo diferente (MELO, 2011). De acordo com Gerges (2000), os países industrializados têm suas próprias normas e recomendações sobre índices e níveis de ruído para vários tipos de ambientes.

3.4.1 Normas Internacionais

A *International Organization for Standardization (ISO)* é uma das principais organizações internacionais para normatizações. Ela apresenta metodologias e procedimentos de comparação dos resultados, necessários para avaliação de ruído ambiental (*BRÜEL & KJÆR apud GUEDES, 2005*).

A norma ISO 1996 - *Acoustics: Description and measurement of environmental noise* (Acústica: descrição, medição e avaliação do ruído ambiental) - define os conceitos básicos usados na descrição do ruído ambiental, descreve procedimentos de avaliação e fornece métodos para a aquisição de dados. É dividida em 3 Partes: ISO 1996, *Part 1* (1982) - *Basic quantities and procedures* (conceitos e procedimentos básicos); ISO 1996, *Part 2* (1987) - *Acquisition of data pertinent to land use* (aquisição de dados pertinentes ao uso do solo); e ISO 1996, *Part 3* (1987) - *Application to noise limits* (aplicação de limites de ruído).

A norma ISO 9613 - *Acoustics: Attenuation of Sound during Propagation Outdoors* (Atenuação do som durante propagação ao ar livre) – apresenta um método para cálculo de propagação sonora ao ar livre, considerando vários efeitos de propagação sobre o solo, inclusive a absorção pelo ar. É dividida em duas partes: ISO 9613, *Part 1* (1993) - *Calculation of the absorption of sound by the atmosphere* (cálculo da absorção sonora pela atmosfera); e ISO 9613, *Part 2* (1996) - *General method of calculation* (método geral de cálculo).

As normas internacionais podem ser muito úteis na avaliação do ruído e podem ser aplicadas diretamente ou como referência às normas nacionais (GUEDES, 2005). No Brasil, por exemplo, não há métodos e critérios específicos para a avaliação do ruído ambiental, sendo necessário para isso recorrer a legislações e experiências de outros países (BISTAFA, 2011).

3.4.2 Leis, Normas e Resoluções Nacionais

No Brasil foram estabelecidas normas, leis e regulamentações que apresentam devidas concessões e proibições para o controle dos níveis de intensidade sonora, visando melhorar a qualidade de vida da população, uma vez que o capítulo VI da Constituição Brasileira estabelece a todos os cidadãos o direito ao meio ambiente equilibrado, bem de uso comum e essencial à sadia qualidade de vida.

A Constituição Federal estabelece também as competências da União, dos Estados e do Distrito Federal de legislar, entre outros assuntos, sobre florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção ao meio ambiente e controle da poluição; além da proteção ao patrimônio histórico, cultural, artístico, turístico e paisagístico (art. 24).

Segundo o artigo 30 da Constituição Federal, compete aos Municípios legislar, entre outros assuntos, sobre assuntos de interesse local, prestar serviços públicos também de interesse local e promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano.

A Lei Nº 6938/1981 dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e institui o Cadastro de Defesa Ambiental, detalhando a distribuição de competências entre os entes da Federação.

Para efeitos dessa Lei, a poluição é definida como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; ou lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Os Municípios e os órgãos ambientais e de trânsito, para controlar a poluição sonora, utilizam-se das normas técnicas desenvolvidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pelo Instituto Brasileiro de Normatização e Metrologia (INMETRO). Essas normas são periodicamente atualizadas de acordo com a evolução tecnológica e são elas que definem os parâmetros que caracterizam um ruído como poluição (PEREIRA JR., 2002).

A norma NBR 10.151 (2000) apresenta um método para medição do ruído, aplicação de correção nos níveis medidos (de acordo com a duração, característica especiais e fator de pico) e uma comparação entre o nível sonoro corrigido (L_c) e o nível de critério de avaliação (NCA) que leva em conta os vários fatores ambientais. Estabelece, também, as condições para se efetuar as medições de ruído – em ambientes externos, por exemplo, estipula que as medições devem ser feitas a 1,2 m acima do solo e, no mínimo, a 1,5 m de qualquer superfície refletora – e as condições de avaliação do ruído em comunidades independentemente da existência de reclamações (BISTAFA, 2011).

A tabela 2 apresenta o nível de critério de avaliação a ser considerado nas avaliações de níveis de ruído para diversas áreas em ambientes externos, segundo a NBR 10.151 (2000).

Tabela 2 - Nível de critério de avaliação NCA p/ ambientes externos, em dB(A).

Tipos de áreas	NCA Diurno	NCA 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 industrial	70	60
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: NBR 10.151 (2000).

A Resolução nº 1 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 1990, estabelece os níveis máximos aceitáveis de emissões de ruído para diversas atividades e apresenta critérios de controle da poluição sonora no território brasileiro. De acordo com esta resolução, todas as atividades geradoras de ruído devem seguir a diretrizes vinculadas à ABNT, de acordo com a NBR 10.151 (2000), e ao Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), no caso de ruídos produzidos por veículos automotores.

O Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora – Silêncio – disposto pela Resolução nº 2/1990 do CONAMA e coordenado pelo Instituto Brasileiro do meio Ambiente e dos recursos Renováveis (IBAMA), visa capacitar pessoal por meio de cursos técnicos, divulgar junto à população matéria educativa e conscientizadora dos efeitos prejudiciais causados pelo excesso de ruído, além de incentivar a produção de equipamentos menos ruidosos.

As Resoluções nº 1 e nº 2 do CONAMA, de 1993, discorrem sobre os limites máximos de ruídos, com o veículo em aceleração e na condição parado, para veículos automotores nacionais e importados; o Código de Trânsito Brasileiro, instituído pela Lei nº 9.503/1997 trata do controle da poluição sonora em seu art. 104 emitido por veículos em circulação, mediante inspeção obrigatória, na forma e periodicidade estabelecidas pelo CONAMA (art. 104); e a Resolução nº 204/2006 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), regulamenta o art. 228 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB) quanto aos volumes dos aparelhos de sons instalados em veículos e apresenta uma metodologia de avaliação e os casos em que esta se aplica.

A Lei das Contravenções Penais (Lei nº 3.688/1941) considera a poluição sonora uma contravenção referente à paz pública (art. 42). E a Lei nº 9.605/1998 dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, considerando crime causar poluição de qualquer natureza em níveis que resultem ou possam vir a resultar em danos à saúde humana, morte de animais, ou destruição significativa da flora” (art. 54).

3.4.3 Legislações do Município de Belém

Em Belém, os órgãos e entidades que se ocupam com os problemas decorrentes da poluição sonora, são: a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), a Divisão Especializada em Meio Ambiente (DEMA) e a Companhia de Transportes do Município de Belém (CTBEL).

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), criada pela lei nº 8.233/2003, tem a finalidade de definir e gerir a política municipal de meio ambiente, através do planejamento, coordenação, supervisão, execução e controle das atividades que visem à conservação, proteção, preservação, recuperação e restauração da qualidade do meio ambiente; e das áreas verdes públicas localizadas no Município de Belém. A Divisão Especializada em Meio Ambiente (DEMA), antiga Delegacia Especializada em Meio Ambiente criada pela Lei. 9.605/98, exerce as funções de Polícia Judiciária na apuração de crimes ambientais ocorridos no âmbito do Estado do Pará, atuando na repressão de atos e condutas lesivas ao meio ambiente. Enquanto que a CTBEL, criada pela Lei nº 7.475/1989, é a entidade gestora do sistema de transporte e trânsito no Município de Belém, aplica medidas

legais cabíveis incluídas no Código de Trânsito Brasileiro e legislação em vigor, no sentido de assegurar a qualidade de vida da população.

Dentre as legislações municipais, as que apresentam devidas concessões e proibições para o controle dos níveis de intensidade sonora são: a Lei Ambiental do Estado do Pará, o Código de Posturas do Município de Belém, O Plano Diretor do Município de Belém, a Lei Nº 7990/2000 e a Lei Complementar de Controle Urbanístico e o Plano Diretor de Belém.

A Lei Ambiental do Estado do Pará, lei Nº 5.887/1995, dispõe entre outras coisas sobre a Política Estadual do Meio Ambiente. No título IV, Capítulo II, Seção IV, trata especificamente da Poluição Sonora e diz que os níveis máximos permitidos dos sons, ruídos e vibrações, bem como as diretrizes, critérios e padrões, para o controle da poluição sonora interna e externa, decorrentes de atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive de propaganda política e outras formas de divulgação sonorizada, serão estabelecidos em normas específicas (art. 26) e que os ruídos e sons produzidos por veículos automotores deverão atender aos limites estabelecidos pelo Poder Público, em consonância com a legislação federal pertinente (art. 27).

O Código de Posturas do Município de Belém, Lei 7.055/1977, apresenta, no Título IV, Capítulo III, sobre a Poluição Sonora medidas a serem adotadas para impedir ou reduzir a poluição proveniente de sons e ruídos excessivos, como a proibição de estabelecimentos cujas atividades produzam ruídos, sons excessivos ou incômodos (art. 63).

O Plano Diretor do Município de Belém, Lei nº 8.655/2008, estabelece no capítulo III, seção II, art. 42, diretrizes da Política Municipal de Mobilidade Urbana que visam, entre outras coisas, garantir boas condições de conforto ambiental no Sistema de Mobilidade Urbana por meio de programas e sistemas de controle, monitoramento e fiscalização de emissão de poluentes e ruídos em veículos automotores. E, no Capítulo III, seção II, subseção XII, art. 188 diz que a instalação de empreendimentos de impacto no Município deve ser condicionada à aprovação do Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança e seu respectivo Relatório de Impacto (EIV/RIV), incluindo, entre outras, a análise da geração de ruído.

A Lei Nº 7990/2000, conhecida como a “lei do silêncio”, dispõe sobre o controle e o combate à poluição sonora no âmbito do Município de Belém, proibindo sons excessivos, vibrações ou ruídos incômodos de qualquer natureza que ultrapassem os limites estabelecidos na lei que venham perturbar o sossego e o bem estar público (art. 2º). Segundo o art. 7º, a

emissão de sons ou ruídos em decorrência de qualquer atividade no município de Belém, e seus níveis de intensidade, são fixados de acordo com as recomendações da NBR 10.151 da ABNT, ou a que lhe suceder.

O Art. 11 desta mesma lei, diz que qualquer estabelecimento ou atividade que utilize sonorização com imissão ou emissão de som ou ruído acima de setenta decibel, deverá obter o licenciamento do órgão ambiental responsável para seu funcionamento, e poderá ser exigido o uso de revestimento acústico. Quanto à emissão de sons ou ruídos produzidos por veículos automotores, ciclomotores, de tração animal, aeroplanos e aeródromos obedecerão às normas expedidas respectivamente pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, e pelos órgãos competentes, devendo o órgão municipal responsável pela política ambiental empreender a fiscalização e aplicação das penalidades previstas na lei (art. 13).

A Lei Complementar de Controle Urbanístico (LCCU), de 1999, dispõe sobre o parcelamento, ocupação e uso do solo urbano do Município de Belém, classifica as atividades potencialmente geradoras de ruído e estabelece requisitos externos de instalação sonora mecânica, por nível de incomodidade de ruído com relação ao nível sonora na fonte. O quadro 1 mostra essa relação.

Quadro 1 - Classificação de atividade por nível na fonte.

NÍVEL 1		NÍVEL 2		NÍVEL 3		REQUISITOS DE INSTALAÇÃO	
Com fonte de ruído cujas medidas a 1,00m da mesma não excedam:		Com fonte de ruído cujas medidas a 1,00m da mesma sejam maiores que as do Nível 1 e não excedam:		Com fonte de ruído cujas medidas a 1,00m da mesma excedam:		Não deve ultrapassar o Nível de Pressão Sonora nos limites da propriedade:	
Horário	L_p dB(A)	Horário	L_p dB(A)	Horário	L_p dB(A)	Horário	L_p dB(A)
6:00 /18:00	80	6:00 /18:00	90	6:00 /18:00	>90	6:00 /18:00	65
18:00 /22:00	75	18:00 /22:00	85	18:00 /22:00	>85	18:00 /22:00	60
22:00 /6:00	65	22:00 /6:00	75	22:00 /6:00	>75	22:00 /6:00	50

Fonte: Município de Belém, 1999.

O capítulo II, seção I, artigo 12, desta mesma lei (LCCU) apresenta critérios de controle da instalação de diversos usos, impedindo que atividades potencialmente poluentes se estabeleçam em locais inadequados; e, na seção II, estabelece critérios de controles das emissões por veículos automotores, mediante monitoramento das emissões e desconcentração da circulação (especialmente de ônibus e caminhões).

As atividades potencialmente geradoras de ruído, de acordo com a LCCU, estão dispostas no quadro 2.

Quadro 2 - Atividades geradoras de ruído.

COMÉRCIO:
Concessionárias de revenda de veículos com oficina;
Comércio de acessórios para veículos com instalação de som e/ou equipamentos;
Estabelecimentos em geral, que façam uso de som;
Lojas de material de construção não acabado (areia, barro, cimento, madeira, ferro e similares);
Comércio de peixes ornamentais, pássaros e animais domésticos;
SERVIÇOS:
Cinemas, teatros, auditórios e estúdios de rádio e TV com auditórios;
Estádios e ginásios esportivos;
Clubes esportivos e recreativos, boliches, ringues de patinação; agremiação carnavalesca; aluguel de veículos para recreação;
Bares, restaurantes, cantinas e botequins;
Churrascarias e pizzarias;
Serviços de alimentação não especificados;
Salões para recitais e concertos, danceterias, boates, casas de "show", casas de promoção e/ou produção de espetáculos artísticos, culturais e esportivos;
Exploração de brinquedos mecânicos e eletrônicos (fliperamas, máquinas eletrônicas, etc.);
Exploração de locais e instalação para diversão, recreação e prática de esportes (parque de diversões, circos, quadras de esportes, piscinas, etc.);
Templos religiosos;
Serviços de diversão e locais de afluência de público não especificados ou não classificados;
Escolas de primeiro, segundo e terceiros graus;
Escolas de dança e música, de esporte, academia de ginástica, centro de cultura física;
Serviços veterinários (hospitais, clínicas e alojamento para animais, serviços de imunização, vacinação, tratamento de pelos e de unhas);
Marcenaria e pintura de móveis;
Oficina de veículos, máquinas e motores;
Serviços de lanternagem, pintura e solda;
Lavagem e lubrificação de veículos, lava-jato;
Garagem de ônibus, táxis e veículos transportando cargas;
Garagem e estacionamento de veículos;
Serviços gráficos e de reprodução;
Usina de tratamento de lixo;
Terminais rodoviários;
Terminais aéreos;
Portos;
Captação, tratamento e elevatório de água potável;
Usina e estação de energia elétrica.

(Continua)

Quadro 2 - Atividades geradoras de ruído (continuação).

INDÚSTRIA
Extração de produtos minerais não metálicos;
Execução de trabalhos em pedras (mármore, granito, ardósia e assemelhados);
Britamento de pedras;
Fabricação de materiais e artefatos cerâmicos ou de barro cozido;
Fabricação de pré-moldados em concreto armado;
Fabricação de argamassa;
Produção e fabricação de estruturas, artefatos de ferro, de aço e de outros metais;
Serviço e tratamento térmico e químico de galvanotécnica (cobreadura, cromagem, douração e outros);
Vulcanização e recauchutagem de pneumáticos e similares;
Beneficiamento de couros e peles;
Fabricação de artefatos de couro, peles e assemelhados;
Fabricação de tintas, solventes, vernizes, esmaltes, laças e substâncias afins;
Fabricação dos demais químicos orgânicos, inorgânicos, organo-inorgânicos, óleos, graxas, lubrificantes, aditivos, resinas, plásticos, defensivos agrícolas, fertilizantes, corantes, pigmentos, gases, derivados de petróleo, produtos farmacêuticos e veterinários;
Beneficiamento de materiais têxteis;
Fabricação e acabamento de artefatos têxteis;
Preparação, fabricação e embalagem de produtos do tabaco;
Abate e frigorificação de animais e aves;
Preparação de pescados e frigorificação;
Fabricação de produtos alimentares de origem animal;
Beneficiamento, moagem, torrefação e fabricação de produtos alimentares de origem vegetal;
Fabricação e engarrafamento de vinhos, aguardentes, cervejas e outros;
Fabricação e engarrafamento de bebidas não alcoólicas;
Fabricação de gelo;
Fabricação de papel, papelão, cartão, cartolina e celulose;
Indústrias gráficas;
Tratamento químico e térmico da madeira;
Serraria e carpintaria;
Indústrias não especificadas que geram aerodispersóides, gases e vapores.
Fabricação de armas, munições e equipamentos bélicos;
Fabricação de pólvoras, explosivos, fósforos e artigos pirotécnicos;
Indústria de produtos químicos, inflamáveis e explosivos;
Silos, armazéns, e depósitos de materiais que geram dispersóides.

Fonte: Município de Belém, 1999.

3.5 FORMA URBANA

3.5.1 Introdução

De modo simplificado, a forma urbana corresponde ao meio físico construído por um conjunto de objetos arquitetônicos ligados entre si por relações espaciais (LAMAS, 1974).

A forma urbana, a partir das suas características físicas exteriores e de sua constante modificação no tempo, é o objeto de estudo da morfologia urbana. Trata-se de uma dimensão específica da cidade, uma imagem que os indivíduos fazem das características físicas dos objetos arquitetônicos e urbanos - edifícios, praças, ruas, etc. – e um reflexo real de um conjunto de fatores socioeconômicos, políticos e culturais em um determinado momento histórico.

De modo mais amplo, Lamas (1974) a definiu como o *“aspecto da realidade ou modo como se organizam os elementos morfológicos que constituem e definem o espaço urbano, relativamente à materialização dos aspectos de organização funcional – residencial, escolar, comercial, industrial, etc. - e quantitativa - densidades, superfícies, fluxos, coeficientes volumétricos, dimensões, perfis, etc. - e dos aspectos qualitativos – isolamento térmico, isolamento acústico, acessibilidade, etc. - e figurativos”* – relacionados essencialmente com a comunicação estética.

Para Lamas (1974), o termo “morfologia” é utilizado para designar a ciência que estuda as formas e os fenômenos que lhe deram origem. Portanto a morfologia urbana necessitaria de dados convergentes de diferentes disciplinas – economia, sociologia, história, geografia, meteorologia, arquitetura, etc. – para compreender a forma urbana e seu processo de formação.

Pereira (1982, *apud* OLIVEIRA, 1988) definiu a forma urbana como um *“produto das relações estabelecidas pelo homem entre a morfologia da massa edificada e a morfologia dos espaços exteriores de permanência e circulação, e entre essas morfologias e a morfologia do solo/paisagem (geomorfologia do sítio urbano)”*. Esta definição, conseqüentemente, exige o conhecimento dos diversos arranjos morfológicos (massa edificada, morfologia dos espaços exteriores e morfologia do solo/paisagem) com certa descontinuidade da massa edificada em relação aos outros arranjos (OLIVEIRA, 1988).

A análise de uma forma urbana passa, então, pelo estudo de seus arranjos morfológicos e dos elementos que os compõem (elementos morfológicos). Assim, depende fortemente da escala de análise, pois os elementos integrantes a serem considerados são diferentes quando se trata de uma rua, uma praça, um bairro ou uma cidade.

3.5.2 Dimensões Espaciais Urbanas (Escala Urbanas)

Segundo Lamas (1974), os estudos morfológicos da cidade tratam o meio urbano dividindo-o em partes (elementos morfológicos), considerando a articulação destas entre si e com o conjunto que definem os lugares que constituem o espaço urbano. Para isso, propõe a divisão em três dimensões espaciais, com base na classificação de Jean Tricart (1963 *apud* LAMAS, 1974): a dimensão territorial, a dimensão urbana e a dimensão setorial¹⁰.

A dimensão territorial, ou a Escala da Cidade (ROSSI *apud* BARROS, 2004), é a que corresponde essencialmente às articulações entre os bairros, com seus macrossistemas de arruamentos e zonas (habitacionais, centrais ou produtivas), distribuídas no espaço geográfico (LAMAS, 1974).

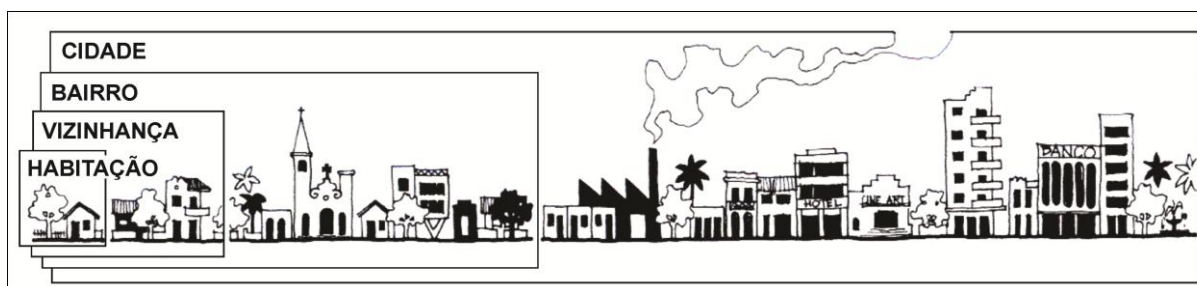
A dimensão urbana, ou Escala de Bairro (ROSSI *apud* BARROS, 2004), é a que define basicamente a área urbana. Pressupõe uma estrutura de ruas (traçados), praças, quarteirões, monumentos, jardins e áreas verdes ou demais formas à escala inferior. Ou seja, corresponde a partes homogêneas e identificáveis (ou até a totalidade) de uma cidade (LAMAS, 1974; BARROS, 2004).

A dimensão setorial, a Escala da Rua (ROSSI *apud* BARROS, 2004) ou da vizinhança, trata-se da menor unidade ou porção do espaço urbano. Em um ponto o observador consegue abarcar toda a unidade espacial do conjunto. Dentre os elementos morfológicos e características dessa dimensão, podem ser destacados: o mobiliário urbano, as fachadas, os pavimentos, as cores, as texturas, os letreiros, as árvores ou as estruturas verdes e os monumentos isolados (LAMAS, 1974).

A figura 9 ilustra a escala arquitetônica (escala da habitação) e as diferentes escalas urbanas utilizadas nos estudos morfológicos de cidades.

¹⁰ Este trabalho utiliza a dimensão setorial.

Figura 9 – Diferentes escalas urbanas: esboço ilustrativo.



Fonte: Santos (1988).

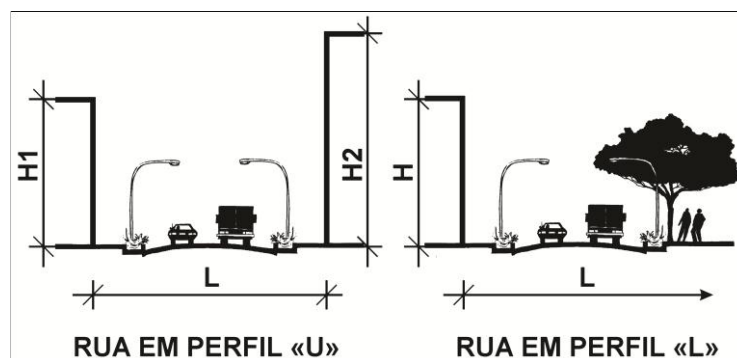
3.5.3 Elementos da forma urbana

A massa edificada e os espaços que permeiam, ou seja, os cheios e vazios urbanos são os elementos estruturais da forma urbana. São eles que permitem a leitura dos demais elementos morfológicos urbanos, como: o sítio, o lote, a fachada, o traçado ou a rua, o monumento, o mobiliário urbano, os edifícios, o quarteirão ou a quadra, a calçada, a praça e a vegetação.

Para análises urbanas em escala setorial torna-se necessário explicar que a rua não consiste apenas na via de circulação, mas também no seu entorno imediato, ou seja, os espaços entre as calçadas e o alinhamento das fachadas (NIEMEYER e SLAMA, 1998, *apud* GUEDES, 2005). A relação altura por largura (H/L) da rua determinam as duas configurações básicas da rua: $H/L > 0,2$, rua em “U”, presença de edifícios altos em ambos os lados; $H/L < 0,2$, rua em “L”, presença de edifícios mais altos apenas de um lado (GUEDES, 2005).

A figura 10 apresenta dois perfis de ruas com diferentes relações H/L .

Figura 10 – Perfis de Ruas.



Fonte: Autoria própria.

As relações $H/L = 2, 4$ ou 8 caracterizam os espaços claustrofóbicos ou áreas de densidade elevada; as proporções $H/L = 0,33, 0,5$ ou 1 indicam espaços de recolhimento ou áreas de densidade média; e as relações $H/L \leq 0,25$ compõem os espaços expansivos ou áreas de densidade baixa (ROMERO, 2011).

3.5.4 Forma Urbana e Ambiente Acústico

A avaliação ambiental qualitativa da forma urbana é feita a partir da identificação do clima pré-existente ou potencialmente semelhante ao da área rural do entorno urbano e do conjunto de relações e características morfológicas condicionantes ambientais da forma urbana (VILLAS BOAS, 1985; OLIVEIRA, 1988).

Dentre as características (ou atributos) da forma urbana que influenciam os condicionantes climáticos locais (temperatura, umidade, etc.) e alteram o ambiente acústico, quanto ao sítio (relevo) e à massa edificada (tipologia urbana), estão: a conformação espacial, a densidade de construção, a porosidade, a espessura, a rugosidade, o uso do solo, a orientação, a permeabilidade do solo, as propriedades dos materiais constituintes e a vegetação (VILLAS BOAS, 1985; NASCIMENTO, 1995; GUEDES, 2005).

3.5.4.1 Conformação espacial

A conformação espacial se refere ao espaçamento, disposição, altura, largura e profundidade da massa edificada (VILLAS BOAS, 1985), acrescida de aspectos geomorfológicos - solo e paisagem natural (NASCIMENTO, 1995).

Oliveira (1988) considera, entre outras, que a centralização e a continuidade e de determinados elementos morfológicos (edifícios altos, por exemplo) podem favorecer a formação de ambientes desconfortáveis e insalubres.

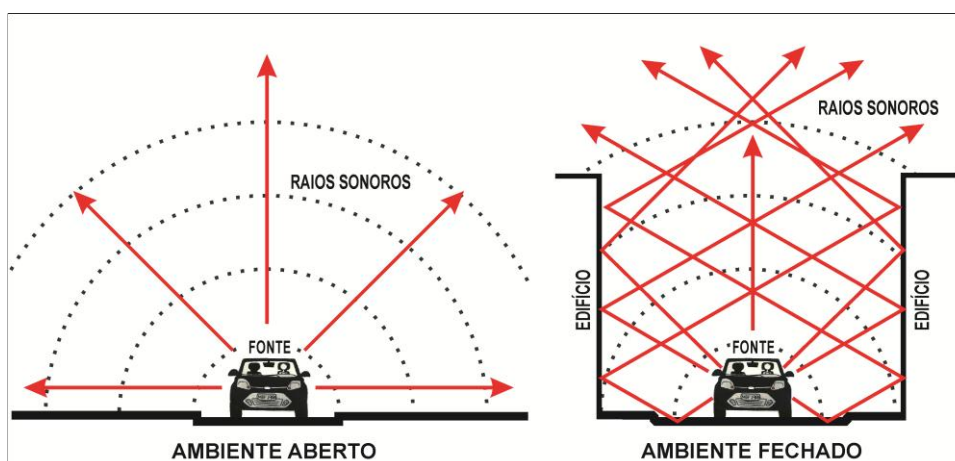
Segundo Villas Boas (1985), massas edificadas extensas e contínuas tendem a intensificar o ruído gerado dentro dos espaços urbanos, enquanto que massas edificadas

menores e descontínuas tendem a dispersar e amortecer o ruído nesses espaços, proporcionando a absorção do ruído pela atmosfera¹¹.

As edificações agem como verdadeiras barreiras acústicas quando a fonte sonora está situada externamente ao espaço delimitado pelas edificações. Edifícios dispostos nos dois lados de uma via de tráfego de veículos podem intensificar o ruído local devido a reflexões sobre as edificações, ou o “efeito de vale”; e quanto maior for a relação altura dos edifícios / largura da via (H/L), maior será o aumento de ruído. Quando são edificações altas delimitando a via em ambos os lados, o aumento de ruído dá-se também devido ao aumento da reverberação¹² (RAMON *apud* VILLAS BOAS, 1985).

A figura 11 ilustra a propagação sonora em dois ambientes distintos: aberto e fechado.

Figura 11 – Propagação do som em dois diferentes ambientes acústicos.



Fonte: A autoria própria (adaptado de GUEDES, 2005).

Os espaços delimitados por superfícies horizontais (feição da geomorfologia do solo/ paisagem) côncavas tendem a concentrar e intensificar o ruído gerado dentro desses espaços, enquanto que os delimitados por superfícies convexas tendem a dispersar os sons (VILLAS BOAS, 1985).

¹¹ Devido a absorção pelo ar, as ondas sonoras sofrem atenuação de aproximadamente 5 dB, a uma distância de 800m e a 10°C e 70% de umidade relativa (BISTAFA, 2011).

¹² Para edificações com no mínimo 10m de altura dispostas nos dois lados da via, o ruído é amplificado por aproximadamente 5dB (BISTAFA, 2011).

Barreiras artificiais conferem atenuação adicional ao som. Segundo Bistafa (2011), a atenuação provocada com uma barreira acústica entre a fonte o receptor, combinada com a atenuação adicional do solo macio, é de aproximadamente 5 dB para todas as distâncias, desde que o receptor encontre-se na sombra acústica gerada pela barreira, em temperaturas normais e sem vento. No caso de barreiras formadas por edificações, essa atenuação ocorre em uma fileira de edifícios com aproximadamente 25% de aberturas (BISTAFA, 2011).

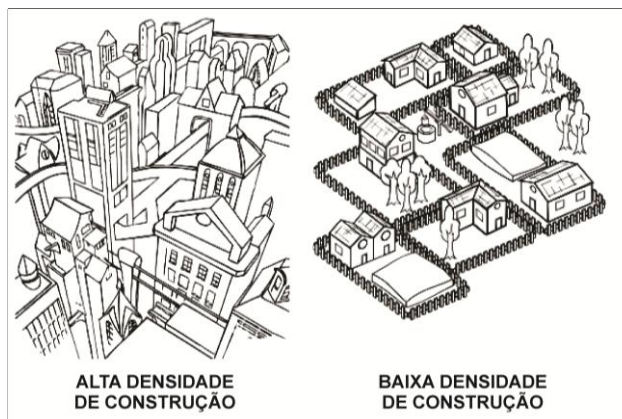
3.5.4.2 Densidade de Construção

A densidade de construção se refere à taxa de ocupação, que é o valor percentual entre a área de projeção da massa edificada sobre o plano horizontal e a área total de uma determinada região.

As áreas mais densas, ou seja, aquelas com altas taxas de ocupação do solo tendem a apresentar maior concentração de ruído em comparação com as áreas mais dispersas quando as fontes estão no interior dessas áreas (VILLAS BOAS, 1985), ocorrendo o inverso quando as fontes são externas a essas áreas.

A figura 12 apresenta desenhos que ilustram áreas edificadas com diferentes densidades de construção.

Figura 12 – Áreas com diferentes densidades de construção.



Fonte: Site da Pypus (<http://www.pypus.com>).

3.5.4.3 Porosidade (Permeabilidade)

Porosidade é o atributo da forma urbana que determina uma maior ou menor permeabilidade a manifestações na atmosfera (penetração dos ventos, ruídos, etc.) na estrutura urbana. Depende da estrutura de parcelamento e do índice de ocupação da malha urbana, e é

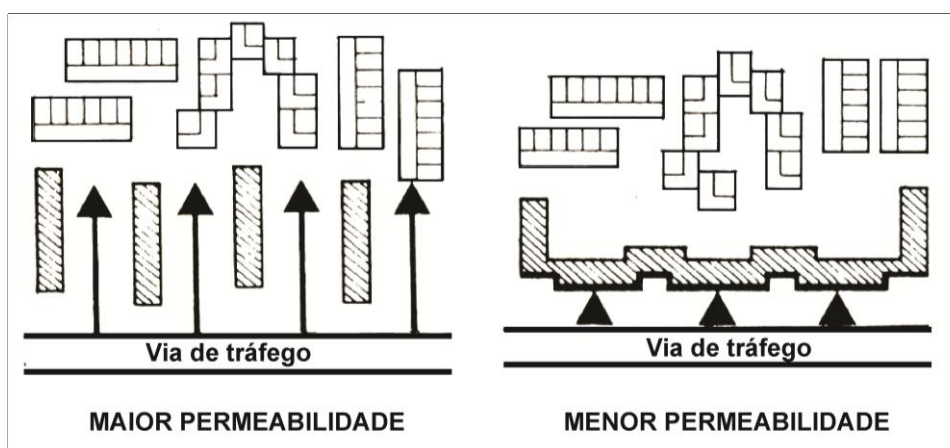
expressa através da relação entre espaços abertos (vazios) – recuos, largura de vias, etc. - e espaços confinados (cheios) – massa edificada (VILLAS BOAS, 1985).

Espaços delimitados por estruturas não porosas (edifícios, muros, barreiras, etc.), ditas opacas à passagem das ondas sonoras, tendem a apresentar menor intensidade de ruído quando as fontes estão localizadas fora dos espaços, e maior intensidade quando as fontes estão em seu interior; enquanto espaços delimitados por estruturas porosas tendem a apresentar menor intensidade de ruído quando as fontes de ruído estão localizadas dentro desses espaços. Quando as fontes estão fora, o inverso é verdadeiro (VILLAS BOAS, 1985).

