



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
IFG CAMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Samantha Junqueira Moreira

**Monitoramento dos Níveis de Pressão Sonora em Zona de Hospitais na Região
Central de Umuarama – Paraná – Brasil**

Goiânia, 2019

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
IFG CAMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Samantha Junqueira Moreira

**Monitoramento dos Níveis de Pressão Sonora em Zona de Hospitais na Região
Central de Umuarama – Paraná – Brasil**

Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Tecnologia de Processos Sustentáveis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (PPGTPS - IFG) - Dissertação de Mestrado Profissional. Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa. Linha de Pesquisa: Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientadora: Prof. Dra. Warde Antonieta da Fonseca-Zang.

Goiânia, 2019

M8139m Moreira, Samantha Junqueira.
 Monitoramento dos níveis de pressão sonora em zona de hospitais na região Central de Umuarama – Paraná – Brasil / Samantha Junqueira Moreira. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2019.
 151 f. : il.

 Orientadora: Prof^a. Dra. Warde Antonieta da Fonseca-Zang..

 Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Coordenação do Programa de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

 1. Poluição sonora. 2. Ruído. 3. Monitoramento ambiental. I. Fonseca-Zang, Warde Antonieta da (orientadora). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. III. Título.

CDD 629.25

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva Abreu CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do(a) Autor(a): **SAMANTHA JUNQUEIRA MOREIRA**

Matrícula: **20162011140203**

Título do Trabalho: **MONITORAMENTO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EM ZONA DE HOSPITAIS NA REGIÃO CENTRAL DA CIDADE DE UMUARAMA-PR**

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no ReDi/IFG: 30/07/19

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

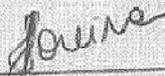
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

GOIÂNIA, 30 DE JULHO DE 2019.


Assinatura do(a) Autor(a) e/ou Detentor dos Direitos Autorais



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
IFG CÂMPUS GOIÂNIA
MESTRADO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Samantha Junqueira Moreira

**“MONITORAMENTO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EM ZONA
DE HOSPITAIS NA REGIÃO CENTRAL DA CIDADE DE UMUARAMA-
PR”**

Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Tecnologia
de Processos Sustentáveis do IFG (PPGTPS - IFG) -
Dissertação de Mestrado Profissional. Área de
Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção
Limpa.
Linha de Pesquisa: Modelagem de Sistemas Ambientais.

Prof(a). Dr(a). WARDE ANTONIETA DA FONSECA-ZANG (presidente e orientadora –
PPGTPS / IFG)

Assinatura W. Fonseca Zang

Prof(a). Dr(a). JOACHIM WERNER ZANG (coorientador – PPGTPS / IFG)

Assinatura J. Zang

Prof(a). Dr(a). CECÍLIA DE CASTRO BOLINA (avaliadora externa – UFG)

Assinatura Cecília de Castro Bolina

Prof(a). Dr(a). REGINA CÉLIA BUENO DA FONSECA (avaliadora – PPGTPS / IFG)

Assinatura Regina C. B. da Fonseca

Aprovado em: 30/07/2019

DEDICATÓRIA

À Deus, minha fortaleza. Aos meus queridos pais, Roxane e Arnaldo, meus irmãos, Nathalia e Arnaldo Júnior, minha sobrinha Maria Eduarda, e ao meu filho de quatro patas, Pablo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me iluminar, abençoar, proteger e por todos os presentes que Vem me ofertando longo de minha vida.

À minha família por apoiarem meus sonhos e me incentivarem a torná-los reais. Obrigada por entenderem os momentos de reclusão, ansiedade e nervosismo. A vocês, todo meu amor!

Meus sinceros e profundos agradecimentos à minha orientadora Professora Dra. Warde Antonieta da Fonseca-Zang, minha admiração e gratidão. Obrigada por toda paciência, confiança, encorajamento e por todo apoio que me deu ao longo do mestrado.

Aos professores Dr. Joachim Werner Zang, Dra. Cecília de Castro Bolina e Dra. Regina Celia Bueno da Fonseca, por terem gentilmente aceitado o convite para serem membros de minha Banca de Qualificação e de Defesa de Mestrado, por suas sugestões e correções pertinentes.

Aos acadêmicos do IFPR, Patrick Renner Gomes de França e Luciene de Almeida Silva, por toda a contribuição com as medições e mapas.

Ao Professor Paulo Henrique Trombeta Zannin pelas sugestões e ideias iniciais quanto ao tema de minha pesquisa.

À Professora Máriam Trierweiler pelas orientações dispensadas e auxílio no trabalho escrito.

À Professora Stella Alonso, pela paciência, dicas, orientações e todo auxílio na análise estatística.

Aos meus amigos Priscila, Helen, Francielle, Lívia, Altair e Marcelus pelo incentivo e toda paciência comigo ao longo do mestrado, e aos que estiveram presentes na defesa, obrigada pelo carinho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Sustentáveis: docentes, e alunos, me auxiliando e apoiando em todo o processo.