O conceito de porosidade está também intimamente ligado à orientação. Em meio urbano, por exemplo, dependendo da orientação e dos recuos (distâncias horizontais) entre os obstáculos e/ou edificações, ocorre uma maior ou menor permeabilidade de um tecido urbano ao ruído proveniente do tráfego de veículos. (GUEDES, 2005).

A figura 13 ilustra diferentes permeabilidades sonoras para dois tecidos urbanos distintos.

Figura 13 – Tecidos urbanos com diferentes permeabilidades sonoras.



Fonte: Prinz (1980) adaptado por Guedes (2005).

3.5.4.4 Espessura

O conceito de espessura, no contexto urbano, segundo Guedes (2005), está relacionado à disposição das edificações funcionando como barreiras ao ruído externo, refere-se à existência de espaços de transição (pátios, jardins, varandas, pórticos, escadas), que

possibilitam atenuações sucessivas do ruído funcionando como verdadeiros “filtros” sem comprometer outros aspectos do conforto ambiental (a ventilação natural, por exemplo).

3.5.4.5 Rugosidade

A rugosidade corresponde aos espaçamentos entre edifícios e/ou entre arranjos morfológicos e as alturas relativas entre edifícios e demais superfícies urbanas horizontais que alteram e recondicionam as características superficiais da estrutura urbana (NASCIMENTO, 1995; VILLAS BOAS, 1985).

Oliveira (1988) define a rugosidade como uma relação que combina a porosidade com variação nas alturas das edificações. Para ele, tanto a rugosidade quanto a porosidade são características da forma urbana que determinam seu desempenho em relação a um maior ou menor aproveitamento dos ventos.

De modo semelhante, Wieringa *et al.* (2001) consideram a rugosidade como a relação entre diversas variáveis da forma urbana (altura dos obstáculos e edificações, densidade de distribuição dos elementos na superfície, etc.), que determinam a eficiência de transformar o vento médio que circula sobre uma área em movimento turbulento nas camadas nos níveis inferiores

Com base nos conceitos da norma ABNT NBR 6405 (1985), que define a rugosidade de uma superfície, a rugosidade urbana pode ser entendida como o conjunto de irregularidades ou de pequenas saliências e reentrâncias, que caracterizam uma superfície da forma urbana e que entram em contato direto com as massas de ar. Influi na resistência oferecida pela superfície ao escoamento de fluido, neste caso, do ar; e, conseqüentemente interfere na propagação do ruído.

Superfícies mais rugosas promovem maior atrito, maior turbulência e menor velocidade do ar. Superfícies urbanas tendem a ser mais rugosas do que as do campo à sua volta, mas dentro da própria estrutura urbana o grau de rugosidade pode variar (BRYSSON e ROSS, 1972 *apud* VILLAS BOAS, 1985).

A noção de rugosidade está também intimamente ligada à escala (dimensão espacial) considerada. Uma superfície urbana pode ser considerada extremamente rugosa na escala da rua e pouco rugosa na escala da cidade, por exemplo.

Davenport (1960), MacDonald *et al.* (1999), Grimmond e Oke (1999), entre outros, desenvolveram métodos de determinação de parâmetros de rugosidade (FERREIRA et al, 2008). Entretanto, devido à complexidade do tema, não há um consenso de qual método é mais preciso para a obtenção dos parâmetros de rugosidade em uma estrutura urbana.

3.5.4.6 Uso do solo (ocupação do solo)

O uso do solo é a característica da forma urbana relacionada à concentração ou desconcentração de determinados edifícios que abrigam atividades específicas (indústria, comércio, serviço, etc.), a centralização ou descentralização de determinados elementos morfológicos (rua, praça, lote, calçada, etc.) e a presença ou ausência de áreas verdes em uma determinada região (VILLAS BOAS, 1985).

Segundo Lombardo (1985) há uma estreita relação entre uso do solo e a concentração de edificações e pessoas no interior da estrutura urbana, sendo esta, por exemplo, maior às proximidades de edifícios que abrigam atividades industriais, de comércio e/ou de serviços.

Áreas urbanas que abrigam atividades variadas tendem apresentar maior intensidade de ruído; e a concentração de atividades geradoras de ruído dificulta seu controle e tende a criar zonas altamente poluídas acusticamente (VILLAS BOAS, 1985).

3.5.4.7 Orientação

A Orientação refere-se ao posicionamento apropriado da forma urbana (edificações, massas arbustivas, relevos, sistema hídrico, etc.) em relação aos caminhos aparentes do sol, aos ventos, a fontes de ruído e a elementos significativos naturais ou não (o mar, uma encosta de montanha, um grande rochedo, um lago artificial, uma fonte sonora, etc.) seja para expor-se ou para abrigar-se, periódica ou permanentemente, aos e dos efeitos produzidos por esses elementos” (OLIVEIRA,1988, VILLAS BOAS, 1985).

3.5.4.8 Permeabilidade superficial do solo (tipo de recobrimento)

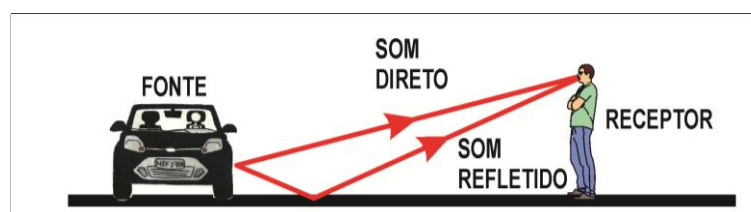
A Permeabilidade superficial do solo é representada pela relação entre as áreas construídas e pavimentadas com áreas livres de construção ou pavimento (mesmo que não possuam vegetação).

Villas Boas (1985) define a permeabilidade do solo como a sua capacidade de infiltração aquífera. Os ambientes urbanos possuem mais áreas de solo impermeável do que os ambientes rurais e demais áreas não urbanizadas.

Nas análises acústicas deve-se verificar se o solo é macio ou duro acusticamente, pois o som, ao ser refletido no solo, pode sofrer tanto atenuação quanto amplificação. Em solo macio (com vegetação, terra arada ou aerada, neve, etc.), as ondas sonoras sofrem atenuação de aproximadamente 5 dB à distância de 85 m para alturas da fonte e receptor da ordem de 1,2 m. Em solo duro acusticamente (asfalto, terra batida, água, solo inundados, etc.), em propagações não rasantes, ocorre uma amplificação média de aproximadamente 3 dB do som refletido em relação ao som direto (BISTAFA, 2011).

A figura 14 ilustra de forma esquemática o som direto e o som indireto (refletido pelo solo) chegando até o receptor.

Figura 14 – Som direto e som refletido pelo solo: esquema ilustrativo.



Fonte: Autoria própria.

No entanto, convém ressaltar que a atenuação sonora em solos macios varia com as condições climáticas devido aos efeitos da turbulência atmosférica, uma vez que esta tende a reduzir a atenuação por destruir parcialmente a coerência dos raios sonoros (BISTAFA, 2011). Por esse motivo Bistafa (2011) explica que os procedimentos analíticos normalmente superestimam a atenuação por solos acusticamente macios quando ignoram a turbulência da atmosfera.

3.5.4.9 Propriedades dos materiais constituintes da estrutura urbana

Tratam-se das propriedades térmicas, acústicas e luminosas dos materiais empregados na construção urbana (VILLAS BOAS, 1985).

Em áreas urbanas, as superfícies da massa edificada quando constituídas de materiais com alto coeficiente de absorção sonora, tendem a dissipar o ruído; e quando constituídas de

materiais refletoras, tendem a intensificá-los. Além disso, para um mesmo material, superfícies porosas e rugosas ajudam na dissipação do ruído por serem mais absorventes que superfícies lisas e onduladas, que são, por sua vez, mais refletoras que as primeiras (VILLAS BOAS, 1985).

3.5.4.10 Vegetação

A presença de vegetação em áreas urbanas tem múltiplas e importantes funções na manutenção da qualidade de vida de seus habitantes e/ou frequentadores. São responsáveis, por exemplo, pela melhoria do conforto térmico, controle da poluição atmosférica, aumento da drenagem do solo, controle da poluição sonora, além de servirem como referencial histórico e identidade paisagística urbana (MARTINS e BOTELHO, 2010).

Para Josse (1975, *apud* VILLAS BOAS, 1985) uma barreira visual formada por uma “cortina” de árvores tem apenas efeitos psicológicos e apresentam um efeito insignificante na propagação sonora ao ar livre. Barreiras vegetais, segundo ele, são eficazes apenas quando são densas, especialmente quando constituída por vegetações resinosas, pois estas apresentam maior capacidade de absorção de ruído.

Bistafa (2011) acrescenta que, em áreas muito arborizadas e vegetação densa no solo, a atenuação sonora é de aproximadamente 5dB(A) à 30m de distância; mas também explica que o espalhamento do som nas copas das árvores pode reduzir a eficácia de barreiras, sejam elas naturais ou artificiais.

3.5.5 Forma Urbana e Controle de Ruído

O controle do ruído é uma ação que visa obter os níveis de ruídos aceitáveis e recomendados pelas normas e legislações em determinados ambientes, consistentes com os aspectos econômicos, operacionais, legais, médicos, psicológicos e culturais (BISTAFA, 2011).

Acima de tudo, essa ação tem como metas principais proteger as pessoas e os animais dos ruídos invasivos que provocam incômodos e distúrbios nas suas atividades diárias e propiciar um planejamento futuro para protegê-los contra o aumento de níveis sonoros que venham a provocar redução na qualidade ambiental (MELO, 2011).

Para a adoção de medidas de controle de ruído faz-se necessária a caracterização do problema, identificando a fonte sonora responsável, a trajetória de transmissão e o receptor.

Segundo Bistafa (2011), a hierarquia do controle de ruído é a seguinte: em primeiro lugar, o controle na fonte de origem; em seguida, o controle na trajetória de transmissão; depois, o controle no receptor.

A melhor forma de controle seria, então, direto na fonte. Entretanto, como na maioria das situações o problema surge depois da fonte já instalada, torna-se inviável a primeira medida, recaindo o controle de ruído normalmente sobre a trajetória de transmissão (BISTAFA, 2011).

Dentre os métodos frequentemente empregados para minimizar a transmissão sonora entre a fonte ruidosa e o receptor estão: o aumento da distância entre a fonte e o receptor; o isolamento da fonte por meio de enclausuramento (total ou imparcial), barreiras e biombo; a utilização de licenciadores (em linhas de exaustão de gases e em instalações de distribuição de ar); o tratamento acústico das superfícies; e a segregação (afastamento) das áreas barulhentas por meio de partições (BISTAFA, 2011).

Em uma área urbana, onde fonte de ruído geralmente considerada é o tráfego de veículos, a utilização do desenho urbano como instrumento de controle pode ser uma medida adicional bastante eficiente a ser considerada nos planejamentos urbanos, normas e legislações que visam a qualidade ambiental para as pessoas (e os animais) de uma determinada região.

3.6 MODELOS DE PREVISÃO DO RUÍDO DE TRÁFEGO

Fernandes (2002) explica que o ruído gerado por vias de tráfego tem um comportamento bastante complexo, influenciado por diversos fatores naturais (absorção atmosférica, vento, temperatura, umidade e precipitações) e urbanos (obstáculos, barreiras, efeitos do piso e de fachadas). Portanto, para a investigação do ruído devem-se considerar três momentos: a emissão sonora pela via, que depende das características da via, do tráfego em si e das características físicas dos veículos que nela trafegam; a propagação das ondas acústicas no meio (até o receptor), que é influenciada pelos efeitos meteorológicos, atmosférico e pelas características urbanas, e geográficas na sua trajetória; e a recepção pelo ouvido em certo local trajetória. O nível de emissão sonora da via, por sua vez, é o produto da combinação do ruído gerado por cada um dos veículos que nela estão circulando e depende das características físicas da via (tipo de pavimentação e inclinação) e dos veículos (funcionamento do motor e interação dos pneus com a pavimentação) além das características do tráfego (composição, fluxo e velocidade de tráfego) (FERNANDES, 2002).

Devido a essa complexidade, em avaliações de ruído ambiental em meio urbano é comum recorrer-se a modelos matemáticos de previsão do ruído de tráfego - modelos que procuram prever valores de níveis de pressão sonora a partir de parâmetros do tráfego de veículos automotores -, uma vez que a contribuição deste costuma ser mais relevante que a das demais fontes de ruído urbano.

A vantagem na predição do nível de ruído equivalente, segundo Bistafa (2011), é que esta independe das características aleatórias do tráfego, não importando se o trânsito está fluindo livremente ou está sujeito a congestionamentos (ao contrário dos níveis estatísticos L10, L50 e L90, que se mostram muito sensíveis às características aleatórias do tráfego).

Alguns desses modelos usados na literatura para estimar o nível de ruído produzido pelo tráfego de veículos em vias urbanas são os propostos por: Calixto (2002), Çelenk *et al.* (1997); FHWA (1995); e Josse (1975).

3.6.1 Calixto (2002)

O modelo proposto por Calixto propõem para a previsão do nível de ruído de tráfego equivalente, a 25m, a seguinte expressão:

$$L_{eq} = 7,7 \cdot \log[q \cdot (1 + 0,095 \cdot p_p)] + 43 \quad (3.25)$$

Onde: q é o fluxo de veículos (número de veículos /hora) e p_p é a percentagem de veículos pesados (%).

Calixto (2002) optou por um modelo mais simples (de maior facilidade operacional), com duas variáveis (o fluxo de veículos e a percentagem de veículos pesados), mesmo ressaltando que a composição do tráfego é também um fator importante na determinação dos níveis de ruído.

3.6.2 Çelenk *et al.* (1997)

O modelo proposto por Çelenk *et al.* (1997) para previsão do ruído proveniente dos veículos, nas proximidades de uma rodovia, é dado por:

$$L_{eq} = 10 \cdot \log(q) + 20 \cdot \log(v) - 10 \cdot \log\left(d + \frac{w}{3}\right) + K_c + 14 \quad (3.26)$$

Onde:

q é o fluxo de veículos (número de veículos /hora); v é a velocidade média dos veículos (km/h); d é a distância entre o receptor e o eixo da via (m); w é a largura da rodovia (m); K_c é o fator de correção para o tipo de revestimento; igual a 4, para revestimento asfáltico (MELO *et al.*, 2010)

3.6.3 FHWA (1995)

O modelo de predição de ruído de tráfego desenvolvido pelo Departamento de Federal de Transporte dos Estados Unidos da América (FHWA, *Federal Highway Administration*), é aplicável ao tráfego rodoviário contínuo (em “*highways*”) e é representado pela equação 3.27 (BISTAFA, 2011):

$$L_{eq_{total}} = 10 \cdot \log(10^{L_{eq_a}/10} + 10^{L_{eq_{cl}}/10} + 10^{L_{eq_{cp}}/10}) \quad (3.27)$$

Sendo que L_{eq_a} , $L_{eq_{cl}}$, e $L_{eq_{cp}}$, níveis sonoros referentes a automóveis, caminhões leves e caminhões pesados, respectivamente, são calculados individualmente por:

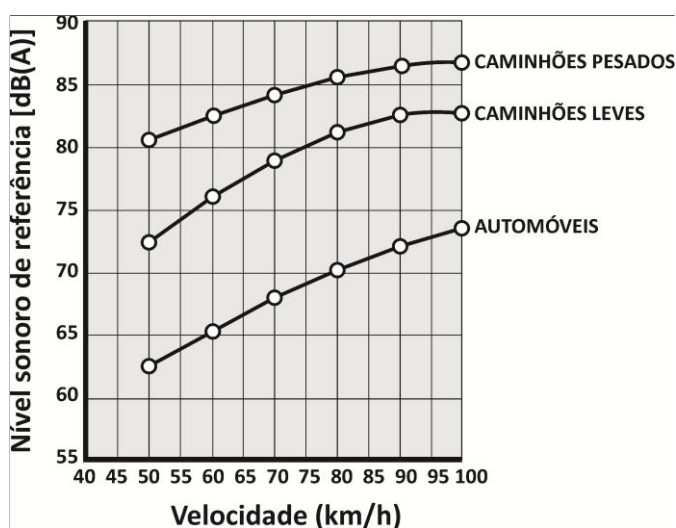
$$L_{eq}(h)_i = \overline{L_{0_i}} + 10 \cdot \log\left(\frac{N_i}{V_i T}\right) + 10 \cdot \log\left(\frac{15}{d}\right)^{1+\alpha} + A_{combinada} - 13 \text{ dB(A)} \quad (3.28)$$

Onde:

$\overline{L_{0_i}}$ é o nível sonoro de referência para o i-ésimo tipo de veículo; N_i é o número do i-ésimo tipo de veículo; V_i é a velocidade média do i-ésimo tipo de veículo; T é o tempo de duração para cálculo do nível equivalente horário $T = 1h$; d é a distância da rodovia (eixo da pista) até o receptor; α é o fator de absorção, que depende das características de absorção da cobertura do solo entre a rodovia e o receptor¹³; e $A_{combinada}$ é a combinação de todas as atenuações ocorridas entre a fonte e o receptor.

O $\overline{L_{0_i}}$ equivale à média energética dos níveis sonoros máximos de um único veículo deslocando-se a velocidade constante, à 15 m de distância da via. O gráfico 8 fornece os valores de $\overline{L_{0_i}}$ em função de V_i para automóveis, caminhões leves e caminhões pesados obtidos nos Estados Unidos pela FHWA.

Gráfico 8 – Nível sonoro de referência para 3 classes de veículos em função da velocidade média.



Fonte: Mestre e Wooten *apud* Bistafa (2011).

¹³ Em solos “macios” ou recobertos com vegetação, ou quando a visão da rodovia é obstruída por edificações isoladas, vegetação ou árvores esparsas, $\alpha = 0,5$; em solos duros, $\alpha = 0$;

As atenuações consideradas pelo modelo FHWA, necessárias para o cálculo de $A_{combinada}$ são ilustradas na figura 15.

Figura 15 – Atenuação sonora provocada por elementos encontrados ao longo de rodovias (modelo FHWA).

SITUAÇÃO	ATENUAÇÃO
(a) SOLO «DURO»	3 dB / DUPLICAÇÃO DA DISTÂNCIA
(b) SOLO «MACIO» OU COBERTO POR VEGETAÇÃO	4,5 dB / DUPLICAÇÃO DA DISTÂNCIA
(c) BARREIRA DE ÁRVORES	5 dB, PRIMEIROS 30 m 5 dB, PRÓXIMOS 30 m (MÁXIMO DE 10 dB)
(d) EDIFÍCIOS	3 dB, 40-60% DA ÁREA 5 dB, 70-90% DA ÁREA 1 dB PARA CADA FILEIRA ADICIONAL (MÁXIMO DE 10 dB)
(e) BARREIRA	MURO: ATÉ 20 dB BERMA: ATÉ 23dB

} UM OU OUTRO (NÃO AMBOS)

Fonte: Mestre e Wooten *apud* Bistafa (2011).

3.6.4 Josse (1975)

O cálculo do ruído proveniente de uma via de tráfego, na calçada, proposto por Josse (1975), e utilizado pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) é dado, em dB (A) por (CALLAI, 2011):

$$L_c = 52 + 10 \cdot \log(q/d) + C_v + C_i + C_p \quad (3.29)$$

Onde:

L_c é o nível sonoro na borda da calçada; q é o fluxo de veículos (número de veículos /hora); d é a distância entre o eixo da pista e a borda da calçada (m); C_v é a correção devido a velocidade média dos veículos (dB (A)); C_i é a correção devido à inclinação da pista (dB (A)); e C_p é a correção devido a porcentagem de veículos pesados (dB (A)).

A tabela 3 apresenta as correções que devem ser aplicadas no modelo de Josse.

Tabela 3 – Tabela de Correções – Modelo de Josse.

CORREÇÃO DEVIDO À VELOCIDADE MÉDIA DOS VEÍCULOS, em dB(A)									
Velocidade	33	47	53	60	67	68	80	87	93
Cv	-4	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
CORREÇÃO DEVIDO AO PERCENTUAL DE VEÍCULOS PESADOS, em dB(A)									
% Veículos	7	20	35	47	60	73	87	100	
Cp	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	
CORREÇÃO DEVIDO À INCLINAÇÃO LONGITUDINAL DA PISTA, em dB(A)									
Inclinação	0%	2%	4%	6%					
Ci	0	+1	+2	+3					

Fonte: Callai (2001).

CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA

A fim de verificar a influência da forma urbana em ambiente sonoro, foram utilizadas duas travessas (2 trechos em cada) do bairro do Marco, às proximidades da Av. Almirante Barroso (principal fonte de ruído considerada neste trabalho), à cidade de Belém-PA, como campo experimental.

Inicialmente foi feito o levantamento físico da massa urbana correspondente aos lotes contíguos de cada trecho de estudo. Na CODEM (Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém) foram obtidos um mapa do bairro (em formato “.dwg”) e fichas cadastrais com as informações e cotas (dimensões) da área edificada interna a cada lote, atualizados até o ano 1999. Fotografias das fachadas tiradas com câmeras digitais em março e maio deste ano (2012) e vistas superiores reais das áreas disponibilizada na internet pelo site do *Google Maps* (2012) na mesma época serviram para atualizar as plantas.

As informações contidas nas fichas e as fotografias foram interpretadas e digitalizadas dentro do mapa do bairro com o auxílio do programa *Autocad* (*Autodesk*). As fachadas foram desenhadas sobre as fotografias tiradas em frente a cada edificação; os volumes mais posteriores observados nas fotos eram contornados, confrontados com a planta baixa, e ampliados (através do comando *scale* do *Autocad*). Utilizou-se como referência (a fim de verificar a coerência dos desenhos), a altura padrão de uma porta (2,10 m) e pés-direitos de aproximadamente 3,00m em pavimentos térreos e mínimo de 2,80 em pavimentos superiores.

Foram, então, traçadas as linhas de coroamento dos perfis da massa edificada dos lotes de ambos os lados de cada trecho da travessas em estudo, identificando as relações entre cheios e vazios urbanos.

Além dos dados referentes às dimensões das edificações, foram coletadas informações referentes ao uso do solo, à pavimentação urbana, a presença de árvores e aos materiais constituintes das superfícies das fachadas, a fim de melhor caracterizar as envolventes urbanas do ambiente sonoro estudado. O mapeamento dos dados no *Autocad* permitiu coletar informações sobre a massa edificada em plano horizontal e vertical, a área de cada material, tipo de pavimentação, gabaritos, a quantidade de árvores e diferentes usos do solo (por lote) de cada trecho; e possibilitou a confecção de gráficos percentuais de pizza e de barras no Excel.

Os mapas desenhados no *Autocad* (mapa de uso do solo, pavimentação do solo, verticalização e densidade construtiva), e seus respectivos gráficos foram exportados ao programa *CorelDraw* para montar a arte final de cada esquema.

Após a devida caracterização da área urbana de estudo, iniciaram as etapas de cálculos, medições acústicas e coleta de dados complementares. O mapeamento das áreas (cheios e vazios) e as linhas de coroamento permitiram, com o auxílio da planilha eletrônica *Excel (Microsoft)*, calcular índices característicos da massa urbana (índices de rugosidade, centralização e porosidade), a fim de melhor compreender a propagação do ruído na área de estudo, ou melhor, como ocorre a filtragem desse ruído pela malha urbana. Para tanto, exportou-se os dados numéricos do *Autocad* ao programa *Excel*, a para serem tratados por meio de cálculos estatísticos e representados posteriormente por gráficos.

Com base nos mapas esquemáticos, foram escolhidos os pontos utilizados em medição *in loco* na coleta de dados acústicos - *Leq (A)* com resposta “fast” - e complementares - dados de tráfego (fluxo de veículos, velocidade média e porcentagem de veículos leves e pesados) na avenida principal e climáticos em cada trecho.

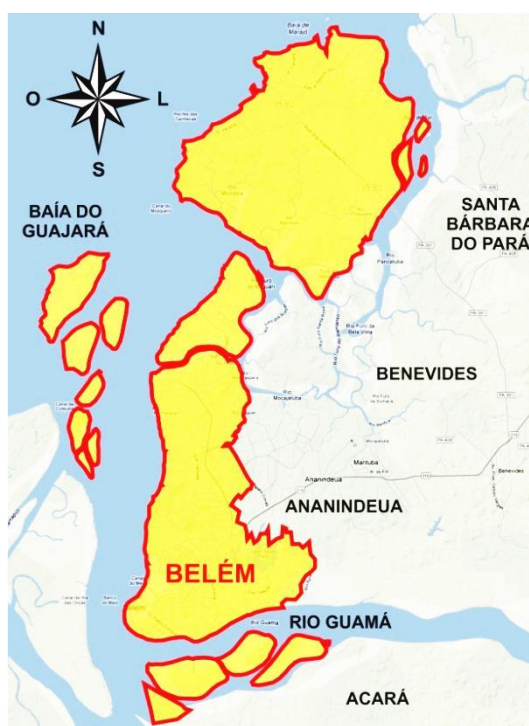
Todos esses dados (acústicos e complementares) foram organizados em tabelas e processados no programa *Excel* para a obtenção dos valores médios e confecção de gráficos comparativos. Os valores de nível de pressão sonora medidos em campo foram comparados aos calculados por meio de modelos de predição de ruído de tráfego conhecidos na literatura a partir de gráficos “Nível Sonoro x Distância da Fonte”.

Para cada ponto também foi elaborado o perfil das travessas (com relações de altura e largura), a partir dos dados obtidos nas etapas anteriores, com as larguras digitalizadas confirmadas pela utilização de uma trena a laser. Finalmente foi feita a análise de cada área urbana a partir da “leitura” dos gráficos relativos à forma urbana e os acústicos, obtidos em medição *in loco* e/ou calculados.

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO AMBIENTE

Belém, capital do Estado do Pará, fundada em 12 de janeiro de 1616 pelo Capitão-mor Francisco Caldeira Castelo Branco, localiza-se em plena Floresta Amazônica, à aproximadamente 120 km do oceano atlântico (ver mapa da figura 16), apresentando uma área de 719 km² (ou 1.059,402 km², englobando seu núcleo urbano com 71 bairros e suas 39 ilhas), a 01°27'20" de latitude sul e a 48° 30'15" de longitude oeste, com altitude média de 12 m (BASTOS *et al.*, 2002; ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO MUNICÍPIO DE BELÉM, 2010).

Figura 16 – Mapa de Belém-PA.



Fonte: Site do Google Map, 2012, adaptação própria.

Segundo a caracterização climática do período de 1967 a 1996 desenvolvida pelo Laboratório de Climatologia da Embrapa Amazônia Oriental, a baixa altitude, baixa latitude e os inúmeros corpos d'água que compõem a cidade condicionam à região o clima quente e úmido, tipicamente equatorial, com temperatura média anual de 26,7°C, com máximas de 31,8°C e mínimas de 22,9°C, umidade média relativa de 84% e ventos a 2m de altura com média de 1,5 m/s no período de 1989 a 1995 (BASTOS *et al.*, 2002).

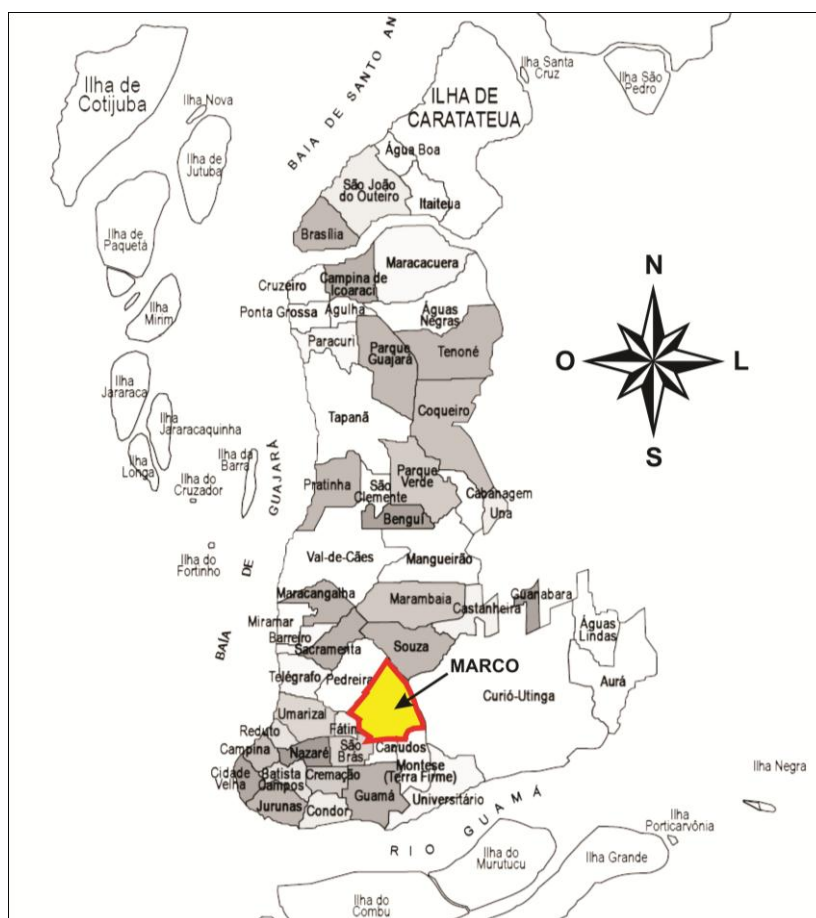
As chuvas são frequentes, apresentando um índice pluviométrico médio anual de 3.001 mm, do período se 1896 a 1996. De 1961 a 1990 Bastos *et al.* (2002) observam que o

aumento das chuvas provavelmente ocorreu devido ao processo de urbanização ocorrido na região.

Segundo o Censo Demográfico de 2010, a taxa média geométrica de crescimento anual de Belém foi de 0,85% a partir do ano 2000. Em 2010 a população de Belém era de 1.393.399 habitantes (99,2%, em área urbana), compreendendo uma densidade demográfica de 1.323,44 habitantes/ km².

O bairro do Marco foi um bairro planejado (ver sua localização no mapa da figura 17). Suas travessas e amplas ruas (com 30 e 40 metros de largura) foram abertas na virada do século XIX para o XX sob a orientação do então intendente de Belém Antônio Lemos. Ocupa hoje uma área de 4,89 km² e nos últimos anos vem sofrendo um intenso processo de verticalização. Bairro predominantemente residencial, atualmente apresenta cerca de 65.844 moradores (Censo 2010; ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO MUNICÍPIO DE BELÉM, 2010).

Figura 17 – Localização do bairro do Marco em Belém-PA.



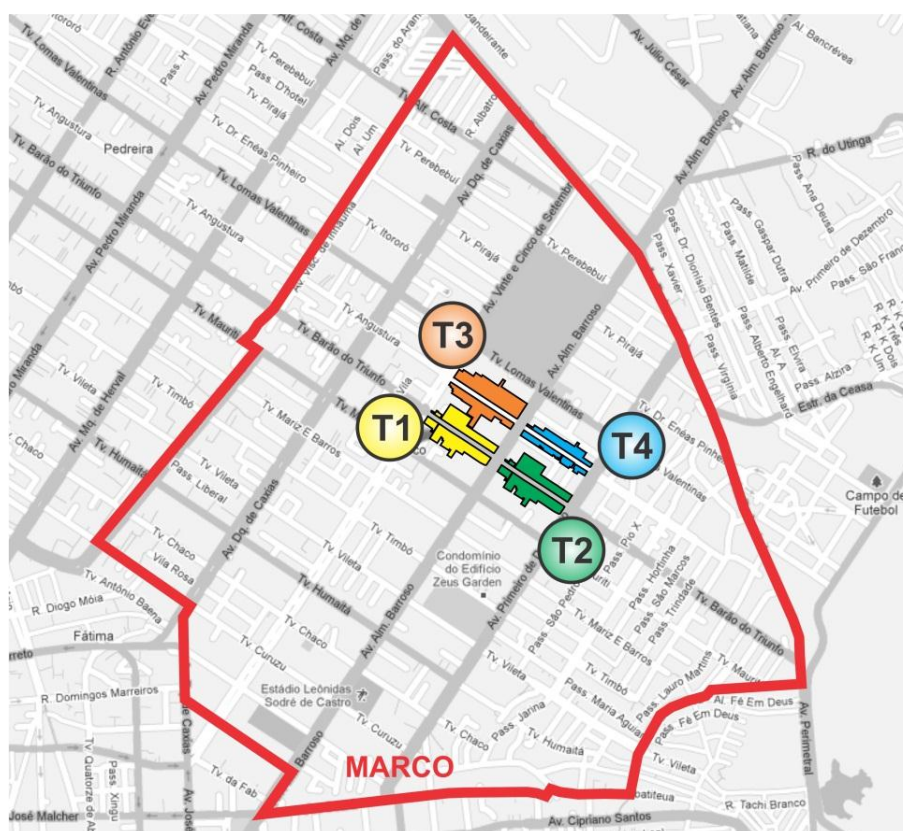
Fonte: Cadastro Técnico Multifinalitário (CTM) apud Anuário Estatístico do Município de Belém, 2010, adaptação própria.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Foram escolhidos, para a monitoração, quatro ambientes sonoros no bairro do Marco. O primeiro trecho (T1) compreende à Tv. Barão do Triunfo entre Av. Rômulo Maiorana e a Av. Almirante Barroso; o segundo (T2), à mesma travessa entre a Av. Almirante Barroso e a Av. João Paulo II; o terceiro (T3) e o quarto (T4) ambientes correspondem a trechos da Tv. Angustura entre as mesmas avenidas (ver Figura 18).

A escolha foi feita pelo fato desses trechos apresentarem configurações espaciais diversificadas (recuos e gabaritos diferentes) que pudessem ser representativas e percentuais diferentes de áreas verdes (permeabilidade), além de terem em comum um tráfego de veículos pouco intenso, permitindo a análise do ruído proveniente do tráfego de veículos da Av. Almirante Barroso sem muita interferência do tráfego local. Sendo também o bairro do Marco considerado tranquilo, os trechos escolhidos integram uma área que não representa ameaça à segurança dos indivíduos envolvidos na pesquisa de campo¹⁴.

Figura 18 – Áreas de estudo: trechos 1 (T1), 2 (T2), 3 (T3) e 4 (T4).



Fonte: Site do Google Map, 2012, adaptação própria.

¹⁴ O bairro do Marco, nesses trechos, é considerado tranquilo.

As áreas de estudo fazem parte do Setor II da Zona de Ambiente Urbano 6 (ZAU-6) de Belém, de acordo com o Plano Diretor do Município de Belém (PDU, 2008).

Segundo o PDU (2008), o Setor II da ZAU 6 caracteriza-se por ter uso predominantemente residencial, presença de edificações de interesse histórico e ambiental, atividades econômicas concentradas nos principais eixos de circulação, infraestrutura consolidada e lotes desocupados ou subutilizados; e tem como um dos objetivos promover e manter a qualidade ambiental, controlando, entre outras medidas, o processo de adensamento construtivo.

Esta Zona de Ambiente Urbano (ZAU 6), do Setor II, permite determinados usos com a aplicação de alguns modelos urbanísticos, conforme organizados na tabela 4.

Tabela 4 – Aplicação de modelos urbanísticos permitidos.

Usos	Modelos permitidos no setor II da ZAU 6
Habitação Unifamiliar	M0 e M1
Habitação Multifamiliar	M2, M3, M4, M5, M6
Comércio	M0, M8, M9, M14, M16
Serviço	M0, M7, M10, M11, M12, M16, M18
Indústria	M19

Fonte: Município de Belém (1999).

Cada modelo urbanístico listado na tabela 4, a partir da área e testada do lote, define combinações entre afastamentos, coeficiente de aproveitamento, taxas de ocupação e de permeabilização que devem ser obedecidas.

Os afastamentos (frontal, lateral e fundos) são as dimensões e relações de distância entre a edificação e as divisas de terreno; o coeficiente de aproveitamento é o índice que determina a área máxima de construção permitida, a partir da multiplicação deste pela área do terreno; a taxa de ocupação é o valor percentual da relação entre a área de projeção horizontal da edificação e a área total do lote; a taxa de ocupação por seção transversal é a relação entre a seção transversal da edificação e a seção correspondente do lote (Ex.: relação entre a testada da edificação pela testada do lote); e a taxa de permeabilização é a relação entre as áreas livres privadas permeáveis (não pavimentadas) e a área total do lote (PDU, 2008).

Os modelos urbanísticos permitidos no Setor II da ZAU 6, de acordo com a LCCU (1999) estão detalhados no quadro 3.

Quadro 3 – Modelos urbanísticos.

MO-DE-LO	ÁREA DO LOTE (m ²) mín./máx.	TESTADA DO LOTE (m) mínima	AFASTAMENTOS			COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO máximo	TAXAS					
			FRONTAL (m) mínimo	LATERAL (m) mínimo	FUNDOS (m) mínimo		OCUPAÇÃO P/ SEÇÃO TRANSVERSAL máxima	OCUPAÇÃO máxima	PERMEABILIZAÇÃO mínima			
M0	- / <125	-	-	-	-	1,8	-	0,9	-			
M1	125 / -	-	-	-	-	1,4	-	0,7	-			
M2	360 / -	12	5	2,5 p/ H≤13 m; 3,0 p/ H≤22 m; 3,5 p/ H>22 m;	3	1,4	0,70	0,50	0,20			
M3	400 / -					2,0						
M4	450 / -	2,5										
M5	600 / -	3,3										
M6	750 / -	3,5										
M7	125 / 375	-	-	-	3	1,4	0,70	0,10				
M8	125 / 500	5	-	-	-	-	0,70					
M9	250/1000	10	5	Zero p/ H≤7 m; 2,5 p/ 7<H≤13 m; 3,0 p/ H≤22 m; 3,5 p/ H>22 m;	3	2,0	Livre até H= 7m; Depois, 0,70		0,70 até H=7m; depois, 0,50			
M10	250/1000					1,4			0,70			
M11	250/2000				2,0	0,70						
M12	250/200				2,0	0,70						
M14	500/1500				3,0	0,70						
M16	1000 / -	20			3,0	3,0			3,0	0,70	0,70 até H=7m; depois, 0,50	
M18	2000 / -										0,20	
M19	250 / 500	8			-	1,5		3	1,0	0,70	0,50	0,20

Observações: O modelo M0 permite compor usos habitacionais, comércio varejista e serviços; o modelo M1 permite compor com comércio varejista e serviços; os modelos M2, M3, M4, M5 e M6 devem possuir pavimento térreo em pilotis, c/ vedação de no máximo 50% da área de projeção e permitem compor com comércio varejista e serviço (até 7m de altura p/ M5 e M6); os modelos M7, M8, M9, M10, M11, M12, M14, M16 e M18 não permitem compor com uso habitacional; o modelo M19 permite compor com comércio/ serviço e com habitação, quando indústria artesanal.

Fonte: Município de Belém (1999).

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO ENTORNO DE CADA TRECHO

4.3.1 Trecho 1

Corresponde à travessa Barão do Triunfo entre Avenida Rômulo Maiorana e a Avenida Almirante Barroso. A fotografia da figura 19 mostra a vista da travessa a partir da Avenida Almirante Barroso.

Figura 19 – Fotografia do trecho 1.



Fonte: Autoria própria, 2012.

A área total do trecho considerada neste estudo foi de aproximadamente 35.698 m², incluindo além das áreas dos lotes contíguos à travessa, as calçadas, vias e canteiros localizados entre as avenidas. Fotografias do trecho 1 estão apresentadas nas figuras 20 e 21.

Observa-se o predomínio de edificações de 1 pavimento (56%) e de uso residencial (72%) e presença de edifícios mais elevados (de 4 ou mais pavimentos) em apenas um dos lados da travessa (ver os mapas de verticalização e uso do solo mostrado nas figuras 22 e 23).

Figura 20 – Fotografia do trecho 1 próximo à esquina com a Av. Rômulo Maiorana.



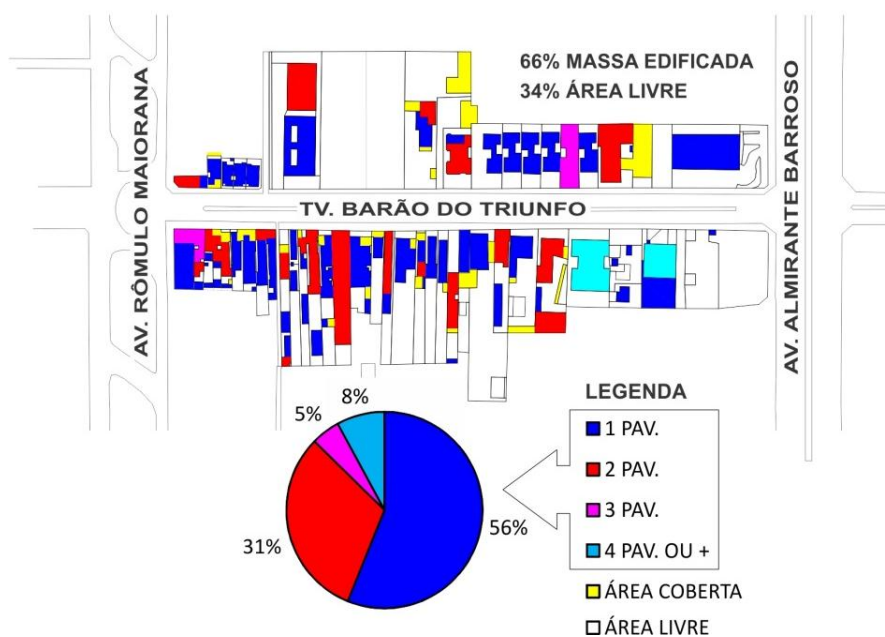
Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 21 – Fotografia do trecho 1 próximo à esquina com a Av. Almirante Barroso.



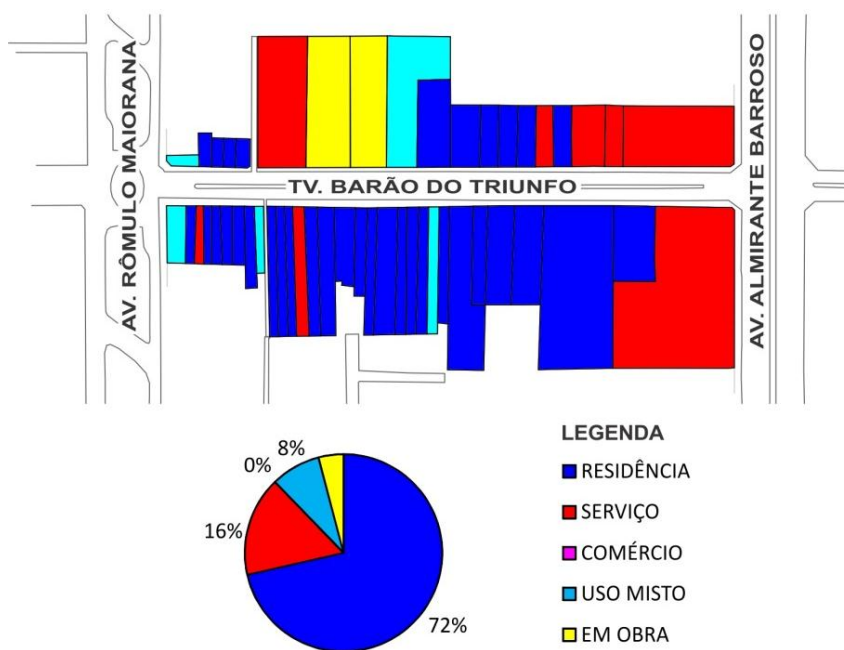
Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 22 – Mapa de Verticalização – T1.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 23 – Mapa de Uso do Solo – T1.



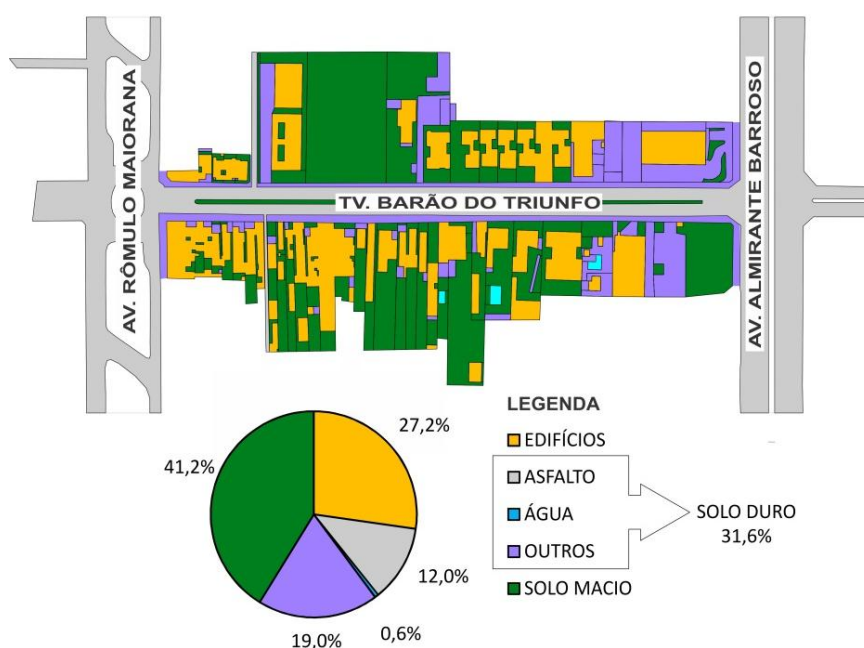
Fonte: Autoria própria, 2012.

A travessa apresenta duas vias asfaltadas para tráfego de veículos, com canteiro central divisório com plantas e árvores e calçadas, totalizando 21 a 23 m de largura. As

calçadas laterais adjacentes às edificações são pavimentadas por materiais duros e impermeáveis ora apenas cimentados ora revestidos por pedras, ladrilhos ou lajotas cerâmicas.

Cerca de 41,2% da área é coberta por solo macio, 31,6% por solo duro, as demais áreas são preenchidas por edificações (ver mapa de pavimentação do solo apresentado na Figura 24). Há a presença de árvores nas calçadas e de muros frontais a alguns edifícios.

Figura 24 – Mapa de Pavimentação do Solo – T1.

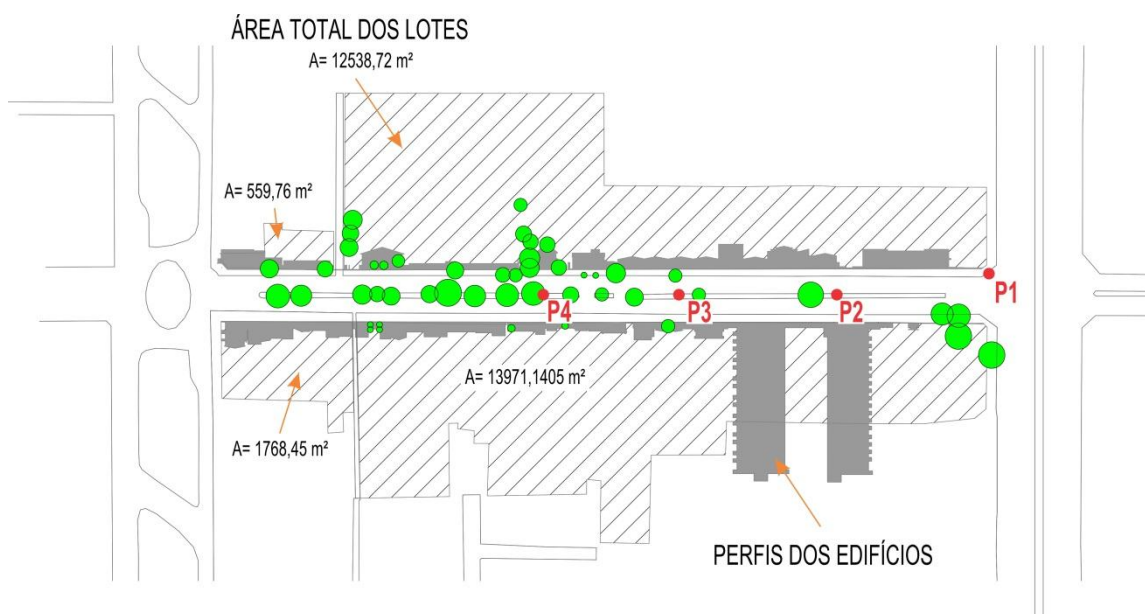


Fonte: Autoria própria, 2012.

As fachadas são predominantemente revestidas com materiais reflexivos (paredes de alvenarias, rebocadas e revestidas com pintura, cerâmicas ou pedra; vidro e metais), mas se observam ainda algumas superfícies de madeira ou coberta por plantas. Os telhados inclinados visualizados (em vista frontal) das edificações são na maior parte constituídos por telhas cerâmicas.

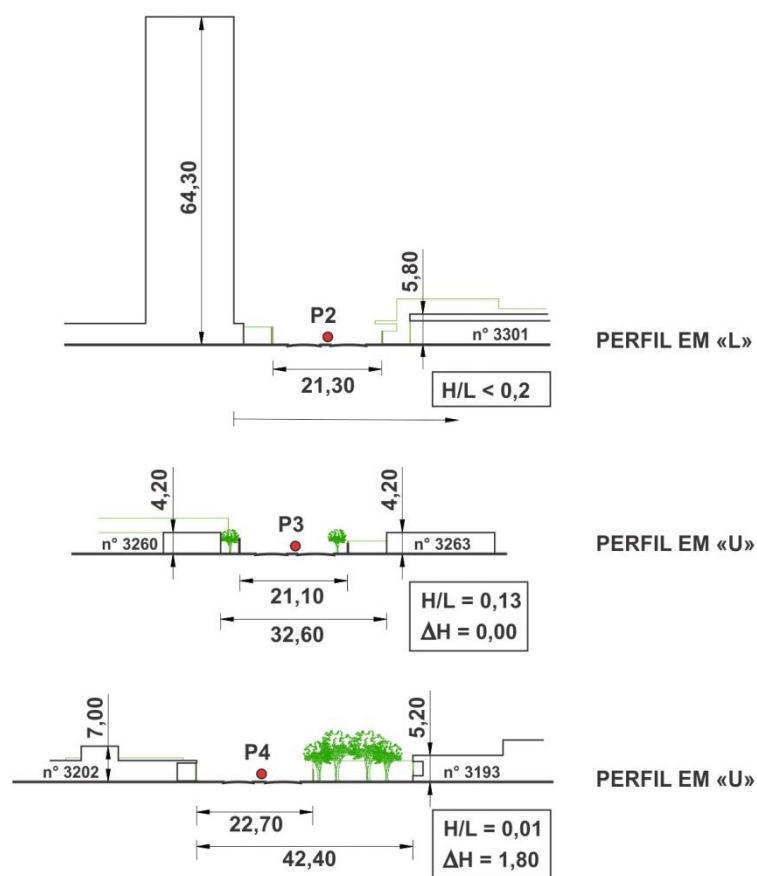
Nesse trecho foram selecionados 4 pontos, distantes a aproximadamente 76,00 m um do outro. O primeiro foi disposto na calçada bem na esquina da travessa Barão do Triunfo com a avenida Almirante Barroso. Os 3 outros pontos (internos) estão ilustrados nas figuras 25 e 26:

Figura 25 – Esquema Ilustrativo da área com Pontos de Medição – T1.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 26 – Perfis da Tv. Barão do Triunfo nos pontos internos – T1.



Fonte: Autoria própria, 2012.

4.3.2 Trecho 2

Corresponde à travessa Barão do Triunfo entre a Avenida Almirante Barroso e a avenida João Paulo II. A fotografia da figura 27 mostra a vista da travessa a partir da avenida Almirante Barroso.

Figura 27 – Fotografia do trecho 2.



Fonte: Autoria própria, 2012.

A área total do trecho considerada neste estudo foi de aproximadamente 51.747 m², incluindo, além das áreas dos lotes contíguos à travessa, passagens (N. Sra. das Graças e Rui Martins – ver figuras 28 e 29), calçadas, vias e canteiros entre as avenidas.

Figura 28 – Fotografia da Passagem N. Sra. das Graças, esquina com a Tv. Barão do Triunfo.



Fonte: Autoria própria, 2012.

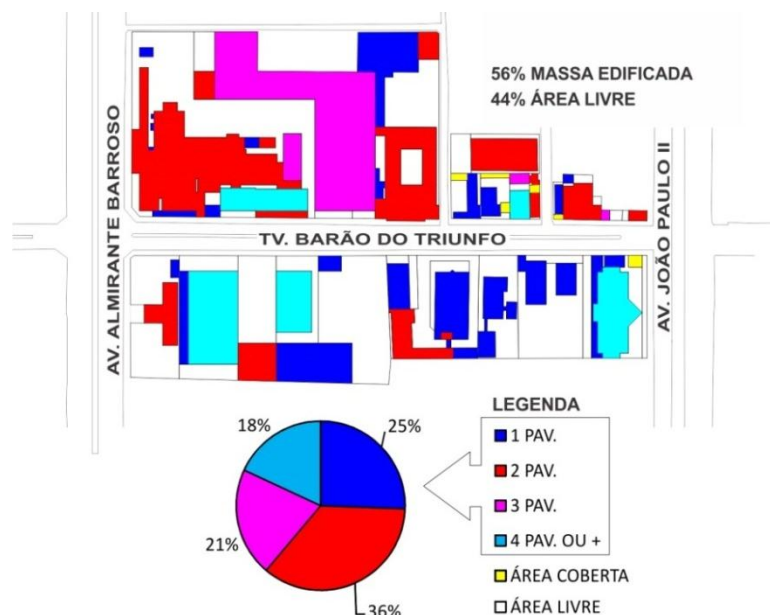
Figura 29 – Fotografia da Passagem Rui Martins, esquina com a Tv. Barão do Triunfo.



Fonte: Autoria própria, 2012.

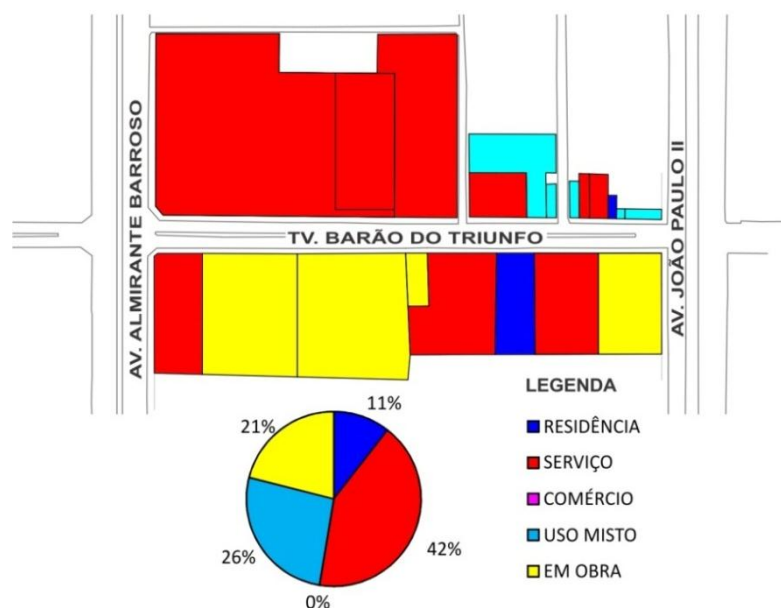
Observa-se o predomínio de edificações de 2 pavimentos (36%), mas em quantidade equilibrada às edificações de 1, 3 e 4 ou mais pavimentos. O uso predominante é de serviço (42%), seguido por 26% de uso misto, uma grande parte ainda está em obras, e ainda são percebidas algumas residências (ver os mapas de verticalização e uso do solo mostrado nas figuras 30 e 31).

Figura 30 – Mapa de Verticalização – T2.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 31 – Mapa de Uso do Solo – T2.

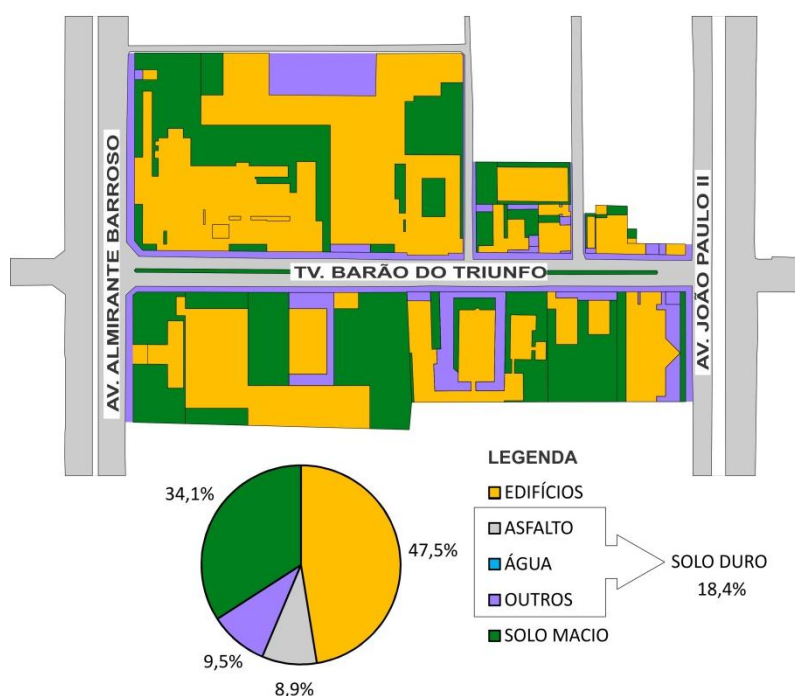


Fonte: Autoria própria, 2012.

A travessa apresenta 2 vias asfaltadas para tráfego de veículos, com canteiro central divisório com plantas e árvores, totalizando 21 a 23m de largura, e passeios laterais adjacentes às edificações pavimentado por materiais duros e impermeáveis ora apenas cimentados ora revestidos por pedras, ladrilhos ou pisos cerâmicos.

Cerca de 34,1% da área é coberta por solo macio, 18,4% por solo duro, as demais áreas são preenchidas por edificações (ver mapa de pavimentação do solo apresentado na figura 32). Há a presença de árvores nas calçadas e de muros frontais a alguns edifícios.

Figura 32 – Mapa de Pavimentação do Solo – T2.

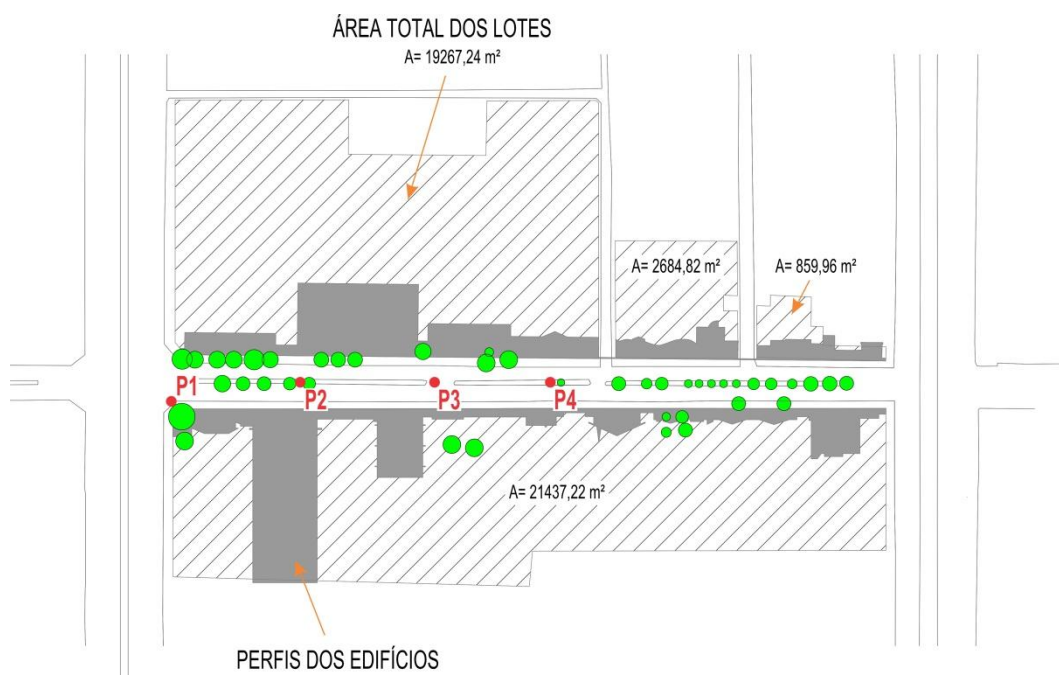


Fonte: Autoria própria, 2012.

As fachadas são predominantemente revestidas com materiais reflexivos (paredes de alvenarias, rebocadas e revestidas com pintura, cerâmicas ou pedra; vidro e metais), mas se observam ainda algumas superfícies de madeira ou coberta por plantas. Os telhados inclinados visualizados (em vista frontal) das edificações são todos constituídos por telhas cerâmicas.

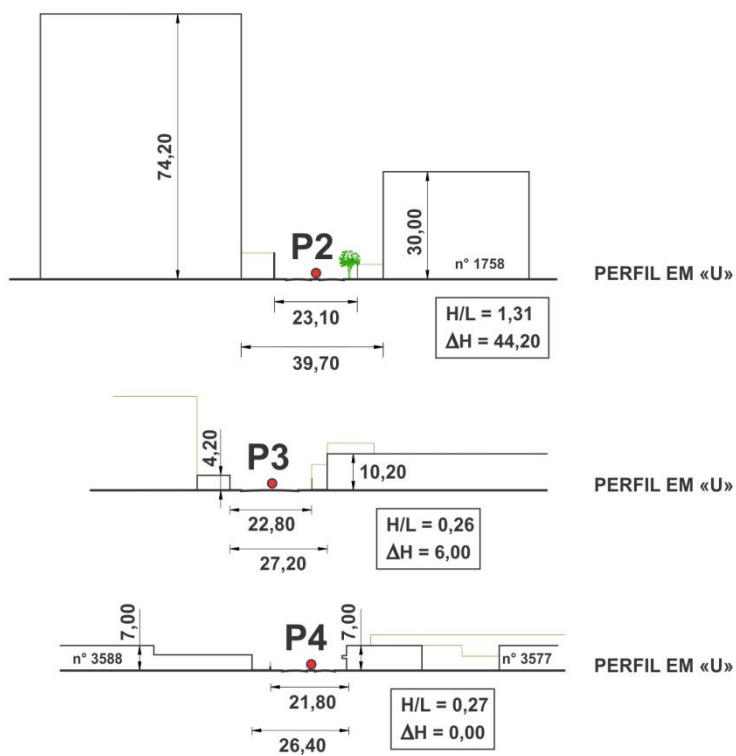
Nesse trecho também foram selecionados 4 pontos, distantes a aproximadamente 76m um do outro. O primeiro foi disposto na calçada bem na esquina da travessa Barão do Triunfo com a avenida Almirante Barroso. Os outros 3 pontos (internos) estão ilustrados nas figuras 33 e 34.

Figura 33 – Esquema Ilustrativo da área com Pontos de Medição – T2.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 34 – Perfis da Tv. Barão do Triunfo nos pontos internos – T2.



Fonte: Autoria própria, 2012.

4.3.3 Trecho 3

Corresponde à travessa Angustura entre Avenida Rômulo Maiorana e a Avenida Almirante Barroso. A fotografia da figura 35 mostra a vista da travessa a partir da Avenida Almirante Barroso.

Figura 35 – Fotografia do trecho 3.



Foto: Autoria própria, 2012.

A área total do trecho considerada neste estudo foi de aproximadamente 40.756 m², incluindo além das áreas dos lotes contíguos à travessa, as calçadas e vias (principal e de vilas) localizadas entre as avenidas.

Figura 36 – Fotografia do Ed. Rio Verde Residence (T3).



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 37 – Fotografia do Residencial Angustura (T3).



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 38 – Fotografia de um Edifício na Angustura (T3).

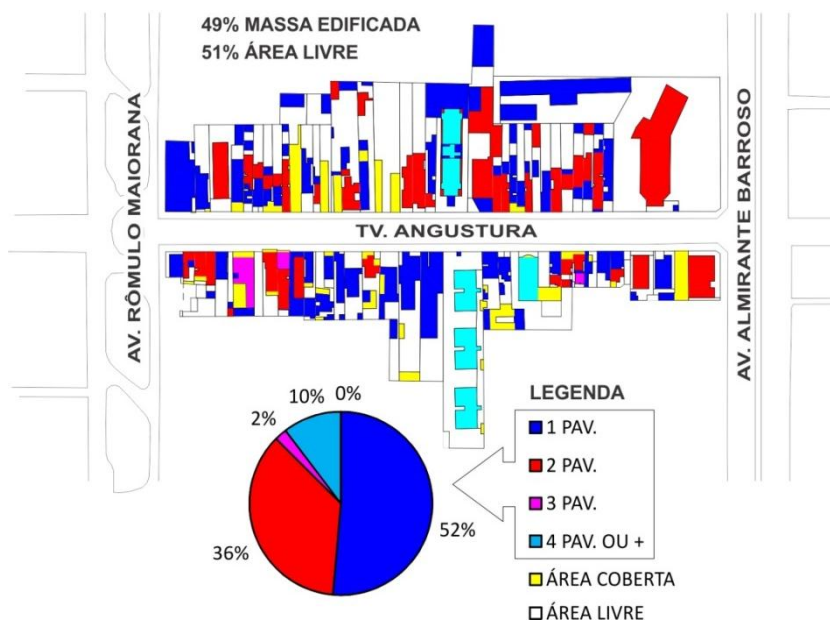


Fonte: Autoria própria, 2012.

Observa-se o predomínio indiscutível de edificações de 1 pavimento (63%) e de uso residencial (63%), seguido pelas edificações de 2 pavimentos (36%) e usos do solo para prestação de serviços (22%). Há presença de edifícios mais elevados (de 4 ou mais pavimentos – ver figuras 36, 37 e 38) concentrados no meio do quarteirão e edificações de 3

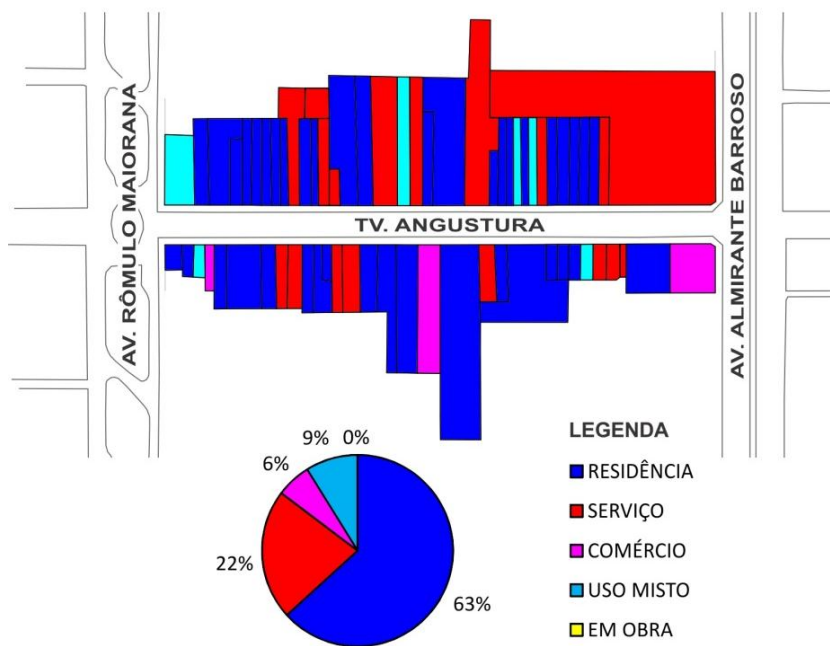
pavimentos. Uma boa quantidade da área edificada é ocupada por estruturas apenas de cobertura, ou seja, sem elementos de vedação vertical (ver os mapas de verticalização e uso do solo mostrado nas figuras 39 e 40).

Figura 39 – Mapa de Verticalização – T3.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 40 – Mapa de Uso do Solo – T3.

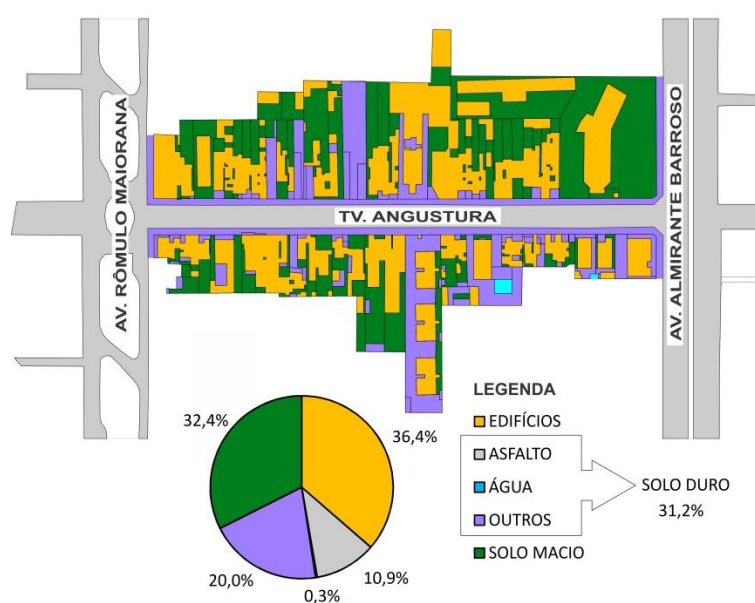


Fonte: Autoria própria, 2012.

A travessa apresenta via com pavimentação asfáltica para tráfego de veículos e calçadas adjacentes às edificações pavimentadas por materiais duros e impermeáveis ora apenas cimentados ora revestidos por pedras, ladrilhos ou lajotas cerâmicas, totalizando 22 a 23m de largura.

Cerca de 32,4% da área é coberta por solo macio, 20% por solo duro, as demais áreas são preenchidas por edificações (ver mapa de pavimentação do solo apresentado na figura 41). Há a presença de árvores nas calçadas e de muros frontais a alguns edifícios.

Figura 41 – Mapa de Pavimentação do Solo – T3.

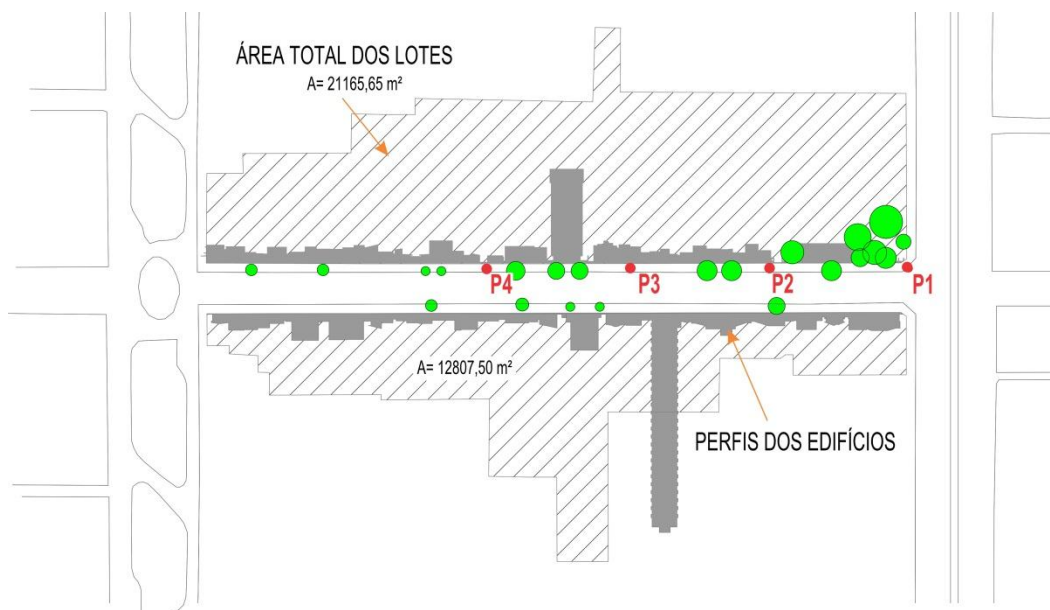


Fonte: Autoria própria, 2012.

As fachadas são predominantemente revestidas com materiais reflexivos (paredes de alvenarias, rebocadas e revestidas com pintura, cerâmicas ou pedra; vidro e metais), mas se observam ainda algumas superfícies de madeira. Os telhados inclinados visualizados (em vista frontal) das edificações são na maior parte constituídos por telhas cerâmicas.

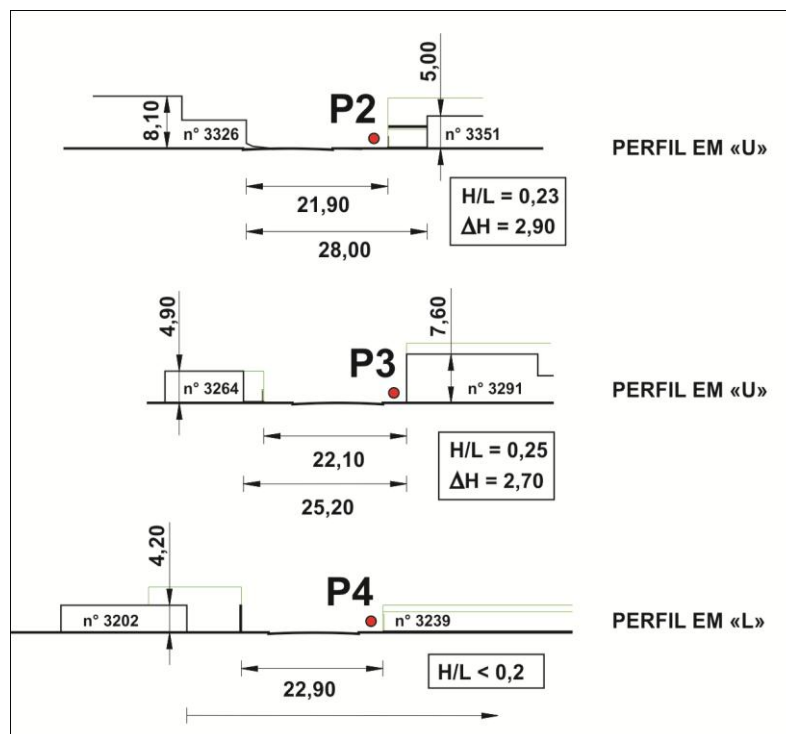
Nesse trecho também foram selecionados 4 pontos, distantes a aproximadamente 76,00 m um do outro. O primeiro foi disposto na calçada bem na esquina da travessa Angustura com a avenida Almirante Barroso. Os 3 pontos internos estão ilustrados nas figuras 42 e 43:

Figura 42 – Esquema Ilustrativo da área com Pontos de Medição –T3.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 43 – Perfis da Tv. Angustura nos pontos internos – T3.



Fonte: Autoria própria, 2012.

4.3.4 Trecho 4

Corresponde à travessa Angustura entre a Avenida Almirante Barroso e a Avenida João Paulo II. A fotografia da figura 44 mostra a vista da travessa a partir da Avenida Almirante Barroso.

Figura 44 – Fotografia do trecho 4.



Fonte: Autoria própria, 2012.

A área total do trecho considerada neste estudo foi de aproximadamente 23.266 m², incluindo além das áreas dos lotes contíguos à travessa, passagens (N. Sra. das Graças e Rui Martins – ver figuras 45 e 46), calçadas e vias localizadas entre as avenidas.

Figura 45 – Fotografia da passagem N. Sra. das Graças, esquina com a Tv. Angustura.



Fonte: Autoria própria, 2012.

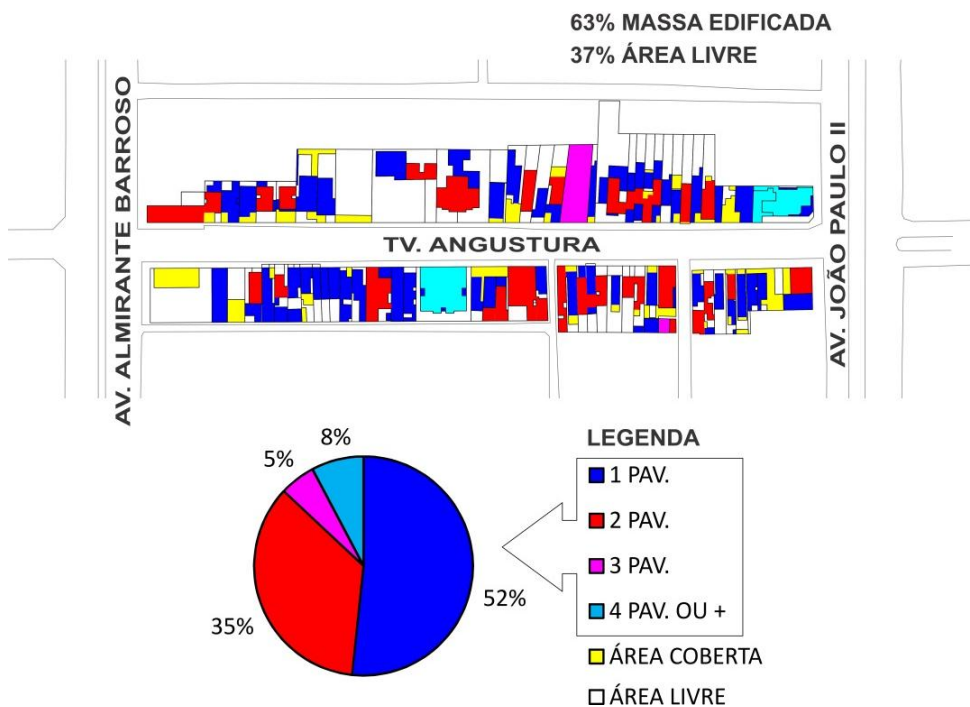
Figura 46 – Fotografia da passagem Rui Martins, esquina com a Tv. Angustura.



Fonte: Autoria própria, 2012.

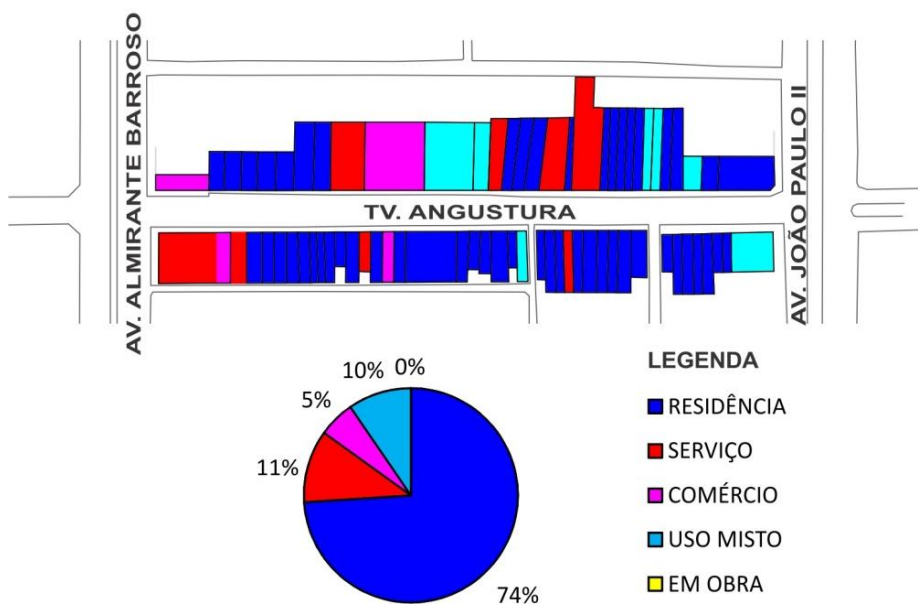
Observa-se o predomínio de edificações de 1 pavimento (52%) e de uso residencial (74%), seguidos por prédios de 2 pavimentos (35%). Há presença de edifícios mais elevados (de 4 ou mais pavimentos) e de muitas áreas apenas cobertas, ou seja, sem superfícies de vedação vertical (ver os mapas de verticalização e uso do solo mostrado nas Figuras 47 e 48).

Figura 47 – Mapa de Verticalização – T4.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 48 – Mapa de Uso do Solo – T4.

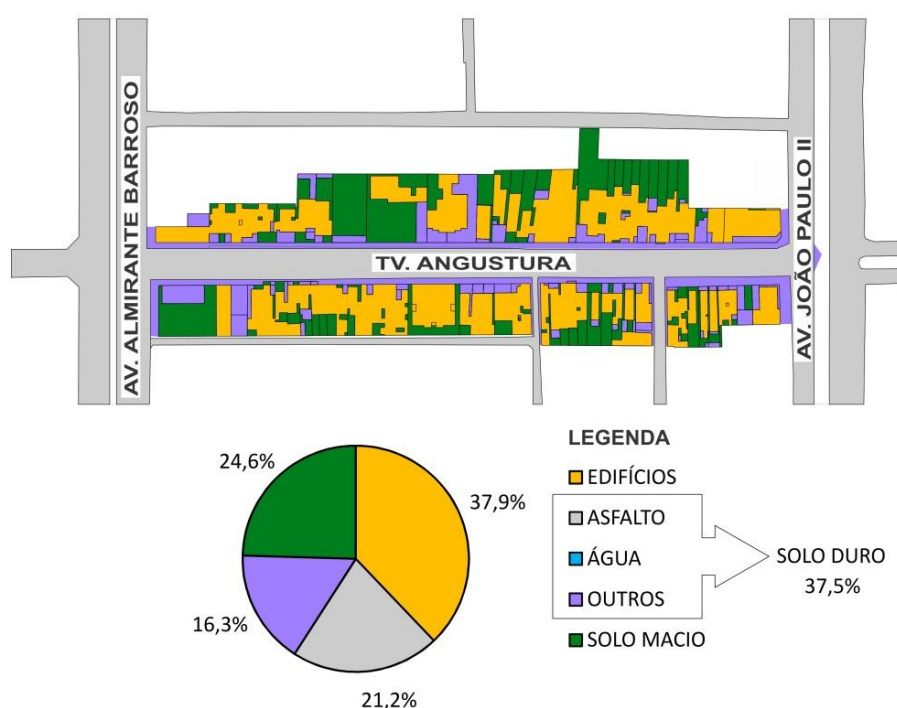


Fonte: Autoria própria, 2012.

A travessa apresenta via asfaltada para tráfego de veículos, totalizando 20 a 21m de largura, e passeios laterais adjacentes às edificações pavimentado por materiais duros e impermeáveis ora apenas cimentados ora revestidos por pedras, ladrilhos ou lajotas cerâmicas.

Cerca de 24,6% da área é coberta por solo macio, 37,5% por solo duro, as demais áreas são preenchidas por edificações (ver mapa de pavimentação do solo apresentado na figura 40). Há a presença de árvores nas calçadas (mais concentradas em um dos lados da travessa) e de muros frontais a alguns edifícios.

Figura 49 – Mapa de Pavimentação do Solo – T4.

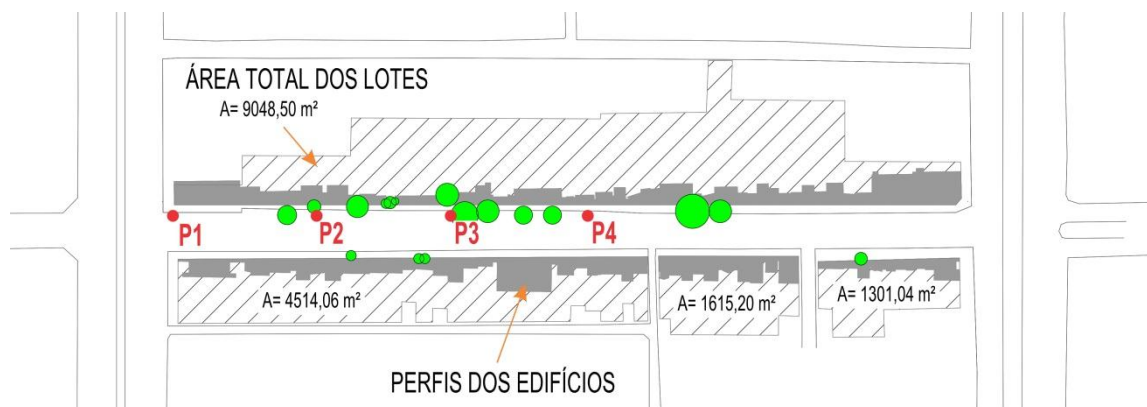


Fonte: Autoria própria, 2012.

As fachadas são predominantemente revestidas com materiais reflexivos (paredes de alvenarias, rebocadas e revestidas com pintura, cerâmicas ou pedra; vidro e metais), mas se observam ainda algumas superfícies de madeira. Os telhados inclinados visualizados (em vista frontal) das edificações são na maior parte constituídos por telhas cerâmicas.

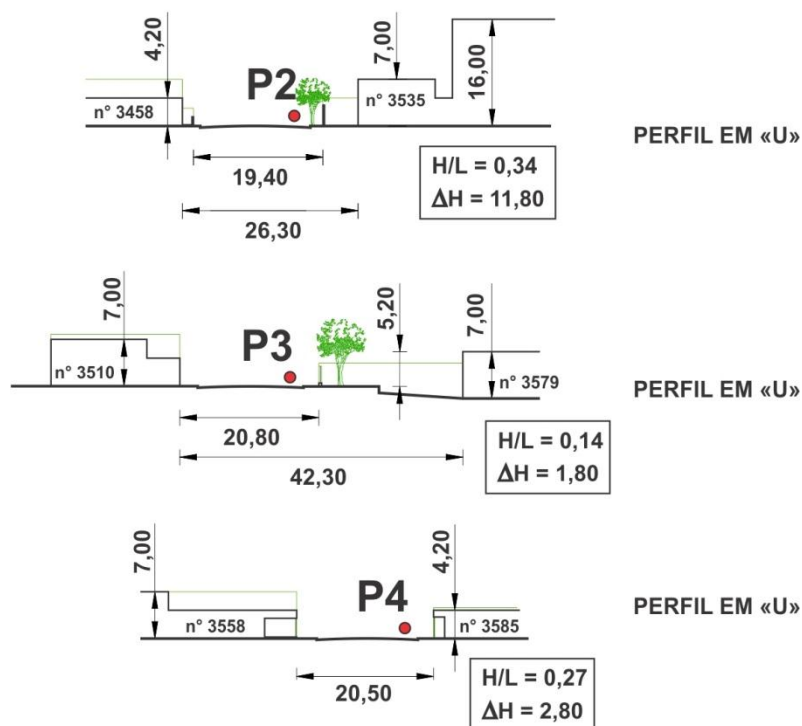
Nesse trecho também foram selecionados 4 pontos, distantes a aproximadamente 76m um do outro. O primeiro foi disposto na calçada bem na esquina da travessa Angustura com a avenida Almirante Barroso. Os 3 pontos internos estão ilustrados nas figuras 50 e 51.

Figura 50 – Esquema Ilustrativo da área com Pontos de Medição.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 51 – Perfis da Tv. Barão do Triunfo nos pontos internos.



Fonte: Autoria própria, 2012.

4.4 PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO

4.4.1 Coleta de Dados Acústicos

A coleta de dados acústicos (níveis de pressão sonora equivalentes) foi realizada nos pontos determinados nas esquinas das travessas com a Av. Almirante Barroso (ver figuras 52 e 53) e ao longo das duas travessas; e ocorreu em 4 dias: 18, 24, 25 e 26 de julho de 2012, durante 3 períodos da manhã: de 8:00 às 9:00; de 9:30 às 10:30; e de 11:00 às 12:00.

Figura 52 – Fotografia da Av. Almirante Barroso, sentido Tv. Barão do Triunfo - Tv. Angustura.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 53 – Fotografia da Av. Almirante Barroso, sentido Tv. Barão do Triunfo - Tv. Mauriti.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Foi utilizado um medidor de nível de pressão sonora *Mediator*, da marca Brüel & Kjær (ver quadro 4) - com protetor de vento, para amenizar a interferência do ruído do vento no microfone (ver figura 54) -, disposto a aproximadamente 1,5 m acima do solo em um tripé (ver figura 55), com o cuidado de mantê-lo a uma distância de, no mínimo, 1,5 m de qualquer superfície refletora, de acordo com os procedimentos recomendados pela NBR 10151 (ABNT,

2000)¹⁵. A leitura foi feita durante 1 hora (15 minutos para cada ponto) em cada período, na escala de ponderação A e resposta “Fast”, após o instrumento ter sido devidamente calibrado por um calibrador também da marca Brüel & Kjær (ver quadro 4). Os níveis de pressão sonora equivalentes eram anotadas em uma ficha no término de cada medição (ver figura 56).

Os instrumentos utilizados para a realização da coleta de dados acústicos desta pesquisa estão apresentados nas fotografias das figura 54, 55 e 65, e organizados e especificados no quadro 4.

Quadro 4 – Detalhes dos equipamentos utilizados na coleta de dados acústicos.

ÍTEM	EQUIPAMENTO	MARCA	CLASSE DE PRECISÃO / TIPO	NÚMERO DE SÉRIE	CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO	
					NÚMERO	DATA
1	Mediator 2238	Brüel&Kjær	Classe 1	2381645	1432008	14/04/2008
2	Calibrador	Brüel&Kjær	Class 1, Type 4231	2671681		
3	Microfone	Brüel&Kjær	Capacitivo	2379747		

Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 54 – Medidor e calibrador.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 55 – Medidor sobre tripé em um momento de medição.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 56 – Coleta de dados acústicos.



Fonte: Autoria própria, 2012.

¹⁵ A norma ISO 1996/1 -1982 sugere, para espaços abertos às proximidades de edifícios, a distância de 1 a 2 m.

4.4.2 Coleta de Dados Complementares

Intercalando aos períodos das medições acústicas, foram feitas as medições de outras variáveis ambientais (temperatura, umidade relativa e velocidade dos ventos) com o auxílio de um termo-hidro-anemômetro-barômetro THAB-500 Profissional da *Instrutherm* (número de série: Q594717) disposto em um tripé, com as pás a aproximadamente 1,3 m acima do solo (ver figuras 57, 58 e 59).

Os dados da direção do vento, considerados nesta pesquisa como referência, foram coletados em Belém e dispostos no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). As medições da velocidade do vento, devido às constantes variações (flutuações), foram feitas de 15 em 15 segundos durante 3 minutos nos mesmos pontos e períodos das medições de nível sonoro, exceto nos primeiros pontos de cada travessa, onde as medições de velocidade do vento foram realizadas logo após os períodos de medição acústica.

Figura 57 – Termo-higro-anemômetro-barômetro.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 58 – Medições de variáveis ambientais.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 59 – Coleta de dados ambientais.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Simultaneamente às medições de nível sonoro nos pontos das esquinas das Travessas Barão do Triunfo e Angustura com a Avenida Almirante Barroso, foram realizadas as contagens diretas da quantidade de veículos e tipos (veículos leves, como automóveis comuns e motos; e veículos pesados, como caminhões, micro-ônibus e ônibus) que circulavam na Av. Almirante Barroso e que passavam pelo observador durante 15 minutos.

A velocidade média dos veículos foi observada a partir da leitura direta do velocímetro de um automóvel seguindo o tráfego minutos antes do início das medições¹⁶. Mais tarde observou-se uma grande imprecisão neste método, especialmente por ter sido verificado apenas um valor de velocidade (coletado uma única vez) em cada dia, e fez-se necessário recorrer a uma nova medição dias depois, levando em conta, também, para o cálculo da velocidade média, o tempo em que o fluxo de veículos é quase contínuo e o tempo em que o tráfego fica congestionado próximo à esquina da travessa Angustura (trecho 4), devido à proximidade de uma parada de ônibus.

A figura 60 apresenta uma fotografia da esquina do trecho 4 com a Av. Almirante Barroso em um momento que o trânsito estava congestionado.

Figura 60 – Congestionamento na Av. Almirante Barroso, esquina com a Tv. Angustura, devido à proximidade de uma parada de ônibus.



Fonte: Autoria própria, 2012.

4.5 MÉTODOS DE CÁLCULO

4.5.1 Estimativa de Nível de Ruído

Para a estimativa do nível de ruído produzido pelo tráfego de veículos nos pontos escolhidos neste estudo, posteriormente comparado aos resultados das medições experimentais, foram utilizados os modelos desenvolvidos por Çelenk *et al.* (1997); FHWA (1995); e Josse (1975)¹⁷.

Como a avenida Almirante Barroso possui 4 pistas de cada lado com dois sentidos de tráfego¹⁸, considerou-se a fonte de ruído situada em uma linha bem ao centro da avenida (ver

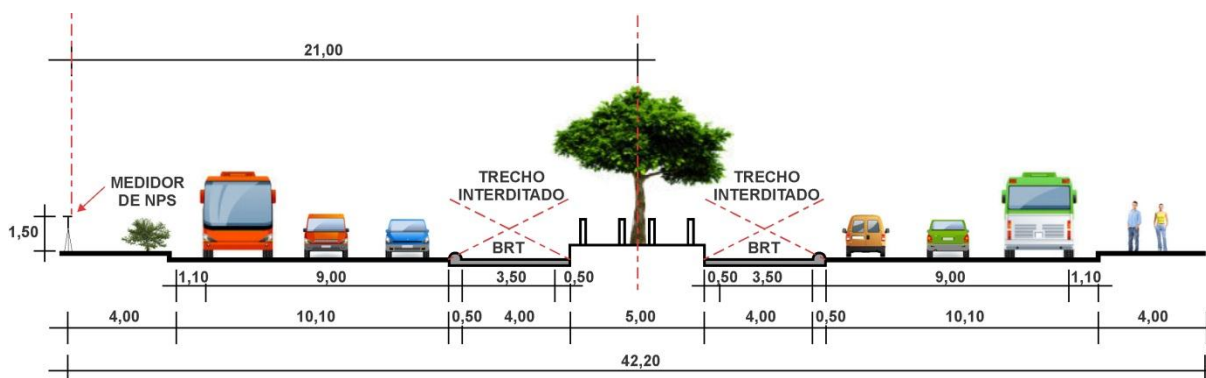
¹⁶ Estando o observador dentro do veículo.

¹⁷ Modelos descritos anteriormente neste trabalho. O modelo de Calixto (2002) não foi utilizado por apresentar distância pré-fixada.

¹⁸ Apenas três pistas estavam sendo utilizadas em cada lado pelos veículos, as outras duas estavam interditadas devido a obra do BRT (*Bus Rapid Transit*) realizada neste período em Belém.

figura 47). Observou-se que a via está em bom estado de conservação, é plana nos trechos relevantes ao estudo e possui revestimento asfáltico; os pisos de seu entorno são revestidos por materiais duros; e não existem grandes obstáculos entre a fonte sonora e o receptor (medidor de nível de pressão sonora).

Figura 61 – Seção transversal da Avenida Almirante Barroso: localização do medidor de nível de pressão sonora (P1).



Fonte: NGTM, 2012. Adaptação própria.

Durante 4 em 15 minutos (em média) foi observada uma pausa no fluxo de veículos com velocidade em torno de 60 km/h em um dos lados da avenida Almirante Barroso, às proximidades do trecho 4 (período de trânsito congestionado). Por isso, na aplicação dos modelos de predição, adotou-se tráfego contínuo, com velocidade média dos veículos em trânsito de 52 km/h, resultante da média da velocidade nos dois lados da via durante 15 minutos (60 km/h durante 15min de um lado e 60km/h por 11 min e 0 km/h por 4 min do outro lado).

A largura da via também considerada para todos os trecho é de 34,2 m, ficando o medidor de nível de pressão sonora a uma distância aproximadamente de 21 m do centro do eixo central da avenida. O fluxo de veículos, calculado a partir da contagem de veículos em 15 min, foi extrapolado para 1 h e foi verificado para cada dia de medição.

O valor do fator de absorção α foi considerado “0” (zero) para o ponto P1 de todos os trechos e “0,5” para os demais trechos, devido a presença de solo “macio”, recoberto com vegetação (na Tv. Barão do Triunfo) ou árvores esparsas entre a fonte e o receptor.

4.5.2 Cálculo dos índices urbanísticos

Para o cálculo dos índices característicos da massa urbana, esta pesquisa buscou fundamentos nas teorias abordadas por Villas Boas (1985) e Oliveira (1987), nas normas ISO 4287 (1997) e ISO 4288 (1996) e nas relações métricas da geometria.

Como a escala escolhida para o estudo foi a escala da rua, procurou-se estabelecer os índices urbanístico para ambos os lados de cada trecho das travessas. Foram escolhidos como parâmetros comparativos os índices de rugosidade, de porosidade e de centralização da massa urbana.

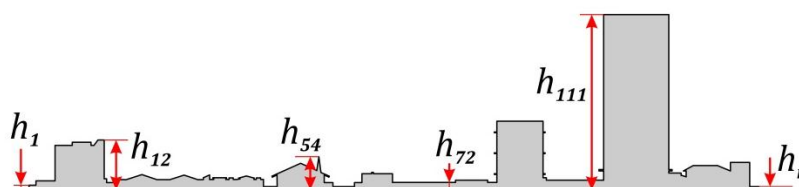
O **Índice de Rugosidade**, intimamente ligado à variação das alturas da massa edificada do perfil urbano, foi obtido a partir do cálculo do desvio médio quadrático (ou desvio padrão) das alturas de cada trecho, conforme sugerem as normas ISO 4287 (1997) e ISO 4288 (1996) para a avaliação da rugosidade superficial em peças. É representado pela seguinte equação:

$$i_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n-1}}, \quad (3.30)$$

onde: i_R é o índice de rugosidade, h_i é o i ésimo valor das alturas; \bar{h} é a média aritmética das alturas e n é o número total de valores (pontos).

A figura 62 ilustra como foram retiradas algumas das alturas utilizadas no cálculo da rugosidade de um perfil.

Figura 62 – Ilustração de variações de alturas em um perfil.



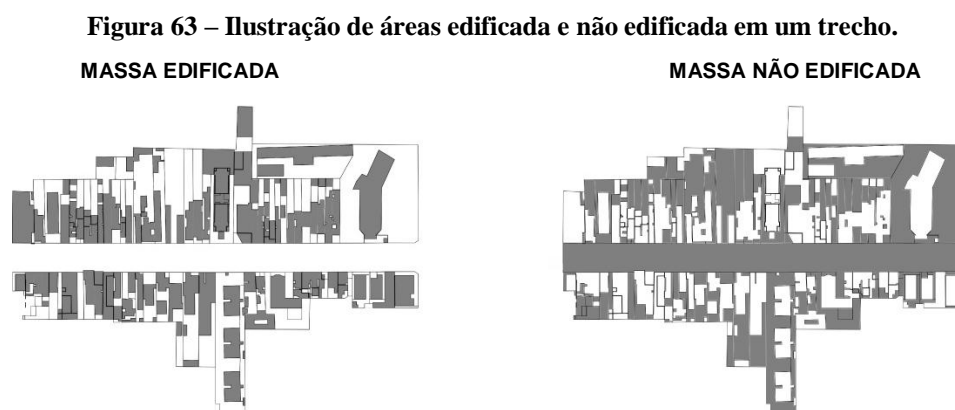
Fonte: Autoria própria, 2012.

O **Índice de Porosidade** foi considerado neste trabalho como a relação entre cheios e vazios, ou seja, a área ocupada pela espaço vazio (ou área não edificada) em determinado trecho dividida pela área correspondente ao espaço total. Logo,

$$i_p = \frac{A_v}{A_t}, \quad (3.31)$$

onde: i_p é o índice de porosidade, A_t é a área total e A_v é a área não edificada, ou do espaço vazio, considerando os limites de cada trecho (linhas limítrofes dos lotes).

A figura 63 mapeia (em tons de cinza) as áreas de massas edificadas e não edificadas de um trecho do estudo.



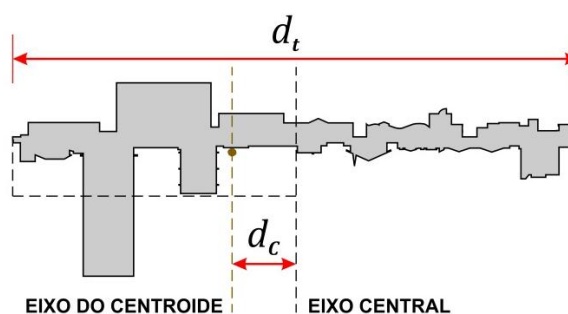
Fonte: Autoria própria, 2012.

O **Índice de Descentralização** foi calculado a partir da relação entre a distância do eixo central do trecho de cada travessa e o centro geométrico de uma figura formada pelas linhas de coroamento dos perfis de ambos os lados das vias, conforme a equação 3.32 (Ver figura 64).

$$i_D = \frac{d_c}{d_t/2} = 2 \left(\frac{d_c}{d_t} \right), \quad (3.32)$$

Onde: i_c é o índice de centralização, d_c é a distância horizontal do eixo do Centroide ao eixo central do trecho e d_t é a distância horizontal total do trecho.

Figura 64 – Ilustração das distâncias utilizadas no cálculo do i_D em um perfil.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Assim, quanto mais próximo do eixo central estiver o eixo do centroide, mais próximo o índice de descentralização estará do valor 0 (equivalente a 100% de centralização), e quanto mais afastado do eixo central estiver o eixo do centroide, mais próximo o índice de descentralização estará do valor 1 (equivalente a 0% de centralização).

4.6 PROGRAMAS UTILIZADOS

Os programas de computador utilizados, com seus respectivos desenvolvedores e finalidades, estão organizados no quadro 5.

Quadro 5 – Programas utilizados.

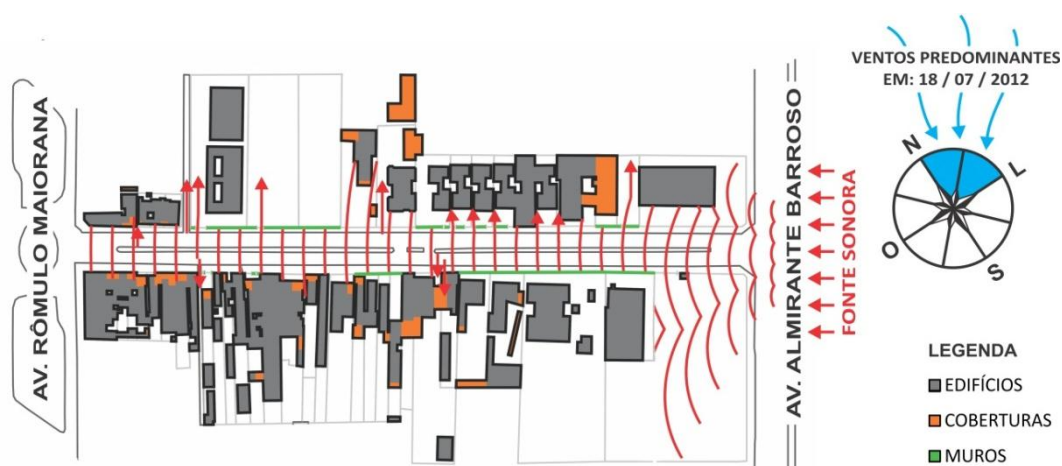
PROGRAMAS	DESENVOLVEDOR	FINALIDADE
<i>Autocad</i>	<i>Autodesk, Inc.</i>	Desenho de plantas e perspectivas
<i>CorelDraw</i>	<i>Corel Corporation.</i>	Tratamento de imagens (arte final)
<i>Excel</i>	<i>Microsoft</i>	Tabulação, cálculo e tratamento de dados (elaboração de gráficos)

Fonte: A autoria própria, 2012.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 65, 65, 67 e 68 mostram o cenário acústico dos trechos de estudo, indicando prováveis caminhos das ondas sonoras (até uma altura de aproximadamente 2,5m) oriundas do tráfego de veículos da Avenida Almirante Barroso. Apresentam também as barreiras (edificações e muros), as passagens (circulações, recuos e espaçamentos) e a orientação dos ventos predominantes. As áreas “hachuradas” em cor laranja são áreas cobertas sem paredes limitadoras ou pátios frontais às edificações (estes apenas delimitados por grades na parte frontal).

Figura 65 – Esquema de propagação do som (T1), até 2,50 m de altura.



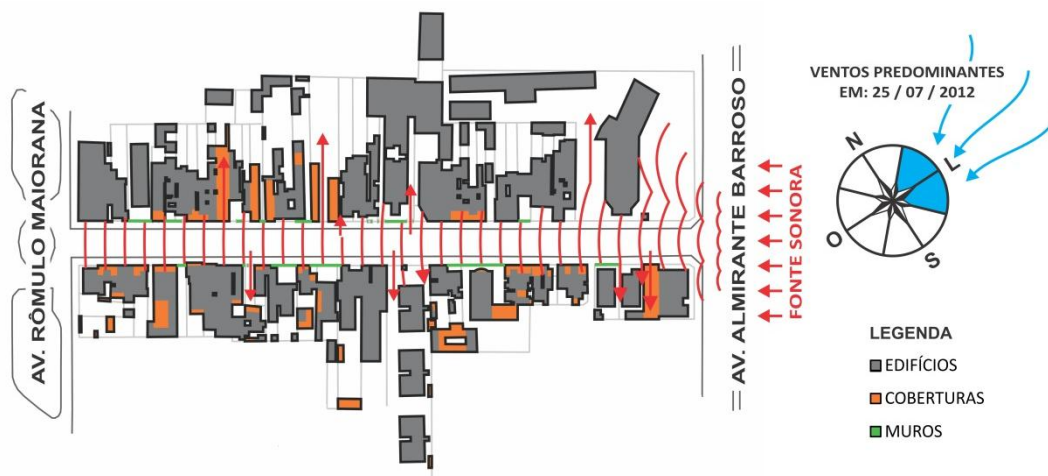
Fonte: Autoria própria, 2012; site do INMET (direção dos ventos).

Figura 66 – Esquema de propagação do som (T2).



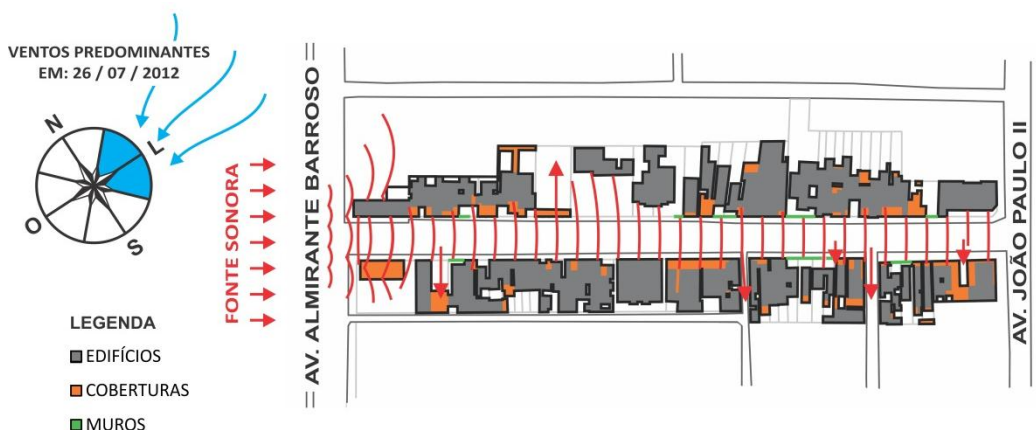
Fonte: Autoria própria, 2012; site do INMET (direção dos ventos).

Figura 67 – Esquema de propagação do som (T3).



Fonte: Autoria própria, 2012; site do INMET (direção dos ventos).

Figura 68 – Esquema de propagação do som (T4).



Fonte: Autoria própria, 2012; site do INMET (direção dos ventos).

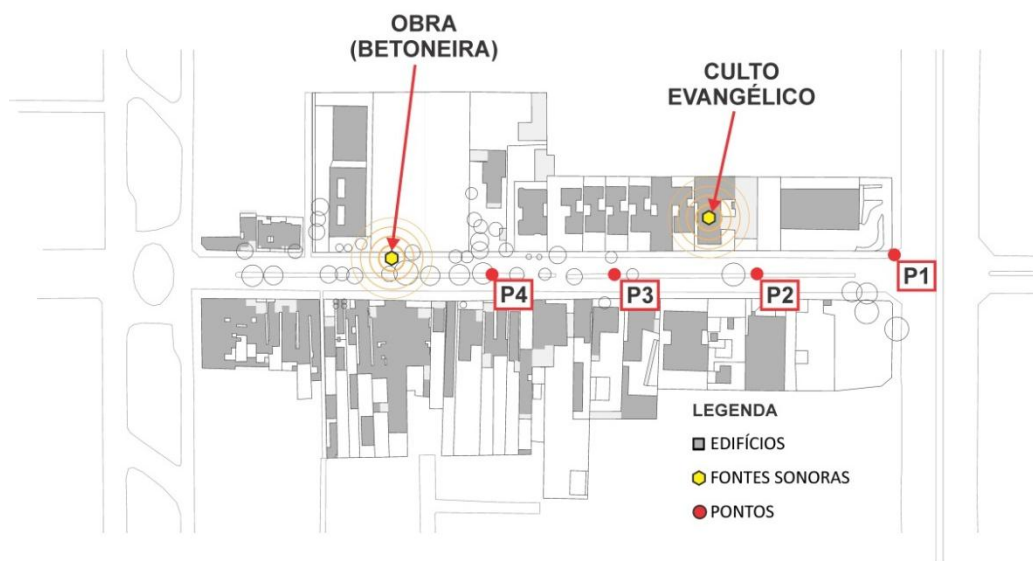
Nos quatro ambientes estudados, com exceção do trecho 4, verifica-se a presença de muitos muros delimitando as fronteiras dos lotes com as travessas. Apenas no trecho 2 não existem quase pátios frontais e coberturas (onde também predominam as edificações de serviço e de 2 pavimentos). Nos trechos 2 e 4, a propagação do ruído de tráfego se deu a barlavento, e no trecho 3, a sotavento.

Convém, no entanto, ressaltar que o tráfego de veículos da Avenida Almirante Barroso não pode ser o único a ser considerado na presente análise, uma vez que se trata de uma avaliação do ruído ambiental. Durante os períodos de medições acústicas, além do tráfego de veículos esporádicos nas travessas em estudo, foram observadas outras fontes, que, mesmo não sendo contínuas e intermitentes (pois não permaneceram durante todo o período de

medições) podem ter contribuído de forma relevante nos valores dos níveis de pressão sonora obtidos.

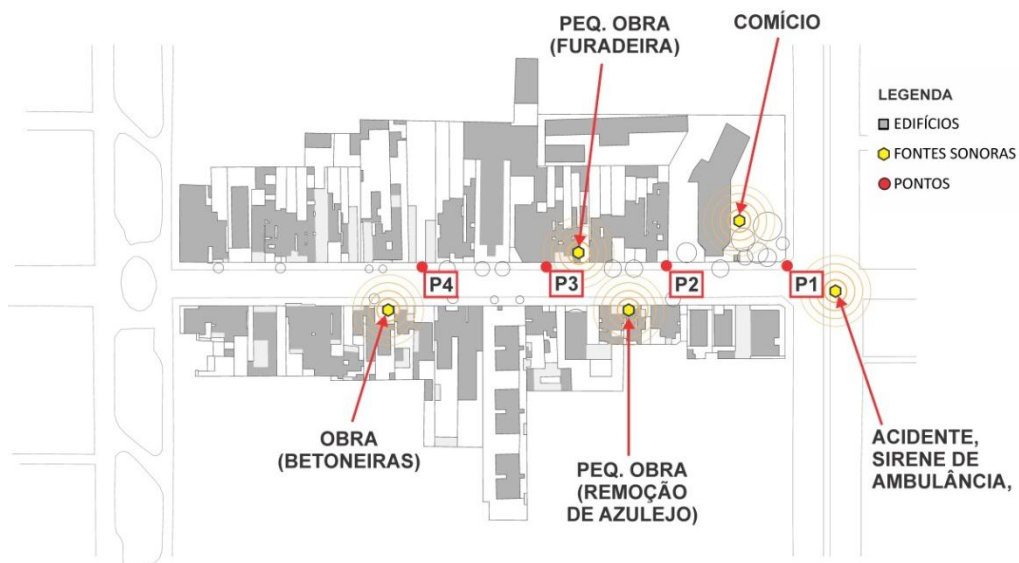
As figuras 69, 70 e 71 mostram os pontos de medição para cada trecho de estudo e outras fontes interferentes que surgiram. Apenas no trecho 2 não foi percebido outra fonte de ruído. No trecho 1, as outras fontes estavam um pouco afastadas dos pontos de medição; nos trechos 3 e 4, estavam próximas a alguns pontos.

Figura 69 – Localização dos pontos e outras fontes sonoras (T1).



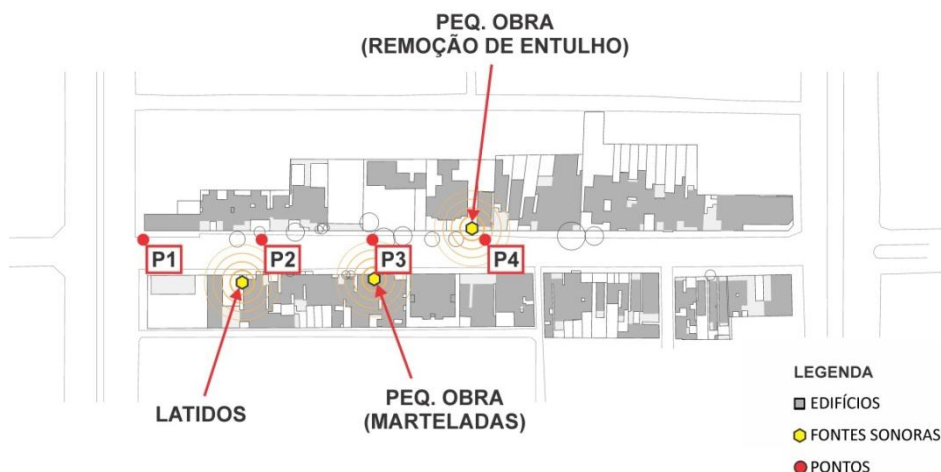
Fonte: Autoria própria, 2012.

Figura 70 – Localização dos pontos e outras fontes sonoras (T3).



Fonte: Autoria própria, 2012.

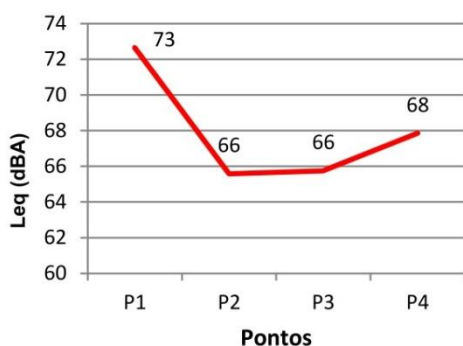
Figura 71 – Localização dos pontos e outras fontes sonoras (T4).



Fonte: Autoria própria, 2012.

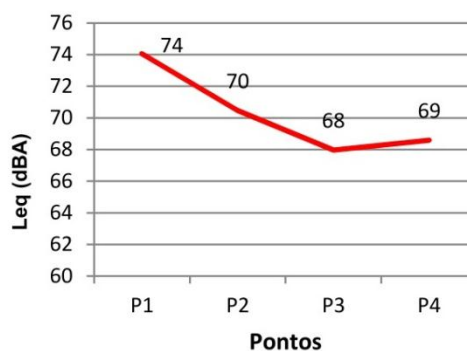
Os valores médios dos níveis de pressão sonora equivalente medidos (Leq) para cada ponto¹⁹ estão dispostos nos gráficos 9, 10, 11 e 12.

Gráfico 9 – Valores médios dos Leq (s) – T1.



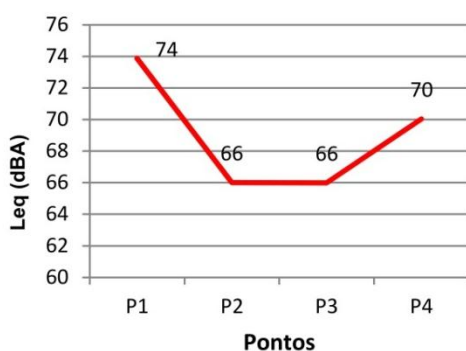
Fonte: Autoria Própria, 2012.

Gráfico 10 – Valores médios dos Leq (s) – T2.



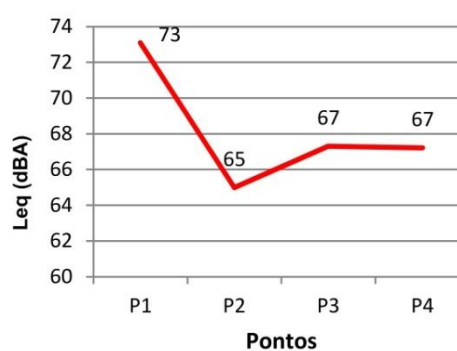
Fonte: Autoria Própria, 2012.

Gráfico 11 – Valores médios dos Leq (s) – T3.



Fonte: Autoria Própria, 2012.

Gráfico 12 – Valores médios dos Leq (s) – T4.



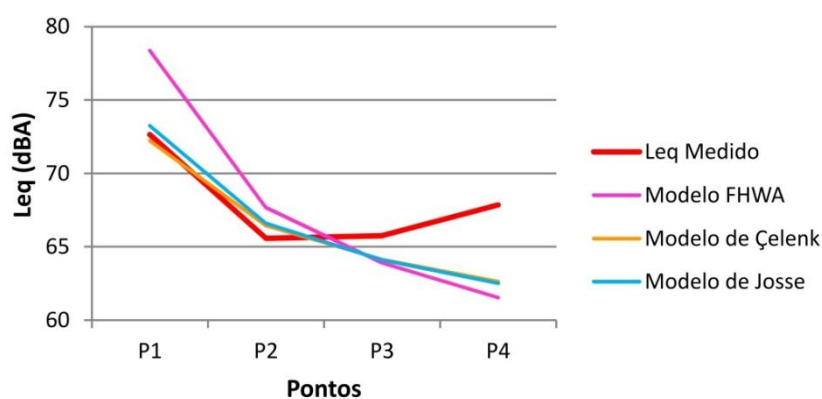
Fonte: Autoria Própria, 2012.

¹⁹ Média logarítmica dos valores nos 3 momentos de medição em cada ponto.

O nível de pressão sonora médio dos 3 pontos internos (P2, P3 e P4) não se apresentou tão diferente de um trecho ao outro – o maior foi igual a 69 dB(A) no trecho 1 (T2), o menor igual a 67 dB(A) nos trechos 1 e 4, no trecho 3 o valor médio foi 68 dB(A)²⁰ -, a variação mais perceptível ocorreu com o aumento da distância, de um ponto para outro. De modo geral, houve um aumento do nível sonoro nos pontos situados nos pontos mais centrais aos quarteirões. Convém observar que até no trecho 2 (T2), com propagação de tráfego a barlavento e onde não houveram interferências de outras fontes de ruído, houve um aumento no nível sonoro no ponto 4.

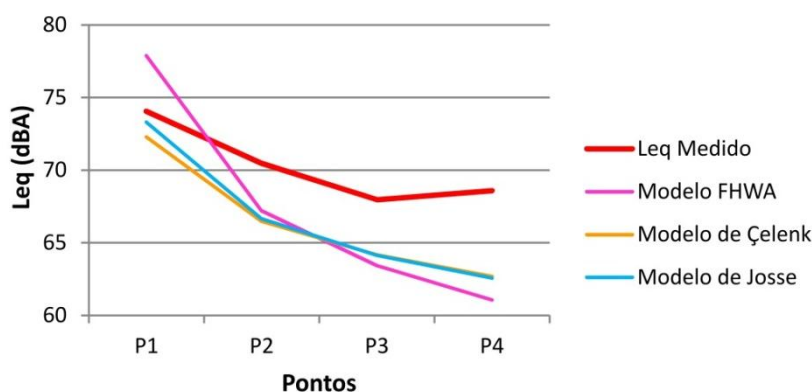
Comparando os valores de nível de pressão sonora equivalentes obtidos com as medições aos valores calculados por meio de alguns dos modelos preditores da literatura (anteriormente descritos neste trabalho), observou-se uma diferença significativa (ver gráficos 13, 14, 15 e 16).

Gráfico 13 – Leq e dados do Trânsito (T1).



Fonte: Autoria própria, 2012.

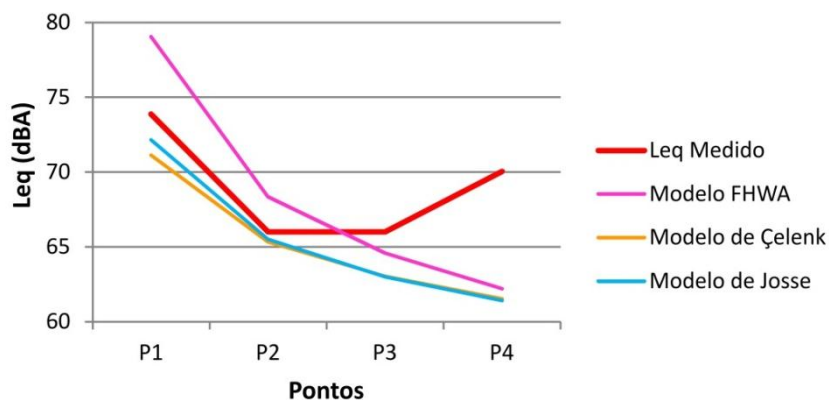
Gráfico 14 – Leq e dados do Trânsito (T2).



Fonte: Autoria própria, 2012.

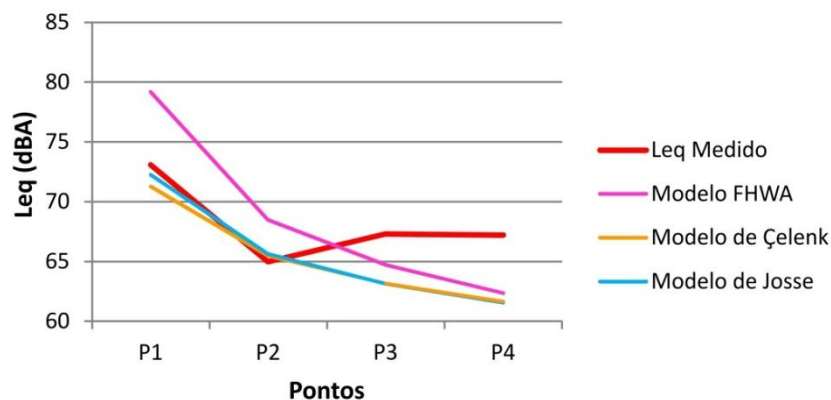
²⁰ Valores extraídos das médias logarítmicas entre os pontos P2, P3 e P4 de cada trecho.

Gráfico 15 – Leq e dados do Trânsito (T3).



Fonte: Autoria própria, 2012.

Gráfico 16 – Leq e dados do Trânsito (T4).



Fonte: Autoria própria, 2012.

Os modelos preveem uma queda do nível de pressão sonora equivalente com o aumento da distância da via e as medições tiveram uma queda inicial e depois um aumento (especialmente nos pontos 4, conforme explicado anteriormente). Calculando os desvios dos valores calculados pelos modelos em relação à curva dos valores medidos, observou-se que, no trecho 1, o modelo de Çelenk foi o próximo, com desvio de 3,20 dB(A); e, nos demais trechos, foi o modelo de Josse, com desvios de 4,70 dB(A) no trecho 2; 5,38 dB(A) no trecho 3; e 4,12 dB(A) no trecho 4.

As proporções de áreas (espaços cheios e vazios) para cada trecho de estudo estão ilustradas nos gráficos 17, 18, 19 e 20.

Gráfico 17 – Proporções de áreas do trecho 1.

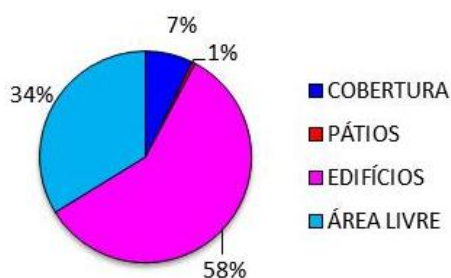


Gráfico 18 – Proporções de áreas do trecho 2.

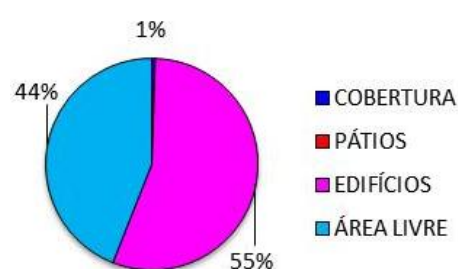


Gráfico 19 – Proporções de áreas do trecho 3.

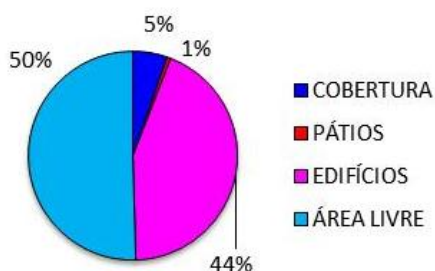
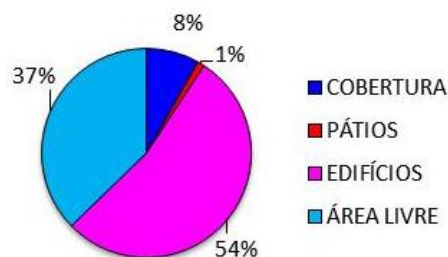


Gráfico 20 – Proporções de áreas do trecho 4.



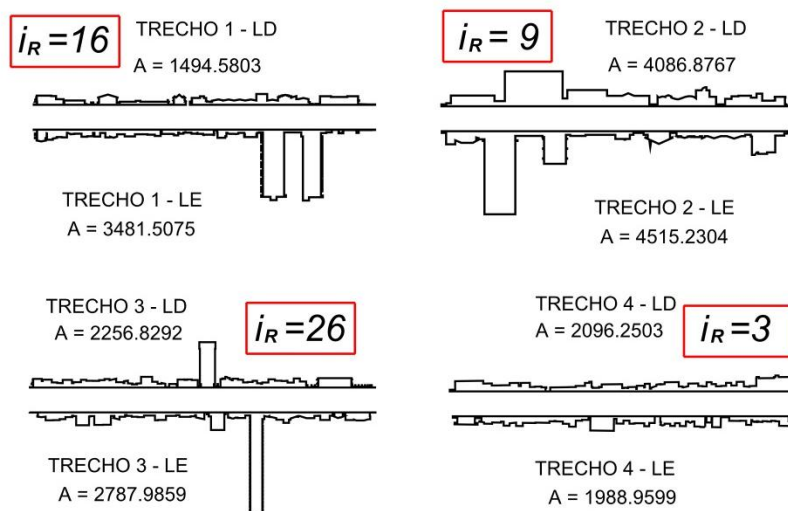
Fonte: Autoria própria, 2012.

Dessas proporções de áreas (apresentadas nos gráficos 17, 18, 19 e 20), extraem-se os seguintes índices de porosidade: para o trecho 1, $i_p = 34\%$; para o trecho 2, $i_p = 44\%$; para o trecho 3, $i_p = 50\%$; e para o trecho 4: $i_p = 37\%$. Pode-se dizer, então, conforme este índice, que o trecho 3 é o mais poroso entre os demais, ou seja, é o que apresenta maior permeabilidade às ondas sonoras; enquanto que o trecho 1 é o menos poroso. Os trechos 2 e 4 possuem também pequenas circulações de acesso a vilas responsáveis pelo aumento da porosidade ao ruído proveniente do tráfego de veículos.

Os índices de rugosidade foram calculados a partir das informações das alturas de pontos dos perfis nos dois lados das vias. A figura 72 apresenta esquematicamente os perfis de cada lado (direito, LD, e esquerdo, LE) dos 4 trechos de estudo, suas respectivas áreas (A, dadas em m^2) e os índices de rugosidade (i_R) para cada trecho. O trecho de estudo onde foi observado o índice mais alto de rugosidade foi o trecho 3 ($i_R = 26$) e o de menor índice de rugosidade, o trecho 4 ($i_R = 3$).

Convém observar, também, que os índices de rugosidade não são percentuais e são mais altos quanto mais elevadas forem as diferenças de alturas, o que explica a baixa rugosidade do perfil do trecho 4 e do trecho 2.

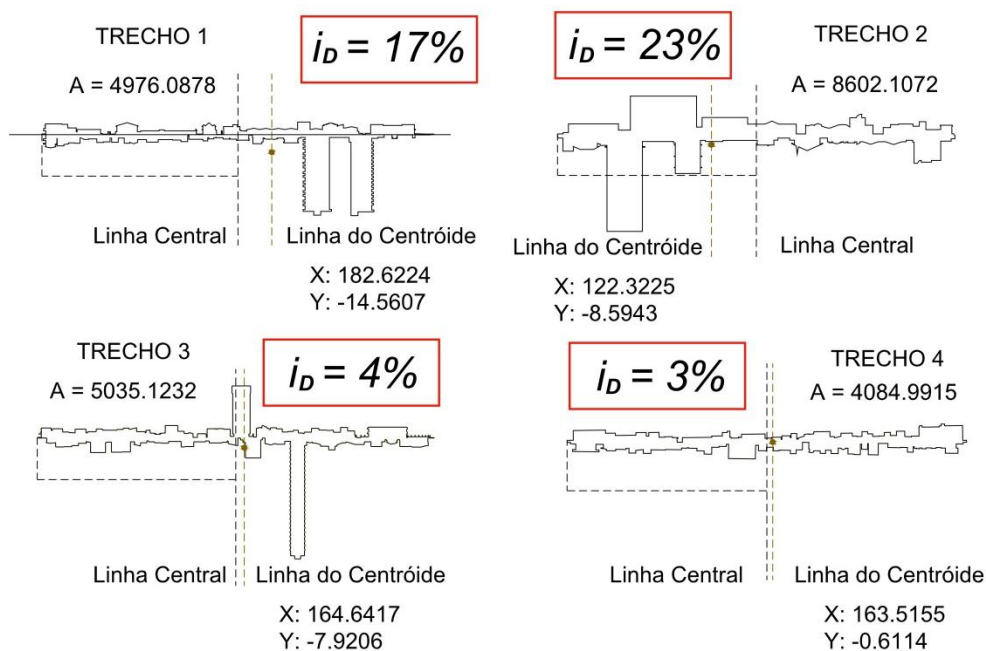
Figura 72 – Representação dos perfis e seus respectivos índices de rugosidade.



Fonte: Autoria própria, 2012.

Os índices de descentralização foram calculados a partir das informações contidas nos esquemas da figura 73, onde é possível observar que o trecho com maior índice de descentralização, ou seja, o menos centralizado, é o trecho 2 e o trecho 4 é o menos descentralizado (mais centralizado), em comparação às outras áreas de estudo.

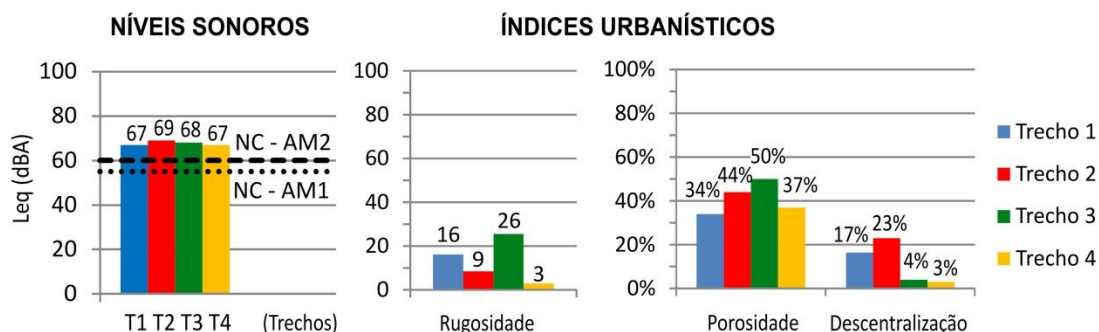
Figura 73 – Esquemas geométricos de cada trecho e seus respectivos índices de descentralização.



Fonte: Autoria própria, 2012.

A comparação entre os índices urbanísticos e os valores obtidos de níveis de pressão sonora está ilustrada no gráfico 21.

Gráfico 21 – Comparação índices urbanísticos x níveis de pressão sonora equivalente.



Observações: NC - AM 1 é o nível de critério de avaliação para ambientes externos em área mista, predominantemente residencial no período diurno conforme a NBR 10.151 (2000); NC - AM 2 é o nível de critério de avaliação para ambientes externos em área mista, com vocação comercial e administrativa no período diurno conforme a NBR 10.151 (2000).

Fonte: Autoria própria, 2012.

Os índices de rugosidade e porosidade no trecho 1 são pouco elevados se comparados aos dos outros trechos e o índice de descentralização é bem pequeno. Neste e no trecho 4, em média, o L_{eq} foi o menor observado, em torno de 67 dB(A). No trecho 3 percebe-se uma elevada rugosidade, alta porosidade e uma pequena descentralização; no trecho 4 verifica-se baixa rugosidade, porosidade um pouco elevada e também uma pequena descentralização. O índice de descentralização é maior no trecho 2, onde o L_{eq} foi mais elevado (69 dB(A)).

A maior correlação observada com os níveis de pressão sonora equivalente foi do índice de porosidade, de aproximadamente 69% (coeficiente de Pearson); seguido pelo índice de descentralização, de aproximadamente 52%. De onde se pode concluir que a centralização da massa (oposta ao índice de descentralização), aliada à uma considerável rugosidade do perfil urbano, pode ser também responsável pelos valores mais altos de L_{eq} nos pontos mais centrais de cada trecho (P4); e que a porosidade dos trechos parece estar contribuindo pouco para a dispersão do ruído.

Outro fato interessante observado é que o índice de rugosidade tem forte correlação com a relação H/L. Utilizando, por exemplo, os valores médios das alturas de cada ponto dos perfis urbanos e as larguras médias das travessas nos três pontos de medição para cada trecho, pode-se extrair os seguintes valores da relação H/L: 0,33 para T1; 0,29 para T2; 0,88 para T3 e 0,21 para T4; apresentando uma correlação de aproximadamente 92% (coeficiente de Pearson). Com esses valores pode-se considerar, de acordo com Romero (2011), que os trechos 1, 2 e 3 caracterizam espaços de recolhimento ou áreas de densidade média enquanto

que o trecho 4 compõe um espaço expansivo ou de baixa densidade. Devido à forte correlação, os índices de rugosidade calculados para os trechos também podem ser utilizados na determinação dos espaços de baixa, alta ou média densidade construtiva.

Como existem diversos outros fatores envolvidos nos ambientes sonoros urbanos – como a variedade e dispersão das fontes, a orientação, os ventos, a temperatura e umidade do ar –, não se pode precisar o quanto e como cada índice desses pode se relacionar com os fenômenos sonoros ocorridos nas áreas de onde aqueles são extraídos, mas pode-se, no entanto, afirmar com alguma segurança que, em média, os níveis de pressão sonora equivalente nos quatro ambientes estudados estão acima dos níveis estipulados pela norma NBR 10.151 (2000) para ambientes externos de uso misto em período diurno – estão próximos a 70 dB (A) –, o que reforça a necessidade de medidas mais eficientes dos órgãos responsáveis e com certa brevidade, para o problema do ruído nestas áreas não se agravar.

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 CONCLUSÃO

Este trabalho procurou avaliar a relação entre a forma urbana na escala da rua e o nível de pressão sonora utilizando uma metodologia baseada em estudos da forma urbana e relações métricas espaciais. Para tanto, procurou estabelecer alguns índices urbanísticos e suas inter-relações com o ruído ambiental nos espaços externos às edificações, após a caracterização detalhada de cada ambiente.

A importância desse tipo de estudo é a produção de conhecimento nesta área ainda pouco explorada que possa vir a complementar os estudos já existentes, possibilitando influenciar, a partir de relações e tratamentos da forma urbana, na tomada de decisões de futuros projetos arquitetônicos e urbanos preocupados com as questões ambientais.

Desconstruindo a hipótese motivadora desta pesquisa, de que uma análise sistemática da forma urbana poderia eliminar a necessidade do uso de mapas acústicos e das medições *in loco*, percebeu-se, com o estudo, que os *softwares* de mapeamento sonoro podem e devem ser utilizados em conjunto aos índices urbanísticos, para que um possa alimentar o outro, colaborando para o aperfeiçoamento de ambos os recursos; e as medições acústicas *in loco* não podem ser substituídas por simulações (nem por índices urbanísticos), em resposta aos questionamentos feitos na introdução desta dissertação, pois apenas elas possibilitam avaliar e aperfeiçoar os próprios métodos e modelos de análise.

O problema do ruído em meio urbano não é algo de fácil solução, uma vez que necessita de mudanças radicais do modo de pensar – um novo paradigma –, que interfira em valores sociais, econômicos, políticos e culturais de nossa sociedade atual.

Hoje é mais comum observar iniciativas privadas de controle de ruído (isolamento acústico), cujo principal interesse é de resolver problemas particulares do proprietário de um imóvel e/ou de seus clientes (no caso de existirem). A sociedade como um todo não é geralmente beneficiada e, muitas vezes, pode até estar sendo prejudicada por essas iniciativas. Soluções de apenas isolar ambientes internos ou edificações, que ignoram os espaços externos, acabam por agravar ainda mais o problema dos ruídos nas cidades. E não só isso, a estrutura das edificações de um modo geral também pode ser comprometida, uma vez que onde ocorrem fenômenos sonoros necessariamente ocorrem fenômenos vibratórios.

Possíveis contribuições de iniciativa privada poderiam ser a utilização de materiais absorvedores revestindo as paredes externas; piso permeável nas áreas frontais (preferencialmente gramado); e/ou uma conformação espacial arquitetônica que permitisse uma maior absorção pelo ar das ondas sonoras, com recuos laterais e afastamentos frontais e de fundo apropriados conforme os gabaritos, índices de ocupação e de aproveitamento de cada edificação. Em outras palavras, quando a solução não implica diretamente nos custos de implantação dos edifícios devido ao preço elevado dos materiais de construção (absorvedores sonoros), implica de forma indireta, impondo reduções na área útil das edificações que, para muitos, também estão associadas a custos e desvalorização dos imóveis.

Nas sociedades atuais, o pensamento de ordem ainda é predominantemente capitalista. Os problemas sociais e de caráter coletivo são vistos por muitos indivíduos como desafios para órgãos governamentais e municipais solucionarem, já que eles já fazem a sua parte pagando seus impostos.

Em Belém, a SEMMA e a DEMA, corresponsáveis pela monitoria e fiscalização das emissões de ruído, tentam coibir as atividades infratoras e participam de projetos e programas para este fim, mas não obtém sucesso quando se deparam com questões de cunho culturais. Os hábitos do povo dificultam o trabalho desses órgãos. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em pesquisas recentes, apontou Belém como a “capital nacional do ruído”. “Quanto maior o som, melhor a festa”, muitos pensam. Os donos de bares colocam músicas em volumes altos com caixas amplificadoras de som voltadas para a rua para atrair clientes, não obedecendo à lei do silêncio (Lei Nº 7990/2000); motoristas trafegam com os porta-malas abertos com potentes alto-falantes, propagando sons em altíssimo volume, descumprindo a Lei 9.503/97 (Código de Trânsito); indivíduos fazem festas em ambiente externo e colocam sons nas alturas até altas horas da madrugada.

Pesquisadores de diversas áreas estão se mobilizando em busca de soluções, desde que a poluição sonora passou a ser um caso de saúde pública pela OMS (2011), mas seus esforços somados aos dos agentes fiscalizadores surtiram ainda pouco efeito e talvez só obtenham sucesso quando houver também a cooperação da população. Ou seja, todas as ações devem partir de um grande programa de educação ambiental e campanhas de conscientização dos problemas decorrentes do ruído frente à população.

A partir do cumprimento das leis pode se tornar mais fácil a aceitação de novas medidas. Algumas medidas que podem ser tomadas são: a proibição em algumas áreas de buzinas, bate-estacas, trios, carros de propaganda com alto-falantes externos, ou em certas horas do dia; a redução do número de veículos, consequência da melhoria do transporte público; o tratamento acústico antirruído dos pavimentos das vias; aperfeiçoamento dos projetos automotivos, com redução dos ruídos dos motores e escapamentos veiculares; e melhorias em equipamentos e aparelhos diversos.

É certo que o problema da poluição sonora não deve ser associado apenas aos hábitos da população e ao descumprimento das leis, pois até seguindo devidamente as leis urbanísticas nas construções e reformas de edifícios, há risco de se agravar. As exigências definidas na LCCU (1999) também referidas no PDU (2008), por exemplo, para modelos urbanísticos M0, M1, M7 e M8 (permitidos nas áreas do presente estudo) para lotes em certas zonas não existem no que se refere a afastamentos (existindo apenas afastamento de fundo para o Modelo M7); nos modelos M19 é dispensável também o afastamento frontal. Ou seja, as áreas definidas por lotes pequenos e/ou onde esses modelos podem ser aplicados, não há exigência de afastamentos, possibilitando a formação de uma enorme e contínua barreira urbana não porosa, e, conseqüentemente, favorecendo a formação de regiões insalubres acusticamente mesmo com o cumprimento das leis.

Logo, outra medida de suma importância seria a reformulação do Plano Diretor de Belém (e seu cumprimento), com o acréscimo de algumas exigências complementares para a redução dos níveis de ruído a partir de mapas acústicos ou por meio de estudos metodológicos desenvolvidos para este fim, que levem em conta índices como os utilizados no presente trabalho (índices de rugosidade, porosidade e descentralização) e/ou outros que ainda podem ser elaborados (índices de densidade construtiva, de espaçamentos laterais e frontais ou de concentração de atividades), impedindo a formação dessas grandes barreiras, visando evitar tanto a futura formação de regiões insalubres acusticamente, quanto resolver ou minimizar os problemas quando já instalados²¹. Assim, arquitetos, urbanistas e engenheiros, responsáveis técnicos pela conformação da massa urbana, e outros profissionais de áreas afins, poderiam resgatar o estado do “Bem estar” enfraquecido desde os anos 60, com o surgimento da cidade do consumo e colaborar com a melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

²¹ Como no caso dos trechos estudados, onde os níveis sonoros ficaram próximos aos 70 dB(A).

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para futuros trabalhos, propõe-se a ampliação dos dados coletados mediante a aplicação deste método em outras áreas morfologicamente distintas em Belém²², em ruas ou travessas também com pouca circulação de veículos e em trechos próximos a avenidas de tráfego intenso.

A utilização de modelos simplificados (maquetes), programas geradores de mapas acústicos e/ou de outros índices urbanísticos – como de densidade construtiva, de espaçamentos laterais e frontais, de concentração de atividades (uso do solo), que podem ser extraídos de um levantamento físico de uma área –, podem também complementar a presente pesquisa, colaborando para um melhor entendimento da relação forma - ruído urbano que ocorre nas cidades.

²² A sugestão é que seja em Belém, para evitar grandes interferências do clima na análise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLI, J. L. **Física básica para arquitetura: mecânica, transmissão de calor, acústica.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1994. 330p.

ALMANAQUE Brasil Socioambiental 2008. **Uma nova perspectiva para atender a situação do Brasil e nossa contribuição para a crise planetária.** São Paulo: Instituto Socioambiental, 2007. 552p.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO MUNICÍPIO DE BELÉM, v. 16, 2011. Belém: Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão, 2012. 411p.

ARAÚJO, José de Jesus. **Avaliação do impacto provocado pelo ruído de tráfego em vias arteriais.** Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 143:** Poluição sonora: terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1973.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6405:** Rugosidade das Superfícies. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7.731:** Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seus efeitos sobre o homem. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151:** Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.152:** Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.179:** Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

BABISCH, W. *The noise/stress concept, risk assessment and research needs.* *Noise & Health*, 2002. [citado pela WHO, 2011]

BARRETTO, Débora. **Impacto sonoro da implantação do metrô de Salvador em edificações adjacentes considerando os efeitos na população.** Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

BARRIO, Isabel López. *Medio ambiente y salud. Impacto del ruído. Papeles del psicólogo: revista del Colegio Oficial de Psicólogos*, ISSN 0214-7823, n. 67. Madrid: Instituto de Acústica da Espanha, 1997. Disponível em: <<http://www.papelesdelpsicologo.es>>. Acesso em: 02 dez. 2011.

BARROS, S. A. L. **Que Recorte Territorial Podemos Chamar de Bairro?:** O caso de Apipucos e Poço da Panela no Recife. In: Revista de Urbanismo, N° 9. Publicação Eletrônica. Santiago: *Universidad de Chile*, F.A.U, 2004.

BASTOS, T. X.; PACHECO, N. A.; NECHET, D.; SÁ, T. D. A. **Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 31p.

BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H. *Guidelines for community noise. Prepared for the World Health Organization. London*, 1999. 161 p. Disponível em: <<http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>>. Acesso em: 22 ago, 2012.

BIES, David A.; HANSEN Colin H. *Engineering Noise Control: Theory and Practice*, 4 ed. *Spon Press: London*, 2009.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle de ruído.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011. 380p.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da Republica Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1027016/constituicao-da-republica-federativa-do-brasil-1988>> Acesso em: 29 ago, 2011.

BRASIL. CONTRAN. **Resolução 204/2006, de 20 de outubro de 2006.** Regulamenta o volume e sons produzidos por equipamentos utilizados em veículos. Disponível em: <<http://www.mp.rs.gov.br/ambiente/legislacao/id4832.htm>>. Acesso em: 29 ago. 2011.

BRASIL. **Decreto-lei 3.688/41, de 03 de outubro de 1941.** Institui a Lei de Contravenções Penais. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3688.htm>. Acesso em: 29 ago. 2011.

BRASIL, **Lei nº 6938, 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 29 ago. 2011.

BRASIL. **Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997.** Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9503.htm>. Acesso em: 29 ago. 2011.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.** Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e da outras providencias. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm>. Acesso em: 29 ago. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 001, de 08 de março de 1990.**

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 002, de 8 de março de 1990.**

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 001, de 11 de fevereiro de 1993.**

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 002, de 11 de fevereiro de 1993.**

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Atividades e operações insalubres: **NR-15**. 2011. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/legislacao/norma-regulamentadora-n-15-1.htm>>. Acesso em: 24 ago. 2011.

BRIOSCHI, Rosângela; VIVEIROS, Elvira. **A Influência dos afastamentos frontais das edificações na formação dos ambientes sonoros no nível do pedestre**. XI ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Búzios-RJ, 2011.

BRITO, Éder; NOGUEIRA, Marta Cristina; PINTO, Márcio; CALLEJAS Ivan Julio; FRANCO, Fernanda; DURANTE, Luciane. **Ruído ambiental em região de ocupação mista com enfoque no desconforto em edifício residencial: estudo de caso**. XI ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Búzios-RJ, 2011.

BRÜEL & KJÆR. *Environmental noise. Denmark: Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S*, 2000.65p. [citado por Guedes, 2005]

BRYSSON, R. A.; ROSS, J. E. *Urban climate, air pollution and planning*. In Detwyler, T. R.; Marcus M. G. (eds.), *Urbanization and Environment*. Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont, CA: Duxbury, 1972. Pp 51-58. [citado por Villas Boas, 1985]

BUENO, Mariano. **O grande livro da casa saudável**. São Paulo: Roca, 1995. 279p.

BURNETT, S. *Perceptual Worlds and Sensory Ecology*. *Nature Education Knowledge* 2(12):8, 2011. Disponível em: <www.nature.com>. Acesso em: 20 ago. 2012.

CALLAI, S. C. **Estudo do Ruído Causado pelo Tráfego de Veículos em Rodovias com Diferentes Tipos de Revestimentos de Pavimentos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Universidade de São Paulo, 2011

CALIXTO, A. **O ruído gerado pelo tráfego de veículos em “rodovias – grandes avenidas” situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba**, analisado sob parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002. 125p.

CARVALHO, Tonya; MORAES, Elcione; SIMON, Francisco. **Percepção subjetiva do ruído de tráfego em espaço hospitalar**. XI ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Búzios-RJ, 2011.

ÇELENK, E. *et al.* (1997). *Ankara city traffic impact assessment study*. 1997 ESRI *International User Conference*. Califórnia. Disponível em: <<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/to600/pap551/p551.htm>>. Acesso em: 12 Set. 2012.

DAVENPORT A. G. *Rationale for determining design wind velocities*. *Journal of the Structural Division, Proceedings American Society Civil Engineers*, v. 86, 1960. pp 39-68. [citado por Ferreira et. al, 2008]

DAVIS, H.; SILVERMAN, R. S. *Hearing and deafness*. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1970.

DERISIO, Antônio Carlos. **Introdução ao Controle da Poluição Ambiental**. 3ed. São Paulo: Signus, 2007. 192p.

FELDMAN, A.S.; GRIMES. C.T. *Hearing Conservations Industry*. Baltimore: The Williams & Wilkins, 1985. [citados por Russo, 1985]

FERNANDES, J. C. **Acústica e Ruídos**. Apostila (Acústica e Vibrações). Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2002.

FERNANDES, A. G. **Impacto de ruído de tráfego em edificações escolares**: metodologia de avaliação para diretrizes de planejamento urbano. Dissertação (Mestrado). Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. 121p.

FERREIRA, D. G.; FERREIRA, C. M. O.; COSTA, S. M. M.; ASSIS, E. S. **Comparação entre métodos morfométricos para determinação de parâmetros de rugosidade para a cidade de Belo Horizonte**, Brasil. In: *CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA DEL VIENTO*, 1., 2008, Montevideo. Anales... Montevideo, 2008. 8p.

FHWA (1995). *Highway Traffic Noise Analysis and Abatement Policy and Guidance*. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. Washington, 1995. 66p.

FITCH, James Marston. *American Building: The Environmental Forces that Shape it*. 2. ed. New York: Schocken Books, 1976. [citado por Villas Boas, 1985]

GARAVELLI, S. L.; MORAES, A. C. M.; NASCIMENTO, J. R. R.; NASCIMENTO, P. H. D. P; MAROJA, A. M. **Mapa de ruído como ferramenta de gestão da poluição sonora**: estudo de caso de Águas Claras-DF. PLURIS 10 - 4º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável. Universidade do Algarve. Faro, Portugal, out. 2010.

GERGES, S. N. Y. **Ruído**: Fundamentos e Controle. 2.ed. Florianópolis-SC, Editora NR: 2000. 674p.

GOLDEMBERG, J. **Curso de física**: som e luz. São Paulo: Edgar Blücher Ltda, n/d. 224p.

GUEDES, Italo César. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro**: um estudo no bairro jardins em Aracaju (SE). Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2005. 139p.

GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R. *Aerodynamic properties of urban areas derived from analysis of surface form*. *Journal of Applied Meteorology*. v. 38, 1999. 1262-1292. [citado por Ferreira et al., 2008]

INTERNATIONAL noise day Brasil - INAD BRASIL., 2012. Disponível em: <<http://inadbrasil.org>>. Acesso em: 20 ago, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 1996/1: Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 1: Basic quantities and procedures, 1996/1. Genebra: International Organization for Standardization, 1982.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 1996/2: Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 2: Acquisition of data pertinent to land use, 1996/2. Genebra: International Organization for Standardization, 1987

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 1996/3: Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 3: Application to noise limits, 1996/3. Genebra: International Organization for Standardization, 1987.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 2204:1979: Acoustics: Guide to International Standards on the measurement of airborne acoustical noise and evaluation of its effects on human beings. Genebra: International Organization for Standardization, 1979.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 4287:1997. Geometrical product specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Terms, definitions and surface texture parameters. Genebra: International Organization for Standardization, 1997.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 4288:1996. Geometrical product specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Rules, and procedures for the assessment of surface texture. Genebra: International Organization for Standardization, 1996.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 9613/1: Acoustics: Acoustics: Attenuation of Sound during Propagation Outdoors. Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere, 9613/1. Genebra: International Organization for Standardization, 1993.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 9613/2: Acoustics: Acoustics: Attenuation of Sound during Propagation Outdoors. Part 1: General method of calculation, 9613/2. Genebra: International Organization for Standardization, 1993.

JOSSE, R. *La Acústica en la Construcción*. Barcelona, Ed. Gustavo Gili: 1975.

LAMAS, J. M. R. G. *Morfologia urbana e desenho da cidade*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian: 1974.

LEITE, F. C. L.; ANJOS, F. A. **A aplicabilidade dos elementos da Morfologia urbana como categorias da leitura da cidade**: o estudo do Plano Piloto de Brasília. XVI Encontro Nacional dos Geógrafos. Anais... Porto Alegre, 2010.

LIMA, Simone; MORAES, Elcione. **Ruído urbano no centro histórico e patrimonial de Belém-PA**. XI ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Buzios-RJ, 2011.

LINDSAY, R. Bruce. *Lindsay's Wheel of Acoustics*. *Journal of the Acoustical Society of America*. V. 36. p. 2242. (1964).

Lombardo, M.A. **Ilhas de Calor nas Metrôpoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: HUCITEC, 1985. 244 p.

MACDONALD, R. W.; GRIFFITHS, R. F.; HALL, D. J. *An improved method for the estimation of surface roughness of obstacle arrays*. *Atmospheric Environment*. v. 32, 1998. 1857-1864. [citado por Ferreira *et al.*, 2008]

MARQUES, Caroline. **Acústica Urbana de Umuarama**: avaliação e metodologia para procedimentos de reurbanização. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Maringá, 2010.

MARTINS, J. F. & BOTELHO, R. G. M. **Áreas Verdes Remanescentes do Bioma Mata Atlântica na Porção Peninsular do Município de Armação dos Búzios**. 2º Seminário Ibero-americano de Geografia Física. Anais... Universidade de Coimbra, Portugal. 2010.

MELO, G.S.V. **Ruído Comunitário**: avaliação e ações de controle. I *Workshop* de Vibração e Acústica da Região Norte, Ago/2011. Tucuruí, 2011.

MELO, R. A.; PIMENTEL, R. L.; SILVA, W. M. e LACERDA, D. M. **Previsão do nível de ruído gerado pelo tráfego de veículos na cidade de João Pessoa**, Brasil. XVI PANAM - *Pan-American Conference of Traffic and Transportation Engineering and Logistics*, 2010. Lisboa. V. 18 p.

MESTRE, V. E.; WOOTEN, D. C. *Noise impact analysis*. In: Rau, J. G.; Wooten, D. C. (eds.), *Environmental impact analysis handbook*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1980. [citado por Bistafa, 2011]

MORAES, E. M. L.; COUTINHO, M.; SIMÓN, F. **O impacto do ruído com a implantação de um Shopping Center**. PLURIS 10 - 4º Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável. Universidade do Algarve, Faro, Portugal, 2010.

MORAES, E; LARA, N. **Mapa acústico de Belém**. Universidade da Amazônia - Relatório de pesquisa, Belém. (2004).

MOTA, S., **Introdução à Engenharia Ambiental**. 1 ed. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 1997. [citado por Araújo, 2006]

MUNICÍPIO DE **BELÉM**. **Lei complementar nº 02, de julho de 1999**. Lei Complementar de Controle Urbanístico. Dispõe sobre o parcelamento, ocupação e uso do solo urbano do município de Belém e dá outras providências. Belém: Prefeitura Municipal de Belém, 1999. Disponível em: <http://www.belem.pa.gov.br/planodiretor/pdfs_legislacao/lccu.pdf?id_lei=724>. Acesso em: 20 jan. 2011.

MUNICÍPIO DE **BELÉM**. **Lei nº 7.055, de 30 de dezembro de 1977**. Dá nova redação ao Código de Posturas do Município de Belém. Belém: Prefeitura Municipal de Belém, 1977. Disponível em: <<http://www.leismunicipais.com.br/cgi-local/showinglaw.pl>>. Acesso em: 29 ago. 2011.

MUNICÍPIO DE **BELÉM**. **Lei nº 7.475, de 28 de dezembro de 1989**. Cria a Companhia de Transportes do Município de Belém (CTBEL), autoriza medidas transitórias referentes ao transporte de passageiros e dá outras providências. Belém: Prefeitura Municipal de Belém, 1989. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/587999/lei-7475-89-belem-pa>>. Acesso em: 29 ago. 2011.

MUNICÍPIO DE **BELÉM**. **Lei nº 7.990, de 10 de janeiro de 2000**. Dispõe sobre o controle e o combate à poluição sonora no âmbito do Município de Belém. Belém: Prefeitura Municipal de Belém, 2000. Disponível em: <<http://www.leismunicipais.com.br/cgi-local/showinglaw.pl>>. Acesso em: 29 ago. 2011.

MUNICÍPIO DE **BELÉM**. **Lei nº 8.233, de 31 de janeiro de 2003**. Altera a estrutura da Administração Municipal, cria a Secretaria municipal de Meio Ambiente, o Conselho Municipal de Meio Ambiente, e dá outras providências. Belém: Prefeitura Municipal de Belém, 2003. Disponível em: <http://www.belem.pa.gov.br/segep/download/coletanea/PDF/o_n_urb/lei_8233.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2011.

MUNICÍPIO DE **BELÉM**. **Lei nº 8.655, de 30 de julho de 2008**. Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Belém, e dá outras providências. Belém: Prefeitura Municipal de Belém, 2008. Disponível em: <http://www.belem.pa.gov.br/planodiretor/Plano_diretor_atual/Lei_N8655-08_plano_diretor.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2011.

NASCIMENTO, C. C., **Clima e Morfologia Urbana em Belém**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Belém: UFPA/NUMA, 1995. 157p.

Núcleo de Gerenciamento de Transporte Metropolitano (NGTM). **Relatório Ação MetrÓpole – A4**. Capítulo 5. Disponível em: <<http://www.ngtm.com.br>>. Acesso em: 13 Out. 2012.

NIEMEYER, M. L.; SLAMA, J. G. **Ruído e a cidade**: elementos do ruído urbano. In: RIO, V. D. (Org.). *Arquitetura: pesquisa & projeto*. São Paulo: Proeditores, Rio de Janeiro: FAU UFRJ, 1998. p. 76-89. [citado por Guedes, 2005]

NUNES, M. F. O. **Poluição sonora em centros urbanos**: o ruído de tráfego veicular. In: XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção; *V International Congress of Industrial Engineering & II Encontro de Engenheiros de Produção da UFRJ*, 1999, Rio de Janeiro. Anais.... Rio de Janeiro: UFRJ, 1999.

OLIVEIRA, P. **Cidade apropriada ao clima**: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano. Brasília: UNB, 1987. 137p.

PARÁ. **Lei nº 5.887, de 9 de maio de 1995**. Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências. Belém: Governo do Estado do Pará / Secretaria de Estado de Administração / Secretaria de Estado de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente, 1995. Disponível em: <<http://www.ambienteterra.com.br/paginas/legislacaoparaense/leisestaduais/leis/lei5887P1.html>>. Acesso em: 29 ago. 2011.

PELEGRINI, M. **Manual compacto de física**: teoria e prática. São Paulo: Rideel, 1997. 737p.

PEREIRA JR., J. S. **Legislação federal sobre poluição sonora urbana**. Nota técnica. Consultoria legislativa. Câmara dos Deputados. Brasília, 2002.

PEREIRA, Luz V. **Definição da forma urbana no planejamento físico**. L.N.E.C, Memória n 570. Lisboa, 1982. 27 pp. [citado por Oliveira, 1988]

RAMON, F. *Ropa, sudor y arquitectura*. *Madri, H. Blume Ediciones*, 1980. [citado por Villas Boas, 1985]

ROMERO, M. A. B. **Correlação entre o microclima urbano e a configuração do espaço residencial de Brasília**. Fórum Patrimônio: Mudanças climáticas e o impacto das cidades, v. 4, n. 1, 2011. Disponível em: <<http://www.forumpatrimonio.com.br/print.php?articleID=194&modo=1>>. Acesso em: 15 Set. 2012.

ROSSI, Aldo. **A arquitetura da cidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1995. [citado por Barros, 2004]

RUSSO, I.C.P. **Acústica e Psicoacústica Aplicadas à Fonoaudiologia**. 2ª edição. Revisada & Ampliada. São Paulo: Lovise, 1999. 263 p.

RYD, Harriet. *Use of Climatological data em Building Planning with Respect to Comfort*. In: *Teaching the Teachers on Building Climatology, Proceedings, CIB Congress, Stockholm*, 1973. pp. 49-89. [citado por Villas Boas, 1985]

SANTOS, C. N. **A cidade como um jogo de cartas**. Niterói: EDUFF; São Paulo: Projeto, 1988. 170p.

SAPATA, Ana Maria. **Monitoramento, modelagem e simulação dos impactos e efeitos do ruído de tráfego em trecho de cânion urbano da avenida Horácio Racanello da cidade de Maringá-PR.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Maringá, 2010.

The Noise Insulation Regulations. Statutory Instruments 1975 No. 1763 - Building and Buildings, Department of the Environment, HMSO, 1975 (amended 1988).

TRICART. *Cours de Géographie Humaine, Fascicule II: L'Habitat Urbain.* Paris: Centre de Documentation Universitaire, 1963. 295 pp. [citado por Lamas, 1974]

VILLAS BOAS, M.; OLIVEIRA, P. M. **Dimensão ambiental do processo de urbanização.** In: Relatório da pesquisa "Dimensões morfológicas do processo de urbanização", convenio FUB/FINEP. Brasília, 1995.

WHO, World Health Organization Regional Office for Europe. **Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe.** Bonn: World Health Organization, 2011. 126p.

WIERINGA, J.; DAVENPORT, A. G.; GRIMMOND, C. S. B. **New revision of Davenport roughness classification.** In: *European & African Conference on Wind Engineering*. 3, 2001, Eindhoven, Netherlands. *Proceedings...* 2001. 1-8

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABNT. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificação. Parte 3: Zoneamento Bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

Bruel & Kjaer (2000). *Environmental Noise: Brüel&Kjaer Sound & Vibration Measurements A/S. Denmark*, 2001.

FERNANDES, J. **Acústica, Ruídos e Perda de Audição**. DINCON'10 – *9th Brazilian Conference on Dynamics, Control and their Applications*. June 07-11, 2010.

MARQUES, Caroline: **Acústica urbana de Umuarama**: avaliação e metodologia para procedimentos de reurbanização. Dissertação (Mestrado). Universidade estadual de Maringá, Maringá, 2010. 243p.

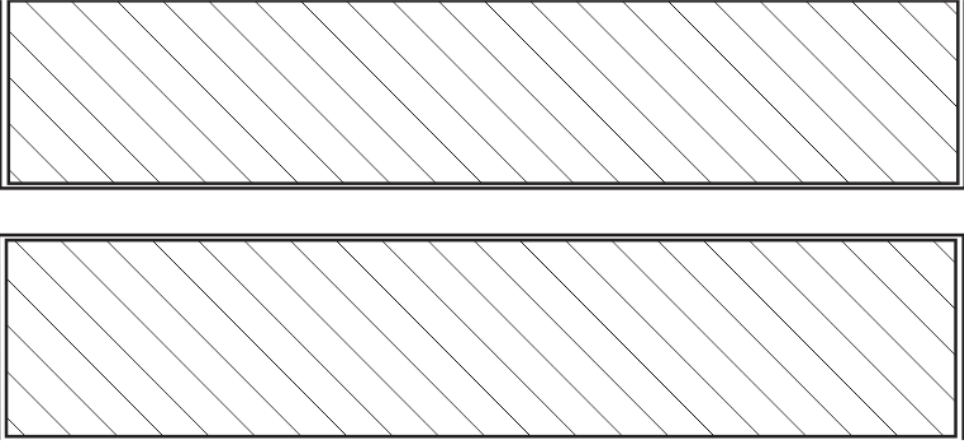
INSTITUTO de Pesquisas Tecnológicas - IPT. **Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social**. São Paulo: IPT/FINEP, 1998.

TARIFA, José Roberto; AZEVEDO, Tarik. **Os Climas na Cidade de São Paulo**: Teoria e Prática. In GEOUSP - Coleção Novos Caminhos, n. 4. Departamento de Geografia, FFLCH, USP, São Paulo, 2001. 198P.

VALADARES, V. M. **Ruído de Tráfego Veicular em Corredores de Transporte Urbano**: Estudo de Caso em Belo Horizonte-MG. 1997. 122 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

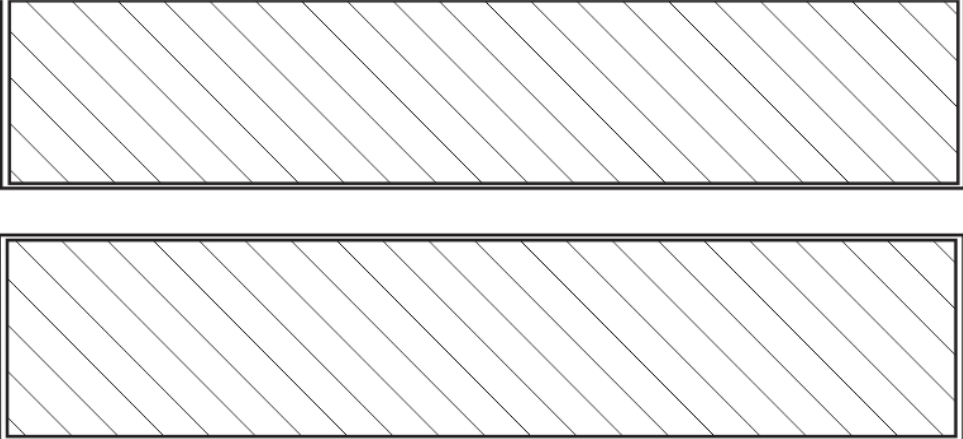
APÊNDICES

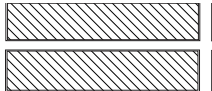
APÊNDICE A – Ficha de Coleta de Dados Acústicos e de Tráfego

RESPONSÁVEL:	DATA:					
LOCAL:						
						
PONTO	PERÍODO (hora)	NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA				
		Leq	LA10	LA90	LAmáx	LAmín
1						
2						
3						
4						

PERÍODO (min.)	VEÍCULOS LEVES		VEÍCULOS PESADOS		
	AUTOMÓVEIS	MOTOS	CAMINHÕES	MICRO-ÔNIBUS	ÔNIBUS
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

APÊNDICE C – Ficha de Coleta de Dados Climáticos

RESPONSÁVEL:			DATA:		
LOCAL:					
					
PONTO	TEMPERATURA	UMIDADE RELATIVA	CONDIÇÕES DO CÉU		
	(°C)	(%)	CLARO	PARC. NUBLADO	NUBLADO
1			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PONTO	PERÍODO (horas)	DIREÇÃO DO VENTO (indicação)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)					
1								
2								
3								
4								

APÊNDICE D – Dados Acústicos Coletados

DATA: 24/07/2012		Trecho 1: Tv. Barão entre A. Barroso e R. Maiorana				H (tripé): 1,50m	
INTERVALO* (h)	PONTO	NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA					
		Leq (dBA)	LA10 (dBA)	LA90 (dBA)	LA50 (dBA)	LAmáx (dBA)	LAmín (dBA)
(1) 08:00 – 09:30	1	73	76,5	64	70	93,6	55,3
(2) 10:00 – 11:30	1	72,4	76	62	69,5	88,9	58,2
(3) 12:00 – 13:30	1	72,5	76	64	70,5	87,7	58,5
(1) 08:00 – 09:30	2	66,8	70	60	64	82,6	54,8
(2) 10:00 – 11:30	2	64,8	67,5	58	62	79,6	53,6
(3) 12:00 – 13:30	2	64,8	67,5	59	62,5	78,2	54,5
(1) 08:00 – 09:30	3	66,7	67,5	58,5	62	89,5	53,3
(2) 10:00 – 11:30	3	64,6	67,5	57	60,5	79,5	53,3
(3) 12:00 – 13:30	3	65,7	68,5	58,5	61,5	86,7	54,5
(1) 08:00 – 09:30	4	70,4	73	63,5	70	79,9	58
(2) 10:00 – 11:30	4	64,5	67,5	58	61	79,7	56,5
(3) 12:00 – 13:30	4	66,5	69	56,5	61,5	87,4	51,4

*Obs: A medição foi feita durante 15min em cada ponto (P1, P2, P3 e P4), totalizando 1 hora de medição dentro desses intervalos de tempo. Os outros 15min eram utilizados no transporte do equipamento para o ponto inicial, dando início ao próximo período de medição.

DATA: 18/07/2012		Trecho 2: Tv. Barão entre A. Barroso e J. Paulo II				H (tripé): 1,50m	
INTERVALO* (h)	PONTO	NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA					
		Leq (dBA)	LA10 (dBA)	LA90 (dBA)	LA50 (dBA)	LAmáx (dBA)	LAmín (dBA)
(1) 08:00 – 09:30	1	74,6	78	64	72,5	88,5	55,6
(2) 10:00 – 11:30	1	73,6	77,5	63	72	86,6	57,5
(3) 12:00 – 13:30	1	73,9	78	60,5	71,5	86,5	52,9
(1) 08:00 – 09:30	2	69,1	72,5	63,5	67	82,8	57,7
(2) 10:00 – 11:30	2	71,9	72	64,5	67,5	94,6	59,7
(3) 12:00 – 13:30	2	69,9	72,5	61,5	67,5	88,5	55,1
(1) 08:00 – 09:30	3	67,2	69,5	62,5	65,5	79,1	59,1
(2) 10:00 – 11:30	3	68	70	61,5	65	89,2	58,3
(3) 12:00 – 13:30	3	68,6	70	57,5	66,5	89,1	53
(1) 08:00 – 09:30	4	67,3	69	59	63,5	87,3	53,4
(2) 10:00 – 11:30	4	71,2	71	58	62	99,2	54
(3) 12:00 – 13:30	4	65	67,5	57	62	86,5	53,3

*Obs: A medição foi feita durante 15min em cada ponto (P1, P2, P3 e P4), totalizando 1 hora de medição dentro desses intervalos de tempo. Os outros 15min eram utilizados no transporte do equipamento para o ponto inicial, dando início ao próximo período de medição.

DATA: 26/07/2012		Trecho 3: Tv. Angustura e/ A. Barroso e R. Maiorana				H (tripé): 1,50m	
INTERVALO* (h)	PONTO	NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA					
		Leq (dBA)	LA10 (dBA)	LA90 (dBA)	LA50 (dBA)	LAmáx (dBA)	LAmín (dBA)
(1) 08:00 – 09:30	1	74,2	78	60,5	71,5	89,1	57,4
(2) 10:00 – 11:30	1	73,6	77,5	61,5	70,5	87	54,9
(3) 12:00 – 13:30	1	73,8	78	61,5	70	86,5	57,3
(1) 08:00 – 09:30	2	61,2	64	54	57,5	83,3	51,2
(2) 10:00 – 11:30	2	64,6	67	55	59	83	51,3
(3) 12:00 – 13:30	2	68,9	70,5	56,5	62,5	88,6	51,5
(1) 08:00 – 09:30	3	67,4	67	56,5	60	89,6	52,8
(2) 10:00 – 11:30	3	64,2	65,5	58,5	62,5	79,9	55,8
(3) 12:00 – 13:30	3	65,8	66	57	60,5	91,1	54,1
(1) 08:00 – 09:30	4	72,4	71	65	66,5	100,3	62,4
(2) 10:00 – 11:30	4	68,6	70	66	67	84,5	64,1
(3) 12:00 – 13:30	4	67,5	68,5	64,5	66	86,5	62,5

*Obs: A medição foi feita durante 15min em cada ponto (P1, P2, P3 e P4), totalizando 1 hora de medição dentro desses intervalos de tempo. Os outros 15min eram utilizados no transporte do equipamento para o ponto inicial, dando início ao próximo período de medição.

DATA: 25/07/2012		Trecho 4: Tv. Angustura entre A. Barroso e J. Paulo II				H (tripé): 1,50m	
INTERVALO* (h)	PONTO	NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA					
		Leq (dBA)	LA10 (dBA)	LA90 (dBA)	LA50 (dBA)	LAmáx (dBA)	LAmín (dBA)
(1) 08:00 – 09:30	1	73,3	76	66,5	71,5	91,8	60,3
(2) 10:00 – 11:30	1	74,3	75,5	64,5	70	101,2	59,4
(3) 12:00 – 13:30	1	71,1	74,5	65	68,5	85	60
(1) 08:00 – 09:30	2	65,9	66,5	55	58,5	86,1	51,7
(2) 10:00 – 11:30	2	63,9	63	55	58	86,2	51,1
(3) 12:00 – 13:30	2	64,9	64,5	53,5	57,5	89,5	50,1
(1) 08:00 – 09:30	3	69,5	72,5	53,5	61,5	89,8	49,8
(2) 10:00 – 11:30	3	65,7	67	53,5	57	88,7	50,9
(3) 12:00 – 13:30	3	65,4	65,5	52,5	56,5	88,5	48
(1) 08:00 – 09:30	4	68,4	70,5	56	60,5	87,8	53,2
(2) 10:00 – 11:30	4	67,8	70	53,5	59,5	88,2	48,6
(3) 12:00 – 13:30	4	64,5	66,5	52,5	56,5	91	48,3

*Obs: A medição foi feita durante 15min em cada ponto (P1, P2, P3 e P4), totalizando 1 hora de medição dentro desses intervalos de tempo. Os outros 15min eram utilizados no transporte do equipamento para o ponto inicial, dando início ao próximo período de medição.

APÊNDICE E – Dados Coletados do Tráfego de Veículos

Trecho 1: Tv. B. do Triunfo entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana					Velocidade Média: 60 km/h	
Veículos	Leves	Médios		Pesados		FluxoTotal de Veículos
	Motos	Automóveis	Micro-ônibus	Caminhões	Ônibus	
Fluxo	472	1640	88	40	552	2792
Percentagem	17%	59%	3%	1%	20%	100%
Total Parcial (N)	2112	88		592		2792
Total (%)	76%	3%		21%		100%

Trecho 2: Tv. B. do Triunfo entre Av. A. Barroso e Av. J. Paulo II					Velocidade Média: 60 km/h	
Veículos	Leves	Médios		Pesados		FluxoTotal de Veículos
	Motos	Automóveis	Micro-ônibus	Caminhões	Ônibus	
Fluxo	420	1784	96	8	516	2824
Percentagem	15%	63%	3%	0%	18%	100%
Total Parcial (N)	2204	96		524		2824
Total (%)	78%	3%		19%		100%

Trecho 3: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana					Velocidade Média: 60 km/h	
Veículos	Leves	Médios		Pesados		FluxoTotal de Veículos
	Motos	Automóveis	Micro-ônibus	Caminhões	Ônibus	
Fluxo	308	1232	100	24	504	2168
Percentagem	14%	57%	5%	1%	23%	100%
Total Parcial (N)	1540	100		528		2168
Total (%)	71%	5%		24%		100%

Trecho 4: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. J. Paulo II					Velocidade Média: 60 km/h	
Veículos	Leves	Médios		Pesados		FluxoTotal de Veículos
	Motos	Automóveis	Micro-ônibus	Caminhões	Ônibus	
Fluxo	332	1248	104	32	512	2228
Percentagem	15%	56%	5%	1%	23%	100%
Total Parcial (N)	1580	104		544		2228
Total (%)	71%	5%		24%		100%

APÊNDICE F – Leq (dBA) Calculado x Leq (dBA) Medido

Trecho 1: Tv. Barão do Triunfo entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana

Modelos de Predição Acústica / Pontos de medição	Leq (dBA) para cada ponto de medição			
	P1 (d*=21m)	P2 (d*=97m)	P3 (d*=173m)	P4 (d*=249m)
Modelo FHWA	78	68	64	62
Modelo de Çelenk	72	66	64	63
Modelo de Josse	73	67	64	63
Leq Medido (média logarítmica)	73	66	66	68

*Obs: distância do ponto à fonte de ruído principal (tráfego de veículos)

Trecho 2: Tv. Barão do Triunfo entre Av. A. Barroso e Av. J. Paulo II

Modelos de Predição Acústica / Pontos de medição	Leq (dBA) para cada ponto de medição			
	P1 (d*=21m)	P2 (d*=97m)	P3 (d*=173m)	P4 (d*=249m)
Modelo FHWA	78	67	63	61
Modelo de Çelenk	72	66	64	63
Modelo de Josse	73	67	64	63
Leq Medido (média logarítmica)	74	70	68	69

*Obs: distância do ponto à fonte de ruído principal (tráfego de veículos)

Trecho 3: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana

Modelos de Predição Acústica / Pontos de medição	Leq (dBA) para cada Ponto de medição			
	P1 (d*=21m)	P2 (d*=97m)	P3 (d*=173m)	P4 (d*=249m)
Modelo FHWA	79	68	65	62
Modelo de Çelenk	71	65	63	62
Modelo de Josse	72	66	63	61
Leq Medido (média logarítmica)	74	66	66	70

*Obs: distância do ponto à fonte de ruído principal (tráfego de veículos)

Trecho 4: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. J. Paulo II

Modelos de Predição Acústica / Pontos de medição	Leq (dBA) para cada ponto de medição			
	P1 (d*=21m)	P2 (d*=97m)	P3 (d*=173m)	P4 (d*=249m)
Modelo FHWA	79	68	65	62
Modelo de Çelenk	71	65	63	62
Modelo de Josse	72	66	63	62
Leq Medido (média logarítmica)	73	65	67	67

*Obs: distância do ponto à fonte de ruído principal (tráfego de veículos)

APÊNDICE G – Dados Urbanos Coletados

TRECHO 1	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via		Área Total (m ²)
	Área (m ²)	(%)	Área (m ²)	(%)	
ESPAÇO VAZIO	28486,3791	95	26499,4518	88	54985,8309
MASSA EDIFICADA	1494,5803	5	3481,5075	12	4976,0878
TOTAL	29980,9594	100	29980,9593	100	59961,9187

TRECHO 1	Distância Máxima (m)
Ao Centro	155,7682
Ao eixo do Centroide	26,8542

TRECHO 2	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via		Área Total (m ²)
	Área (m ²)	(%)	Área (m ²)	(%)	
ESPAÇO VAZIO	26337,6927	87	25861,9507	85	52199,6434
MASSA EDIFICADA	4086,8767	13	4515,2304	15	8602,1071
TOTAL	30424,5694	100	30377,1811	100	60801,7505

TRECHO 1	Distância Máxima (m)
Ao Centro	158,073
Ao eixo do Centroide	35,7505

TRECHO 3	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via		Área Total (m ²)
	Área (m ²)	(%)	Área (m ²)	(%)	
ESPAÇO VAZIO	28062,3097	93	27585,8054	91	55648,1151
MASSA EDIFICADA	2256,8292	7,4	2787,9859	9,2	5044,8151
TOTAL	30319,1389	100	30373,7913	100	60692,9302

TRECHO 1	Distância Máxima (m)
Ao Centro	157,86
Ao eixo do Centroide	6,7817

TRECHO 4	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via		Área Total (m ²)
	Área (m ²)	(%)	Área (m ²)	(%)	
ESPAÇO VAZIO	28465,9621	93	28046,1278		56512,0899
MASSA EDIFICADA	2096,2503	6,9	1988,9599		4085,2102
TOTAL	30562,2124	100	30035,0877	100	60597,3001

TRECHO 1	Distância Máxima (m)
Ao Centro	158,7881
Ao eixo do Centroide	4,7274

APÊNDICE H – Dados Coletados dos Perfis Urbanos

Trecho 1: Tv. Barão entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abscissa x (m)	Ordenada y (m)	Abscissa x (m)	Ordenada y (m)
1	0,00	0,00	311,54	0,00
2	3,00	0,00	311,54	0,00
3	3,00	2,85	310,46	7,79
4	1,12	2,85	310,46	7,04
5	1,34	3,20	310,46	4,89
6	1,34	4,70	310,46	3,52
7	2,71	4,70	308,94	9,89
8	2,71	6,70	308,94	9,80
9	2,23	6,70	308,54	9,80
10	2,23	6,81	308,54	7,79
11	2,71	6,81	308,54	7,04
12	2,71	8,34	308,54	4,89
13	15,90	8,34	308,54	3,52
14	15,90	7,94	308,54	0,00
15	20,38	7,94	304,72	10,75
16	20,38	5,08	300,91	7,79
17	27,20	5,08	300,91	9,80
18	27,20	1,98	300,51	9,80
19	27,87	1,98	300,51	9,89
20	27,87	3,88	300,35	8,26
21	46,59	3,88	300,35	7,79
22	46,59	0,00	299,99	7,29
23	48,02	0,00	299,99	8,26
24	48,02	0,00	299,73	3,32
25	52,38	0,00	299,73	7,29
26	52,38	2,08	299,49	9,15
27	53,38	2,08	299,49	3,37
28	53,39	0,00	294,16	8,13
29	54,18	0,00	294,16	9,15
30	54,18	2,08	290,65	7,39
31	54,38	2,08	290,65	7,59
32	54,39	0,00	290,33	6,77
33	58,38	0,00	290,33	7,39
34	58,38	2,08	285,84	7,07
35	59,51	2,08	285,84	6,77
36	59,51	6,68	281,28	2,84
37	58,87	6,47	281,28	7,07
38	58,81	6,66	280,66	2,84
39	67,63	9,32	277,90	4,14
40	76,45	6,66	277,90	4,07
41	76,40	6,47	277,29	4,00
42	75,75	6,68	277,29	4,14
43	75,75	2,08	274,51	3,64
44	78,44	2,08	274,51	4,00
45	78,44	2,78	267,95	6,44
46	93,07	2,78	267,95	3,64
47	93,07	3,60	262,75	5,97
48	97,27	3,60	262,75	6,44
49	97,26	2,78	257,48	2,92
50	122,20	2,78	257,48	5,97
51	122,20	4,28	256,18	6,30
52	122,40	4,28	256,18	2,92
53	122,40	3,40	250,93	3,00
54	123,40	2,98	250,93	6,30
55	123,40	2,88	246,20	7,06
56	122,70	2,88	246,20	3,00
57	122,70	0,00	241,82	6,40
58	127,82	0,00	241,82	7,06

Continua

Trecho 1: Tv. Barão entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abscissa x (m)	Ordenada y (m)	Abscissa x (m)	Ordenada y (m)
59	127,82	3,84	238,68	7,39
60	127,44	3,51	235,55	4,23
61	127,19	3,80	235,55	6,40
62	127,82	4,34	228,48	6,18
63	127,82	6,43	228,48	4,23
64	127,45	6,10	219,18	4,17
65	127,20	6,39	219,18	6,18
66	128,68	7,65	207,65	4,55
67	129,81	6,68	207,65	4,17
68	132,76	9,20	201,07	5,72
69	135,70	6,68	201,07	4,55
70	136,84	7,65	195,72	5,72
71	138,32	6,39	195,72	1,45
72	138,07	6,10	195,46	0,00
73	137,69	6,43	195,46	1,45
74	137,69	4,34	194,76	0,00
75	138,32	3,80	194,75	3,90
76	138,11	3,57	184,48	4,16
77	138,70	3,07	184,48	3,90
78	138,54	2,88	183,48	5,18
79	138,77	2,88	183,48	4,16
80	138,77	0,00	179,74	2,68
81	142,57	0,00	179,74	5,18
82	142,57	2,88	179,01	3,68
83	143,27	2,88	179,01	2,68
84	143,27	0,00	174,95	2,68
85	144,38	0,00	174,95	3,68
86	144,38	4,58	173,24	2,28
87	144,18	4,58	173,24	2,68
88	144,18	6,24	173,04	2,68
89	151,80	6,24	173,04	2,28
90	151,80	7,68	167,93	2,98
91	155,28	7,68	167,93	2,68
92	155,28	6,24	167,46	3,68
93	157,32	6,24	167,46	2,98
94	157,32	4,58	162,58	2,98
95	157,12	4,58	162,58	3,68
96	157,12	3,38	162,18	3,82
97	158,12	3,38	162,18	2,96
98	158,12	2,83	156,95	4,61
99	161,12	2,83	156,95	3,82
100	161,12	2,58	156,61	4,88
101	162,73	2,58	156,61	4,61
102	162,73	3,14	156,21	4,88
103	162,48	3,14	156,21	4,60
104	162,48	3,66	147,55	4,88
105	168,47	4,86	147,55	4,61
106	172,95	3,96	147,15	4,88
107	172,95	3,86	147,15	4,61
108	177,85	4,76	147,15	0,00
109	182,83	3,86	147,15	3,67
110	187,98	4,76	146,81	4,61
111	192,97	3,86	146,81	3,67
112	198,18	4,76	144,23	2,62
113	203,16	3,86	144,23	0,00
114	203,16	9,78	143,83	7,41
115	213,09	9,78	143,83	2,62
116	213,09	3,81	136,77	7,41
117	217,94	4,66	136,77	6,05
118	222,92	3,76	135,75	6,05
119	222,92	6,93	135,75	2,96

Continua

Trecho 1: Tv. Barão entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
120	224,34	6,93	135,37	3,40
121	224,34	7,63	134,85	3,40
122	224,05	7,63	134,85	2,96
123	224,05	7,75	132,73	3,84
124	226,34	7,75	128,44	3,84
125	226,34	8,22	127,16	4,05
126	226,11	8,22	124,68	2,96
127	226,11	8,37	124,68	3,52
128	227,87	8,37	123,97	3,52
129	227,87	8,59	119,49	6,76
130	227,54	8,59	119,49	5,90
131	227,54	8,69	119,49	3,92
132	227,87	8,69	119,49	2,96
133	228,73	8,78	118,89	5,90
134	229,55	9,07	118,89	3,92
135	230,37	8,78	108,28	3,92
136	231,23	8,69	108,28	5,90
137	231,55	8,69	107,68	2,96
138	231,55	8,59	107,68	3,92
139	231,23	8,59	107,68	5,90
140	231,23	8,37	107,68	6,76
141	232,99	8,37	106,04	2,50
142	232,99	8,22	106,04	2,96
143	232,70	8,22	103,99	61,20
144	232,70	7,75	103,99	59,70
145	235,05	7,75	103,99	56,70
146	235,05	7,63	103,99	55,20
147	234,76	7,63	103,99	53,70
148	234,76	6,93	103,99	52,20
149	235,05	6,93	103,99	49,20
150	235,05	6,80	103,99	47,70
151	234,76	6,80	103,99	46,20
152	234,76	6,47	103,99	44,70
153	235,11	6,47	103,99	41,70
154	235,11	6,74	103,99	40,20
155	239,61	7,84	103,99	38,70
156	239,61	5,14	103,99	37,20
157	241,41	5,14	103,99	34,20
158	246,07	6,11	103,99	32,70
159	250,72	5,14	103,99	31,20
160	250,72	2,47	103,99	29,70
161	251,88	2,47	103,99	26,70
162	251,88	0,00	103,99	25,20
163	254,65	0,00	103,99	23,70
164	254,65	0,00	103,99	22,20
165	257,22	0,00	103,99	19,20
166	257,22	0,00	103,99	17,70
167	261,31	0,00	103,99	16,20
168	261,31	7,76	103,99	14,70
169	271,26	7,76	103,99	11,70
170	271,26	7,09	103,99	10,20
171	286,11	7,09	103,99	8,70
172	286,11	7,76	103,99	7,20
173	296,01	7,76	103,99	5,70
174	295,99	4,04	103,99	4,20
175	296,89	4,04	102,36	59,70
176	296,89	3,58	102,36	56,70
177	296,01	3,58	102,36	55,20
178	296,01	0,00	102,36	53,70
179	305,29	0,00	102,36	52,20
180	311,54	0,00	102,36	49,20

Continua

Trecho 1: Tv. Barão entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
181	311,54	0,00	102,36	47,70
182	-	-	102,36	46,20
183	-	-	102,36	44,70
184	-	-	102,36	41,70
185	-	-	102,36	40,20
186	-	-	102,36	38,70
187	-	-	102,36	37,20
188	-	-	102,36	34,20
189	-	-	102,36	32,70
190	-	-	102,36	31,20
191	-	-	102,36	29,70
192	-	-	102,36	26,70
193	-	-	102,36	25,20
194	-	-	102,36	23,70
195	-	-	102,36	22,20
196	-	-	102,36	19,20
197	-	-	102,36	17,70
198	-	-	102,36	16,20
199	-	-	102,36	14,70
200	-	-	102,36	11,70
201	-	-	102,36	10,20
202	-	-	102,36	8,70
203	-	-	102,36	7,20
204	-	-	102,36	5,70
205	-	-	102,36	4,20
206	-	-	102,36	2,50
207	-	-	95,46	64,20
208	-	-	95,46	61,20
209	-	-	89,92	61,20
210	-	-	89,92	64,20
211	-	-	83,03	2,50
212	-	-	83,03	59,70
213	-	-	81,40	59,70
214	-	-	81,40	61,20
215	-	-	67,37	6,20
216	-	-	67,37	2,50
217	-	-	65,87	64,60
218	-	-	65,87	6,20
219	-	-	60,33	61,60
220	-	-	60,33	64,60
221	-	-	49,34	3,10
222	-	-	49,34	6,10
223	-	-	49,34	7,60
224	-	-	49,34	9,10
225	-	-	49,34	10,60
226	-	-	49,34	12,10
227	-	-	49,34	13,60
228	-	-	49,34	15,10
229	-	-	49,34	16,60
230	-	-	49,34	18,10
231	-	-	49,34	19,60
232	-	-	49,34	21,10
233	-	-	49,34	22,60
234	-	-	49,34	24,10
235	-	-	49,34	25,60
236	-	-	49,34	27,10
237	-	-	49,34	28,60
238	-	-	49,34	30,10
239	-	-	49,34	31,60
240	-	-	49,34	33,10
241	-	-	49,34	34,60

Continua

Trecho 1: Tv. Barão entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
242	-	-	49,34	36,10
243	-	-	49,34	37,60
244	-	-	49,34	39,10
245	-	-	49,34	40,60
246	-	-	49,34	42,10
247	-	-	49,34	43,60
248	-	-	49,34	45,68
249	-	-	49,34	47,18
250	-	-	49,34	48,68
251	-	-	49,34	50,18
252	-	-	49,34	51,68
253	-	-	49,34	53,18
254	-	-	49,34	54,68
255	-	-	49,34	56,18
256	-	-	49,34	60,10
257	-	-	48,08	6,10
258	-	-	48,08	7,60
259	-	-	48,08	9,10
260	-	-	48,08	10,60
261	-	-	48,08	12,10
262	-	-	48,08	13,60
263	-	-	48,08	15,10
264	-	-	48,08	16,60
265	-	-	48,08	18,10
266	-	-	48,08	19,60
267	-	-	48,08	21,10
268	-	-	48,08	22,60
269	-	-	48,08	24,10
270	-	-	48,08	25,60
271	-	-	48,08	27,10
272	-	-	48,08	28,60
273	-	-	48,08	30,10
274	-	-	48,08	31,60
275	-	-	48,08	33,10
276	-	-	48,08	34,60
277	-	-	48,08	36,10
278	-	-	48,08	37,60
279	-	-	48,08	39,10
280	-	-	48,08	40,60
281	-	-	48,08	42,10
282	-	-	48,08	43,60
283	-	-	48,08	45,68
284	-	-	48,08	47,18
285	-	-	48,08	48,68
286	-	-	48,08	50,18
287	-	-	48,08	51,68
288	-	-	48,08	53,18
289	-	-	48,08	54,68
290	-	-	48,08	56,18
291	-	-	47,71	60,10
292	-	-	47,71	61,60
293	-	-	44,62	2,35
294	-	-	44,62	3,10
295	-	-	43,76	2,50
296	-	-	43,76	2,40
297	-	-	43,70	2,40
298	-	-	43,70	2,35
299	-	-	43,41	2,35
300	-	-	43,41	2,40
301	-	-	43,36	2,40
302	-	-	43,36	2,50

Continua

Trecho 1: Tv. Barão entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
303	-	-	41,81	2,50
304	-	-	41,81	2,40
305	-	-	41,76	2,40
306	-	-	41,76	2,35
307	-	-	41,46	2,35
308	-	-	41,46	2,40
309	-	-	41,41	2,40
310	-	-	41,41	2,50
311	-	-	39,88	2,50
312	-	-	39,88	2,40
313	-	-	39,83	2,40
314	-	-	39,83	2,35
315	-	-	39,54	0,00
316	-	-	39,53	2,40
317	-	-	39,48	2,40
318	-	-	39,48	2,50
319	-	-	33,33	3,30
320	-	-	33,33	3,20
321	-	-	33,30	2,50
322	-	-	33,30	2,40
323	-	-	33,25	2,40
324	-	-	33,25	0,00
325	-	-	32,95	2,35
326	-	-	32,95	2,40
327	-	-	32,90	2,40
328	-	-	32,90	2,50
329	-	-	32,53	3,20
330	-	-	32,53	2,35
331	-	-	29,88	2,35
332	-	-	29,88	3,20
333	-	-	29,43	2,50
334	-	-	29,43	2,40
335	-	-	29,38	2,40
336	-	-	29,38	2,35
337	-	-	29,08	0,00
338	-	-	29,08	2,40
339	-	-	29,08	3,20
340	-	-	29,08	3,30
341	-	-	29,03	2,40
342	-	-	29,03	2,50
343	-	-	16,96	2,90
344	-	-	16,96	0,00
345	-	-	14,96	0,00
346	-	-	14,96	2,90
347	-	-	3,00	0,00
348	-	-	3,00	0,00
349	-	-	0,00	0,00
350	-	-	0,00	0,00

Trecho 2: Tv. Barão entre Av. A. Barroso e Av. João Paulo II

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
1	316,15	0,00	315,65	1,38
2	314,83	1,89	315,65	1,52
3	313,51	1,89	311,65	1,52
4	313,51	7,89	311,65	11,94
5	313,88	7,89	303,34	8,27
6	313,88	8,68	303,34	11,94
7	304,24	8,68	297,70	10,62
8	304,24	7,89	287,24	10,61
9	304,60	7,89	284,17	5,76
10	304,60	5,27	284,17	8,26
11	303,28	5,27	282,95	8,26
12	303,28	5,16	282,37	6,35
13	292,80	5,16	282,02	7,37
14	292,80	11,51	282,02	6,35
15	287,60	11,51	278,10	8,87
16	287,60	7,87	278,10	8,27
17	282,49	7,87	276,64	75,68
18	282,49	9,60	276,64	8,87
19	271,10	9,60	276,64	8,27
20	271,10	9,10	276,64	7,37
21	264,75	9,10	248,52	4,31
22	264,75	6,79	248,52	8,27
23	258,92	6,79	248,52	8,87
24	258,92	1,75	248,52	75,68
25	250,68	1,75	246,45	8,27
26	250,68	4,41	246,45	8,87
27	250,77	4,41	223,71	5,36
28	250,77	5,21	223,71	4,31
29	250,68	5,21	223,20	25,06
30	250,68	7,85	223,20	24,77
31	250,77	7,85	223,20	16,10
32	250,77	8,65	223,20	15,81
33	244,67	8,65	223,20	7,08
34	244,67	14,56	223,20	6,78
35	241,85	14,56	222,32	5,36
36	241,85	17,36	222,31	29,73
37	241,39	17,38	222,31	25,06
38	240,67	17,32	222,31	24,77
39	239,96	17,13	222,31	16,10
40	239,20	16,76	222,31	15,81
41	238,56	16,27	222,31	7,08
42	237,88	15,47	222,31	6,78
43	237,45	14,56	202,31	3,36
44	232,35	14,56	202,31	6,78
45	232,35	7,22	202,31	7,08
46	231,70	7,71	202,31	15,81
47	230,69	8,33	202,31	16,10
48	229,74	8,81	202,31	24,77
49	228,63	9,05	202,31	25,06
50	227,25	9,17	202,31	29,73
51	225,87	9,18	201,16	6,78
52	224,73	9,03	201,16	7,08
53	223,37	8,81	201,16	15,81
54	222,32	8,50	201,16	16,10
55	220,68	7,90	201,16	24,77
56	219,25	7,35	201,16	25,06
57	217,83	6,84	198,31	4,31
58	216,37	6,43	198,31	3,36
59	215,93	6,39	184,46	3,36
60	214,62	6,52	184,46	4,31
61	212,98	6,88	157,17	7,07
62	211,56	7,34	157,17	3,36
63	209,80	8,01	148,91	7,71
64	209,80	8,96	148,91	7,07

Continua

Trecho 2: Tv. Barão entre Av. A. Barroso e Av. João Paulo II (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abscissa x (m)	Ordenada y (m)	Abscissa x (m)	Ordenada y (m)
65	207,04	10,06	148,16	7,07
66	204,27	8,96	148,16	7,71
67	204,27	8,50	143,97	3,23
68	203,94	8,61	143,97	7,07
69	203,16	8,77	140,75	1,51
70	202,16	8,85	140,75	3,23
71	201,11	8,78	131,39	3,23
72	200,53	8,63	131,39	1,51
73	199,83	8,36	129,86	5,99
74	199,39	8,23	129,71	5,58
75	198,82	8,14	127,63	3,23
76	198,28	8,17	127,63	6,53
77	197,96	8,28	126,24	7,63
78	197,61	8,52	125,36	14,46
79	197,24	8,86	124,41	8,45
80	197,24	1,75	117,44	11,60
81	189,73	1,75	107,27	1,51
82	189,73	9,57	107,24	6,53
83	175,86	9,57	105,16	5,58
84	170,44	11,91	105,02	5,99
85	165,01	9,57	101,35	4,60
86	151,14	9,57	101,35	1,51
87	151,14	14,77	100,14	5,28
88	114,91	14,77	100,14	4,60
89	114,91	7,15	98,29	4,60
90	110,58	7,15	98,29	5,28
91	110,58	31,80	97,39	5,10
92	57,86	31,83	97,39	4,78
93	57,86	4,75	97,38	5,20
94	48,44	4,75	97,26	5,20
95	48,44	9,75	97,26	5,10
96	8,62	9,75	97,26	4,78
97	8,62	2,79	97,26	4,60
98	4,50	2,79	94,01	6,13
99	4,50	1,75	91,21	4,87
100	0,00	1,75	91,21	5,20
101	0,00	1,62	90,64	5,20
102	-	-	89,71	4,60
103	-	-	88,33	5,28
104	-	-	88,33	4,60
105	-	-	86,48	4,60
106	-	-	86,48	5,28
107	-	-	85,36	5,35
108	-	-	85,36	4,88
109	-	-	85,07	4,88
110	-	-	85,07	4,60
111	-	-	79,88	4,60
112	-	-	79,88	4,88
113	-	-	79,53	4,88
114	-	-	79,53	5,35
115	-	-	78,06	6,57
116	-	-	78,06	4,60
117	-	-	75,38	4,51
118	-	-	75,38	5,37
119	-	-	72,99	4,51
120	-	-	67,04	6,52
121	-	-	60,88	4,51
122	-	-	55,32	4,51
123	-	-	48,78	6,67
124	-	-	42,06	4,51
125	-	-	38,75	3,26
126	-	-	38,75	4,51
127	-	-	33,52	4,89
128	-	-	33,52	3,26

Continua

Trecho 2: Tv. Barão entre Av. A. Barroso e Av. João Paulo II (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
129	-	-	32,52	21,60
130	-	-	32,52	4,89
131	-	-	29,83	21,60
132	-	-	28,08	19,33
133	-	-	26,77	20,66
134	-	-	26,77	19,33
135	-	-	18,70	19,33
136	-	-	18,70	20,66
137	-	-	11,25	4,00
138	-	-	11,25	19,33
139	-	-	2,97	2,14
140	-	-	2,97	4,00
141	-	-	0,00	0,00
142	-	-	0,00	2,14

Trecho 3: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
1	0,00	0,00	315,72	0,00
2	0,00	0,00	315,72	0,00
3	3,00	0,00	308,63	3,83
4	3,00	3,08	308,63	3,14
5	0,00	3,08	308,13	3,14
6	0,00	3,12	308,13	0,00
7	3,00	3,24	304,83	4,30
8	3,00	4,36	301,03	7,17
9	1,98	4,36	301,03	3,83
10	1,98	4,52	294,28	6,98
11	3,00	4,52	294,28	7,17
12	3,00	6,93	288,23	6,12
13	2,52	6,93	288,23	6,98
14	2,52	7,12	282,93	4,25
15	3,00	7,12	282,93	6,12
16	3,00	7,89	276,93	2,94
17	10,82	7,89	276,93	3,33
18	10,82	5,94	276,61	3,33
19	11,71	5,94	276,61	4,25
20	11,71	7,24	275,89	3,33
21	19,94	7,23	275,89	2,94
22	19,94	4,67	273,23	11,66
23	24,88	4,67	273,23	3,33
24	24,88	4,16	261,41	3,69
25	28,05	4,16	261,41	11,66
26	28,05	3,99	260,29	3,33
27	29,91	3,99	260,29	3,69
28	29,91	6,99	256,71	11,36
29	38,39	6,98	256,71	3,33
30	38,39	3,98	248,65	11,23
31	39,79	3,98	248,65	11,36
32	39,79	4,99	241,50	11,23
33	40,25	4,99	241,50	3,16
34	40,25	4,87	239,22	5,09
35	46,12	4,87	239,16	5,02
36	46,12	4,99	238,24	5,24
37	46,56	4,99	238,24	3,16
38	46,56	7,09	233,59	3,91
39	51,53	7,09	233,59	6,45
40	51,53	6,16	228,52	2,31
41	57,35	6,15	228,52	3,91
42	57,35	6,07	227,10	3,08
43	63,18	6,07	227,10	2,31

Continua

Trecho 3: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
44	63,18	6,75	222,46	3,94
45	68,07	6,74	222,46	3,08
46	68,07	7,76	217,13	4,21
47	72,69	7,76	217,13	3,94
48	72,69	6,84	211,27	2,81
49	72,97	6,84	211,27	4,21
50	72,97	6,71	201,27	7,16
51	78,78	8,10	201,27	2,81
52	78,79	8,00	198,45	6,88
53	78,80	7,90	198,45	7,16
54	78,69	7,87	191,17	3,14
55	78,69	4,92	191,17	6,88
56	85,46	4,92	181,93	2,45
57	85,46	4,05	181,93	3,14
58	86,20	4,05	178,91	3,98
59	86,20	5,75	178,91	2,45
60	85,81	5,70	168,72	3,50
61	85,81	5,80	168,72	3,98
62	89,42	6,31	164,63	2,43
63	89,42	3,87	164,63	3,50
64	93,89	3,62	163,86	4,54
65	93,89	3,52	163,86	2,43
66	93,89	3,42	156,16	0,00
67	93,10	3,46	156,16	6,20
68	93,10	2,89	154,00	1,66
69	97,76	2,89	154,00	0,00
70	97,76	3,46	152,30	3,62
71	96,97	3,41	152,30	3,09
72	96,97	3,51	152,30	0,00
73	96,97	3,61	152,30	1,66
74	101,45	3,87	152,09	3,09
75	101,46	9,80	152,09	0,00
76	111,55	9,79	150,10	15,99
77	111,54	5,25	150,10	3,62
78	116,52	5,25	137,95	1,61
79	116,51	3,49	137,95	15,99
80	120,11	3,48	136,72	0,00
81	120,11	4,13	136,72	1,61
82	123,61	3,47	134,56	4,71
83	123,61	0,00	134,56	0,00
84	127,06	0,00	133,22	4,91
85	127,06	3,27	133,22	4,71
86	133,65	3,27	132,26	4,91
87	133,65	3,19	131,91	5,12
88	133,88	3,19	131,48	5,32
89	133,88	2,55	131,06	5,45
90	134,16	2,55	130,67	5,52
91	134,16	0,00	130,24	5,55
92	134,82	0,00	129,74	5,52
93	134,82	7,33	129,10	5,37
94	140,76	7,33	128,69	5,20
95	140,76	7,39	128,18	4,91
96	141,12	7,39	127,33	4,71
97	141,12	6,98	127,33	4,91
98	141,44	6,98	125,85	5,05
99	141,44	7,39	125,85	4,71
100	141,57	7,39	118,89	2,76
101	141,57	6,98	118,89	5,05
102	141,96	6,98	114,66	89,66
103	141,96	7,39	114,66	88,25
104	142,09	7,39	114,66	86,16
105	142,08	6,98	114,66	84,75
106	142,46	6,98	114,66	82,66
107	142,46	7,39	114,66	81,25

Continua

Trecho 3: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abscissa x (m)	Ordenada y (m)	Abscissa x (m)	Ordenada y (m)
108	142,59	7,39	114,66	79,16
109	142,59	6,98	114,66	77,75
110	142,98	6,98	114,66	75,66
111	142,98	7,39	114,66	74,25
112	143,11	7,39	114,66	72,16
113	143,11	6,98	114,66	70,75
114	143,43	6,98	114,66	68,66
115	143,43	7,39	114,66	67,25
116	147,68	7,39	114,66	65,16
117	147,68	6,85	114,66	63,75
118	153,16	6,85	114,66	61,66
119	153,16	3,12	114,66	60,25
120	153,16	1,14	114,66	58,16
121	156,13	1,13	114,66	56,75
122	156,13	3,12	114,66	54,66
123	155,16	3,12	114,66	53,25
124	155,17	35,33	114,66	51,16
125	154,58	35,33	114,66	49,75
126	154,58	41,33	114,66	47,66
127	169,35	41,33	114,66	46,25
128	169,35	35,33	114,66	44,16
129	168,94	35,33	114,66	42,75
130	168,93	3,12	114,66	40,66
131	167,96	3,12	114,66	39,25
132	167,96	1,13	114,66	37,16
133	171,21	1,13	114,66	35,75
134	171,21	3,26	114,66	33,66
135	171,56	3,26	114,66	32,25
136	171,56	0,00	114,66	30,16
137	173,92	0,00	114,66	28,75
138	173,92	7,70	114,66	26,66
139	175,62	7,70	114,66	25,25
140	175,62	8,26	114,66	23,16
141	177,72	8,26	114,66	21,75
142	177,72	7,81	114,66	19,66
143	178,35	7,91	114,66	18,25
144	178,35	9,74	114,66	16,16
145	179,44	9,74	114,66	14,75
146	179,80	9,68	114,66	12,66
147	180,05	9,57	114,66	11,25
148	180,24	9,41	114,66	9,16
149	180,39	9,24	114,66	7,75
150	180,52	8,96	114,66	5,60
151	180,58	8,69	114,66	4,18
152	182,34	8,69	114,20	93,74
153	182,34	7,61	114,20	89,66
154	183,55	7,61	114,20	88,25
155	183,83	7,54	114,20	86,16
156	184,02	7,40	114,20	84,75
157	184,13	7,21	114,20	82,66
158	184,17	6,99	114,20	81,25
159	184,17	6,60	114,20	79,16
160	185,08	6,60	114,20	77,75
161	185,08	8,08	114,20	75,66
162	189,91	8,08	114,20	74,25
163	189,91	7,18	114,20	72,16
164	194,57	7,18	114,20	70,75
165	194,57	4,65	114,20	68,66
166	198,71	4,65	114,20	67,25
167	198,71	5,08	114,20	65,16
168	203,30	5,08	114,20	63,75
169	203,30	6,15	114,20	61,66
170	207,31	6,15	114,20	60,25
171	207,31	3,92	114,20	58,16

Continua

Trecho 3: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
172	210,88	3,91	114,20	56,75
173	210,88	3,43	114,20	54,66
174	212,01	3,43	114,20	53,25
175	212,01	4,59	114,20	51,16
176	217,69	4,59	114,20	49,75
177	217,69	7,55	114,20	47,66
178	223,64	7,55	114,20	46,25
179	223,64	6,25	114,20	44,16
180	229,80	6,25	114,20	42,75
181	229,80	6,02	114,20	40,66
182	230,1817	6,0182	114,20	39,25
183	230,1817	5,94	114,20	37,16
184	233,1133	5,94	114,20	35,75
185	233,3004	6,1237	114,20	32,25
186	234,7639	6,1234	114,20	30,16
187	234,7639	6,1999	114,20	28,75
188	235,1465	6,1998	114,20	26,66
189	235,1461	4,5843	114,20	25,25
190	235,3805	4,5842	114,20	23,16
191	235,3805	4,5077	114,20	21,75
192	240,6112	4,5064	114,20	19,66
193	240,6112	4,5829	114,20	18,25
194	240,8457	4,5829	114,20	16,16
195	240,8466	8,3014	114,20	14,75
196	246,4241	8,3	114,20	12,66
197	246,4234	5,5233	114,20	11,25
198	252,073	5,5219	114,20	9,16
199	252,0722	2,3416	114,20	7,75
200	252,4432	2,3415	114,20	5,60
201	252,4428	8,5E-05	114,20	4,18
202	253,1509	8,5E-05	114,20	2,76
203	253,1512	2,1851	111,01	96,17
204	253,3898	2,1851	111,01	93,74
205	253,3893	2,2E-05	106,20	93,74
206	256,8964	2,2E-05	106,20	96,17
207	256,8969	2,1842	103,26	6,01
208	257,1355	2,1841	103,26	7,75
209	257,1351	8,5E-05	103,26	9,16
210	260,0285	8,5E-05	103,26	11,25
211	260,0289	2,1834	103,26	12,66
212	260,2674	2,1833	103,26	14,75
213	260,2671	8,5E-05	103,26	16,16
214	263,1285	8,5E-05	103,26	18,25
215	263,1288	2,1826	103,26	19,66
216	263,239	2,1826	103,26	21,75
217	263,2392	3,1733	103,26	23,16
218	261,9982	3,4358	103,26	25,25
219	262,9097	4,8811	103,26	26,66
220	263,2396	4,881	103,26	28,75
221	263,2401	6,8733	103,26	30,16
222	261,9991	7,1358	103,26	32,25
223	262,9106	8,5811	103,26	33,66
224	293,7669	8,5734	103,26	35,75
225	294,1499	7,1278	103,26	37,16
226	293,4365	6,8657	103,26	39,25
227	293,436	4,8734	103,26	40,66
228	293,7659	4,8734	103,26	42,75
229	294,1489	3,4278	103,26	44,16
230	293,4356	3,1657	103,26	46,25
231	293,4348	1,4E-05	103,26	47,66
232	294,141	1,4E-05	103,26	49,75
233	294,1415	2,1749	103,26	51,16
234	294,3801	2,1748	103,26	53,25
235	294,3798	8,4E-05	103,26	54,66

Continua

Trecho 3: Tv. Anguatura entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
236	296,9245	8,4E-05	103,26	56,75
237	296,9248	2,1742	103,26	58,16
238	297,1634	2,1741	103,26	60,25
239	297,1631	8,4E-05	103,26	61,66
240	299,9385	8,4E-05	103,26	63,75
241	299,9389	2,1734	103,26	65,16
242	300,1774	2,1734	103,26	67,25
243	300,1771	8,4E-05	103,26	68,66
244	302,9031	8,4E-05	103,26	70,75
245	302,9035	2,1727	103,26	72,16
246	303,142	2,1726	103,26	74,25
247	303,1417	8,4E-05	103,26	75,66
248	305,7775	8,4E-05	103,26	77,75
249	305,7778	2,172	103,26	79,16
250	306,0164	2,1719	103,26	81,25
251	306,016	8,4E-05	103,26	82,66
252	308,2862	8,4E-05	103,26	84,75
253	308,2866	2,1713	103,26	86,16
254	308,5251	2,1713	103,26	88,25
255	308,5248	8,4E-05	103,26	89,66
256	310,481	8,4E-05	103,26	93,74
257	310,4814	2,1708	102,80	7,75
258	310,7199	2,1707	102,80	9,16
259	310,7196	8,4E-05	102,80	11,25
260	311,8121	8,4E-05	102,80	11,25
261	311,8125	2,1705	102,80	12,66
262	312,051	2,1704	102,80	14,75
263	312,0505	1,4E-05	102,80	16,16
264	315,0505	1,4E-05	102,80	18,25
265	-	-	102,80	19,66
266	-	-	102,80	21,75
267	-	-	102,80	23,16
268	-	-	102,80	25,25
269	-	-	102,80	26,66
270	-	-	102,80	28,75
271	-	-	102,80	30,16
272	-	-	102,80	32,25
273	-	-	102,80	33,66
274	-	-	102,80	35,75
275	-	-	102,80	37,16
276	-	-	102,80	39,25
277	-	-	102,80	40,66
278	-	-	102,80	42,75
279	-	-	102,80	44,16
280	-	-	102,80	46,25
281	-	-	102,80	47,66
282	-	-	102,80	49,75
283	-	-	102,80	51,16
284	-	-	102,80	53,25
285	-	-	102,80	54,66
286	-	-	102,80	56,75
287	-	-	102,80	58,16
288	-	-	102,80	60,25
289	-	-	102,80	61,66
290	-	-	102,80	63,75
291	-	-	102,80	65,16
292	-	-	102,80	67,25
293	-	-	102,80	68,66
294	-	-	102,80	70,75
295	-	-	102,80	72,16
296	-	-	102,80	74,25
297	-	-	102,80	75,66
298	-	-	102,80	77,75
299	-	-	102,80	79,16

Continua

Trecho 3: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
300	-	-	102,80	81,25
301	-	-	102,80	82,66
302	-	-	102,80	84,75
303	-	-	102,80	86,16
304	-	-	102,80	88,25
305	-	-	102,80	89,66
306	-	-	101,44	3,21
307	-	-	101,44	6,01
308	-	-	98,52	3,95
309	-	-	96,87	4,13
310	-	-	96,87	3,21
311	-	-	95,03	4,13
312	-	-	90,48	6,63
313	-	-	90,48	5,25
314	-	-	83,99	9,50
315	-	-	83,99	6,63
316	-	-	78,91	6,63
317	-	-	78,91	9,50
318	-	-	77,46	5,51
319	-	-	77,46	6,63
320	-	-	72,09	3,98
321	-	-	72,09	3,69
322	-	-	70,45	3,28
323	-	-	70,45	3,98
324	-	-	69,24	3,28
325	-	-	62,93	5,23
326	-	-	55,67	3,14
327	-	-	55,67	5,23
328	-	-	51,89	2,98
329	-	-	51,89	3,14
330	-	-	50,40	6,89
331	-	-	50,40	2,98
332	-	-	41,75	2,98
333	-	-	41,75	6,89
334	-	-	39,14	1,39
335	-	-	39,14	2,98
336	-	-	38,13	3,53
337	-	-	38,08	2,14
338	-	-	38,08	1,39
339	-	-	37,59	1,39
340	-	-	37,59	2,14
341	-	-	37,48	3,53
342	-	-	37,48	1,39
343	-	-	34,09	5,11
344	-	-	32,53	4,49
345	-	-	32,08	4,76
346	-	-	29,88	1,39
347	-	-	29,88	3,53
348	-	-	29,62	2,14
349	-	-	29,62	1,39
350	-	-	29,20	1,39
351	-	-	29,20	2,14
352	-	-	29,13	3,53
353	-	-	27,60	2,14
354	-	-	27,60	1,39
355	-	-	27,36	6,94
356	-	-	27,36	2,14
357	-	-	19,57	6,53
358	-	-	19,57	6,94
359	-	-	17,41	7,34
360	-	-	10,28	7,34
361	-	-	6,71	6,27
362	-	-	5,13	0,00

Continua

Trecho 3: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. R. Maiorana (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
363	-	-	5,13	3,39
364	-	-	4,80	3,39
365	-	-	4,80	6,27
366	-	-	0,00	0,00
367	-	-	0,00	0,00

Trecho 4: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. J. Paulo II

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
1	0,00	1,39	312,09	1,30
2	0,00	1,53	312,09	1,16
3	4,96	1,59	310,48	7,32
4	4,86	9,35	310,46	5,79
5	30,54	9,65	307,97	5,83
6	30,57	7,16	307,90	1,36
7	38,36	7,25	291,95	6,07
8	38,38	5,37	291,88	1,61
9	46,73	5,47	289,48	7,64
10	46,73	5,55	289,46	6,11
11	54,70	5,65	287,86	4,98
12	54,67	7,63	287,85	4,44
13	62,94	7,72	286,01	2,03
14	62,97	4,88	286,00	1,69
15	64,97	4,90	285,93	5,11
16	64,94	7,74	285,93	5,01
17	73,09	7,83	285,92	4,47
18	73,14	3,99	285,89	2,04
19	77,71	4,05	285,53	5,11
20	77,71	4,35	283,56	6,73
21	83,70	4,42	283,54	5,57
22	83,71	3,70	276,21	6,84
23	88,17	3,75	276,19	5,61
24	88,18	3,13	268,06	5,73
25	87,42	3,12	268,05	4,87
26	87,46	0,00	265,65	8,54
27	91,69	0,00	265,59	4,91
28	91,65	3,63	260,27	8,62
29	108,59	3,83	260,24	6,40
30	108,59	3,89	254,29	8,80
31	114,99	3,97	254,24	5,72
32	114,98	4,97	248,18	8,90
33	123,41	5,07	248,14	5,99
34	123,38	7,71	236,71	6,16
35	127,33	7,76	236,70	5,75
36	127,31	8,80	223,84	5,94
37	129,42	8,83	223,82	4,58
38	129,48	4,02	219,40	4,65
39	130,33	4,03	219,40	4,27
40	130,34	3,27	218,23	4,65
41	136,22	3,34	218,22	4,29
42	136,21	4,10	211,63	6,81
43	137,07	4,11	211,60	4,75
44	137,07	3,81	205,90	9,40
45	138,70	3,83	205,86	6,90
46	138,67	6,38	199,91	9,49
47	157,33	6,61	199,82	3,95
48	157,37	3,04	194,09	4,04
49	159,30	3,07	194,08	3,21
50	159,30	3,39	188,23	3,30
51	162,12	3,42	188,21	1,59
52	162,12	3,10	186,58	12,93

Continua

Trecho 4: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. J. Paulo II (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abscissa x (m)	Ordenada y (m)	Abscissa x (m)	Ordenada y (m)
53	162,81	3,11	186,41	1,61
54	162,80	3,95	165,12	13,25
55	170,23	4,03	164,95	2,38
56	170,25	2,29	162,67	6,61
57	170,79	2,29	162,60	2,41
58	170,75	5,08	156,28	6,71
59	177,42	5,16	156,24	3,87
60	177,44	3,64	150,86	6,75
61	178,11	3,65	150,82	3,95
62	178,07	6,93	146,95	6,81
63	182,57	6,98	146,94	6,47
64	182,62	2,47	145,59	6,49
65	183,86	2,49	145,58	6,26
66	183,85	3,20	137,30	9,02
67	183,22	3,01	137,26	6,38
68	183,22	3,19	132,81	9,09
69	188,66	4,95	132,77	6,02
70	188,64	6,25	127,80	6,10
71	192,37	6,65	127,71	0,00
72	192,38	6,29	122,70	7,75
73	196,16	6,70	122,70	7,64
74	196,14	8,37	122,67	5,24
75	208,97	8,52	122,59	0,00
76	209,02	4,46	122,13	7,65
77	212,51	4,50	122,09	5,25
78	212,52	3,69	120,75	8,41
79	213,47	3,70	118,78	7,81
80	217,72	4,75	118,77	6,75
81	217,69	7,14	113,62	8,79
82	226,75	7,25	113,59	6,83
83	226,78	4,85	109,37	8,85
84	230,60	4,90	109,33	6,25
85	230,60	4,56	104,90	8,92
86	234,47	4,61	104,86	6,31
87	234,42	8,39	99,31	9,00
88	238,95	8,44	99,25	4,62
89	238,97	6,64	97,63	4,86
90	242,95	6,68	97,54	4,79
91	242,98	4,65	97,03	5,02
92	247,87	4,71	97,03	4,65
93	247,87	5,02	95,38	5,88
94	252,22	5,07	93,65	5,07
95	252,19	7,79	93,64	4,70
96	256,92	7,85	93,15	4,87
97	256,95	5,32	93,07	4,94
98	261,88	5,38	91,55	9,25
99	261,84	8,69	91,48	4,74
100	268,42	8,77	86,58	9,80
101	268,47	4,61	86,57	9,33
102	273,68	4,23	86,52	9,80
103	273,67	4,86	86,52	9,69
104	279,79	4,93	86,08	9,81
105	279,71	12,00	86,08	9,70
106	280,13	12,01	86,03	9,81
107	280,11	13,14	86,03	9,70
108	282,24	13,17	85,62	9,82
109	282,25	12,03	85,61	9,71
110	295,84	12,20	85,56	9,82
111	295,83	13,02	85,56	9,71
112	297,21	13,04	85,01	9,83
113	297,20	14,47	85,01	9,72
114	300,11	14,50	84,96	9,83
115	300,12	13,07	84,96	9,72
116	314,34	13,24	84,55	9,83

Continua

Trecho 4: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. J. Paulo II (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
117	314,57	1,56	84,54	9,72
118	317,57	1,59	84,49	9,84
119	317,58	1,39	84,49	9,72
120	-	-	84,08	9,84
121	-	-	84,08	9,73
122	-	-	84,02	9,84
123	-	-	84,02	9,73
124	-	-	83,61	9,85
125	-	-	83,61	9,74
126	-	-	83,56	9,85
127	-	-	83,56	9,74
128	-	-	83,15	9,86
129	-	-	83,14	9,74
130	-	-	83,09	9,86
131	-	-	83,09	9,75
132	-	-	82,68	9,86
133	-	-	82,68	9,75
134	-	-	82,62	9,86
135	-	-	82,62	9,75
136	-	-	82,21	9,87
137	-	-	82,21	9,76
138	-	-	82,16	9,87
139	-	-	82,16	9,76
140	-	-	81,77	9,88
141	-	-	81,77	9,77
142	-	-	81,72	9,88
143	-	-	81,59	1,50
144	-	-	80,64	5,58
145	-	-	80,58	1,51
146	-	-	75,94	5,65
147	-	-	75,87	1,04
148	-	-	75,40	9,88
149	-	-	75,27	1,05
150	-	-	67,54	10,00
151	-	-	67,40	0,00
152	-	-	59,79	4,11
153	-	-	59,74	0,00
154	-	-	49,73	4,26
155	-	-	49,73	4,02
156	-	-	44,31	7,81
157	-	-	44,25	4,10
158	-	-	39,69	7,88
159	-	-	39,62	3,42
160	-	-	39,54	4,42
161	-	-	39,53	3,87
162	-	-	38,90	3,88
163	-	-	38,89	3,43
164	-	-	37,06	5,08
165	-	-	37,06	4,72
166	-	-	34,68	5,25
167	-	-	34,67	4,50
168	-	-	32,99	5,09
169	-	-	32,98	4,53
170	-	-	29,42	5,14
171	-	-	29,41	4,42
172	-	-	25,14	4,77
173	-	-	25,13	4,49
174	-	-	21,44	4,83
175	-	-	21,43	4,12
176	-	-	17,63	4,56
177	-	-	17,62	4,18
178	-	-	14,19	8,66
179	-	-	14,13	4,61

Continua

Trecho 4: Tv. Angustura entre Av. A. Barroso e Av. J. Paulo II (continuação)

Pontos	Lado Direito da Via		Lado Esquerdo da Via	
	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)	Abcissa x (m)	Ordenada y (m)
180	-	-	5,51	4,56
181	-	-	5,46	1,28
182	-	-	4,0804	8,82
183	-	-	4,02	4,58
184	-	-	0,00	1,17
185	-	-	0	1,37

APÊNDICE I – Dados Climáticos Coletados

Trecho 1: Barão entre A. Barroso e R. Maiorana

Período* (h)	DADOS CLIMÁTICOS								
	Ponto	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (m/s ²)					Condições do Céu
(1) 08:00 – 09:30	1	28,2	77	-	-	-	-	-	Parcialmente Nublado
(1) 08:00 – 09:30	2	28,3	76,8	1,3	3,4	3,4	1,9	1,5	Parcialmente Nublado
				1,5	2,7	4,1	2,5	2,1	
				2,4	4	-	-	-	
(1) 08:00 – 09:30	3	28,6	76,1	2,4	3,4	3,2	4,7	1,7	Nublado
				1,9	0,8	0,3	0,7	2,4	
				2,5	3,5	-	-	-	
(1) 08:00 – 09:30	4	29	75	2	1,7	1,6	0,9	0,8	Parcialmente Nublado
				0,3	1,6	1,2	1,7	2,4	
				1,3	2,6	-	-	-	
(2) 10:00 – 11:30	1	30,8	67,1	0	2,6	1,7	2	2,6	Parcialmente Nublado
				1,6	1,7	2	2,8	1,9	
				1,9	2,8				
(2) 10:00 – 11:30	2	30,7	68,4	0,7	1,9	2	0,8	3,1	Claro
				3,9	1,2	3,5	2,1	1,5	
				0,9	2	-	-	-	
(2) 10:00 – 11:30	3	30,6	66,9	2,9	2,9	3,2	2,4	1,5	Claro
				2,5	2,3	1,3	2,2	2,1	
				2,7	2,7	-	-	-	
(2) 10:00 – 11:30	4	31,3	64,7	2,5	1,6	1,2	3	1,1	Claro
				2,5	1,2	1,3	0,8	1,3	
				2,3	2,1	-	-		
(3) 12:00 – 13:30	1	31,3	61,4	3,4	2,9	2,7	1,1	1,7	Parcialmente Nublado
				0,9	0,7	0,8	1,5	0,3	
				0,5	1,1	-	-	-	
(3) 12:00 – 13:30	2	32,3	59,4	1,7	1,1	1,2	2	2,1	Parcialmente Nublado
				2,7	2,8	2,9	2,3	1,2	
				2,6	1,9	-	-		
(3) 12:00 – 13:30	3	33,1	56,5	2,5	5,4	3,4	2,7	3,4	Nublado
				2,3	3,9	3,1	3,4	3,5	
				4,2	2,6	-	-	-	
(3) 12:00 – 13:30	4	33,1	57,6	0,5	0,8	2	2,5	1,5	Parcialmente Nublado
				0,2	1,7	0,8	0,4	0,9	
				1,1	1,1	-	-	-	

* No período estão incluídos os 15 min para as medições em cada ponto e o tempo de deslocamento.

Trecho 2: Barão entre A. Barroso e J. Paulo II

Período* (h)	DADOS CLIMÁTICOS								
	Ponto	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (m/s²)					Condições do Céu
(1) 08:00 – 09:30	1	29,1	72,6	-	-	-	-	-	Nublado
(1) 08:00 – 09:30	2	29,2	70,1	1,3	1,6	1,3	0,9	0,5	Nublado
				0,5	1,1	1,1	1,2	1,1	
				1,7	1,6	0,7	1,6	2,6	
(1) 08:00 – 09:30	3	30,2	66,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	Parcialmente Nublado
				0,3	0,3	0,7	1,7	1,3	
				0,3	0,8	0,3	1,7	2	
(1) 08:00 – 09:30	4	31,5	66,1	0	0,1	0	0	0	Parcialmente Nublado
				0,5	0,7	1,7	0,7	0,4	
				1,2	0,7	0,4	1,9	0,4	
(2) 10:00 – 11:30	1	32,2	63,5	1,7	0,5	1,9	2,5	2,9	Claro
				0,8	0	0	0	0,3	
				0	0	0,5	1,6	0,2	
(2) 10:00 – 11:30	2	30,6	68,6	1,5	1,1	1,3	2,5	2,8	Claro
				3,4	2,8	3	3	2,4	
				2	2,5	2,9	2,7	2,3	
(2) 10:00 – 11:30	3	31,6	62,6	1,2	0,7	0,4	0,5	0	Parcialmente Nublado
				0,3	1,3	1,5	0,4	0	
				0	0	0	0,2	0,1	
(2) 10:00 – 11:30	4	34	56,9	0	0	0	0,3	0,4	Parcialmente Nublado
				0	0	0,1	0	0,2	
				0,1	0,4	0,5	0,1	0,2	
(3) 12:00 – 13:30	1	32,5	62,8	1,1	0,4	0,2	0,1	0,1	Parcialmente Nublado
				0,5	0,3	0,2	0,8	0,7	
				1,1	1,5	0,3	0	0	
(3) 12:00 – 13:30	2	33,4	53,2	0,1	0,1	0	2,7	2,2	Parcialmente Nublado
				1,6	2,4	1,5	1,6	0,8	
				0,5	1,3	0,2	0,2	0	
(3) 12:00 – 13:30	3	34,7	55,1	0,5	0,7	0,7	1,6	0	Parcialmente Nublado
				0	0,3	1,2	0,4	1,3	
				1,9	2,1	2,3	2	1,3	
(3) 12:00 – 13:30	4	33	58,2	0,1	0,1	0	2,7	2,2	Parcialmente Nublado
				1,6	2,4	1,5	1,6	0,8	
				0,5	1,3	0,2	0,2	0	

* No período estão incluídos os 15 min para as medições em cada ponto e o tempo de deslocamento.

Trecho 3: Angustura entre A. Barroso e R. Maiorana

Período* (h)	DADOS CLIMÁTICOS								
	Ponto	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (m/s ²)					Condições do Céu
(1) 08:00 – 09:30	1	29,9	70	0,2	0	1,6	2,5	1,2	Claro
				1,9	0,8	2,1	0,9	0,1	
				0,9	0	-	-	-	
(1) 08:00 – 09:30	2	30	70	0,1	0	0	0,2	0,9	Claro
				0,1	0,7	0,5	0,8	0	
				0	0,1	-	-	-	
(1) 08:00 – 09:30	3	30,3	69,4	2	1,6	0,7	2,4	1,5	Claro
				1,9	2,1	2,4	1,7	0,9	
				1,3	1,1	-	-	-	
(1) 08:00 – 09:30	4	28,9	72,8	0	0,4	0,9	0,5	1,1	Parcialmente Nublado
				1,7	1,5	1,6	2,3	0,1	
				0,5	0,1	-	-	-	
(2) 10:00 – 11:30	1	30,6	67,3	0,5	1,1	1,6	2,8	0,9	Parcialmente Nublado
				2,2	1,2	1,3	1,1	1,5	
				1,1	1,3	-	-	-	
(2) 10:00 – 11:30	2	30,7	66,5	0,8	1,5	0	1,5	1,7	Claro
				0,9	1,7	0,5	0,4	2,8	
				2	1,2	-	-	-	
(2) 10:00 – 11:30	3	28,7	72,3	3,6	2,2	2,4	2,7	3,2	Parcialmente Nublado
				3,5	2,4	2,3	2,4	2,9	
				2,7	1,7	-	-	-	
(2) 10:00 – 11:30	4	29,4	71,5	0,2	0	3,2	2,2	3	Parcialmente Nublado
				2,4	3,2	1,1	0,7	0,4	
				0,1	0	-	-	-	
(3) 12:00 – 13:30	1	32,2	62,3	2,6	2,3	0,4	0,5	0,8	Nublado
				0,7	1,1	0,5	1,7	0,8	
				0,9	1,5	-	-	-	
(3) 12:00 – 13:30	2	34,5	56,5	0,7	0,1	0,9	0,5	0,5	Parcialmente Nublado
				0,9	2,7	0,5	1,1	1,2	
				0,5	0,3	-	-	-	
(3) 12:00 – 13:30	3	31,9	63,9	1,6	2,4	2,4	2,7	3,2	Claro
				3	2,6	2,7	2,5	2,2	
				2,6	1,7	-	-	-	
(3) 12:00 – 13:30	4	31,5	63,3	2,7	1,5	1,6	3,5	2,2	Claro
				4,6	2,9	1,2	3,7	3,6	
				0,5	1,3	0,2	0,2	0	

* No período estão incluídos os 15 min para as medições em cada ponto e o tempo de deslocamento.

Trecho 4: Angustura entre A. Barroso e J. Paulo II

Período* (h)	DADOS CLIMÁTICOS								
	Ponto	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (m/s²)					Condições do Céu
(1) 08:00 – 09:30	1	27	79,2	0,4	0,8	0,4	0,7	0	Claro
				0	0,2	0	0,1	0,7	
				1,6	1,2	-	-	-	
(1) 08:00 – 09:30	2	29	72,4	1,6	1,3	1,5	1,6	2,3	Claro
				1,9	0,9	0,6	1,3	2,1	
				2,2	3	-	-	-	
(1) 08:00 – 09:30	3	29,7	71,1	1,7	1,9	1,6	1,7	1,1	Claro
				1,2	0,5	0,1	0,7	0,9	
				2,3	1,5	-	-	-	
(1) 08:00 – 09:30	4	32,6	61,3	1,5	0,2	1,3	0,3	1,7	Claro
				2,5	0,9	1,3	1,9	0,3	
				0,3	0,1	-	-	-	
(2) 10:00 – 11:30	1	31,1	64,9	0,7	0,2	0,8	1,5	1,1	Parcialmente Nublado
				0,4	0,9	0,2	1,5	1,9	
				1,2	2,5	-	-	-	
(2) 10:00 – 11:30	2	30,6	66	1,5	2,4	1,5	2	2,6	Parcialmente Nublado
				3	2,3	1,3	2,4	1,6	
				2,1	1,5	-	-	-	
(2) 10:00 – 11:30	3	30,8	65,5	1,2	1,3	2,7	4	1,1	Parcialmente Nublado
				2,2	3,1	1,9	1,7	1,3	
				2,3	4,6	-	-	-	
(2) 10:00 – 11:30	4	31	66	2,1	1,2	2,4	4,3	3	Claro
				1,5	1,5	2,3	1,9	2,1	
				2,5	2,7	-	-	-	
(3) 12:00 – 13:30	1	33	57,9	0,9	1,1	0,8	0,5	0,4	Nublado
				1,3	0,8	0	0,3	0,8	
				1,7	1,2	-	-	-	
(3) 12:00 – 13:30	2	32,4	59,6	1,1	0,7	2,1	0	0,8	Claro
				1,1	1,1	3,2	2,2	3,1	
				1,6	2,1	-	-	-	
(3) 12:00 – 13:30	3	32,1	60,8	2,8	1,5	1,1	1,6	2,3	Parcialmente Nublado
				1,2	0,3	0,3	1,1	1,5	
				1,9	2,4	-	-	-	
(3) 12:00 – 13:30	4	33,8	56,2	1,3	0,1	1,1	3,6	2,1	Parcialmente Nublado
				0,5	1,9	1,9	1,9	2,6	
				2,1	0,5	-	-	-	

* No período estão incluídos os 15 min para as medições em cada ponto e o tempo de deslocamento.