À Leila e Kerston, que sempre auxiliaram no que foi possível, até mesmo fora do horário de trabalho.

Ao Professor Dr. Fernando Schimidt, enquanto coordenador do programa, pelas reuniões, conversas e pelo estímulo.

Ao Professor Dr. Wesley Pacheco pelo apoio e oportunidades concedidas.

Aos colegas Jhonatan Junio da Costa e Felipe Luz, pelas orientações iniciais com equipamentos e sugestão de temas na área da acústica.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG) – Campus Goiânia, por ter me oportunizado formação gratuita e de excelência.

À FAPEG pelo apoio financeiro com minha bolsa de mestrado.

Por fim, sou muito grata a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que eu pudesse realizar este trabalho.

TÍTULO: Monitoramento Ambiental dos Níveis de Pressão Sonora e Avaliação dos Impactos Ambientais em Zona de Hospitais na Região Central de Umuarama – Paraná – Brasil

AUTOR: Samantha Junqueira Moreira.

ORIENTADOR: Prof. Dra. Warde Antonieta da Fonseca-Zang.

RESUMO

O desenvolvimento das cidades e o crescimento demográfico têm acarretado, dentre outros problemas, o aumento dos níveis de pressão sonora. A poluição sonora é hoje, depois da poluição do ar, o problema que afeta o maior número de pessoas no mundo, e, diferente de outros tipos de poluição, como as implicações do ruído não são visíveis ou mensuráveis num primeiro momento, seus efeitos não são priorizados e são tidos com menor importância em relação a outros impactos ambientais ou econômicos. Em ambientes hospitalares, níveis sonoros elevados podem resultar em prejuízos nos tratamentos dos pacientes. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que os níveis de ruído não excedam 35 dB (A) nos quartos onde os pacientes estão sendo tratados ou observados e 30 dB (A) nos quartos em que estejam internados. A presente pesquisa tem como objetivo a realização do monitoramento ambiental dos níveis de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) em alguns pontos na circunvizinhança de três hospitais do município de Umuarama- PR, durante a semana, em quatro horários distintos e aos domingos, para comparação com os dias úteis. Para a realização do levantamento de dados foi delimitada uma área, considerando a Zona de Silêncio compreendida pelos três hospitais. Para tanto, buscou-se mapear os níveis de pressão sonora, compará-los à legislação municipal e federal referente ao ruído urbano e relacionar o L_{Aeq} com o volume de tráfego. Os níveis de pressão sonora coletados da área de estudo, nos dias úteis, no período diurno, em média, apresentaram valores entre 54,42 e 68,75 dB(A) e no período noturno, os níveis ficaram entre 52,25 e 67,29 dB(A). Aos domingos, o período diurno apresentou valores entre 50,64 e 66,73 dB(A), e no período noturno, valores entre 48,99 e 63,42 dB(A). A partir de análise estatística, observou-se forte correlação entre o L_{Aeq} e o volume de veículos em todos os pontos analisados. Os resultados obtidos podem nortear alterações no Plano Diretor Urbano, visando o incentivo à inserção barreiras acústicas em região de hospitais, como mecanismo de auxiliar no controle do ruído, alteração na estrutura viária da região, a implantação de plano de arborização urbana e de áreas livres, especialmente em locais com alta densidade urbana, bem como a metodologia proposta pode ser aplicada em regiões com características similares.

PALAVRAS-CHAVE: Hospital. Monitoramento Ambiental. Poluição Sonora. Ruído.

TITLE: Environmental Monitoring of Sound Pressure Levels and Environmental Impacts Assessment in Hospitals in the Central Region of Umuarama - Paraná-Brazil
AUTHOR: Samantha Junqueira Moreira
ADVISER: Warde Antonieta da Fonseca-Zang

ABSTRACT

The city's development and the population growth have caused, among other problems, the increase of the sound pressure levels. Today, after air pollution, the noise pollution is the problem that affects the largest number of people in the world, and, unlike other types of pollution, the effects of noise are not visible or measurable, and they are less important in relation to other environmental impacts or economic impacts. In hospital locations, high sound levels may result in impairment of patient care. The World Health Organization (WHO) recommends that noise levels do not exceed 35 dB (A) in the rooms where patients are being treated or observed and 30 dB (A) in the rooms in which they are hospitalized. The present research has the objective of performing environmental monitoring of equivalent sound pressure levels (SPL) at some points in the neighborhood of three hospitals in the municipality of Umuarama-PR, during the weekdays, at four different times and on Sundays. For the accomplishment of the data collection, an area was delimited, considering the Zone of Silence comprised by the three hospitals. Consequently the map of SPL was compared to municipal and federal urban noise legislation, and the related sound noise descriptors to the traffic volume. The sound pressure levels are, on average, between 54,42 and 68,75 dB(A) and in the night time, the mean levels between 52,25 and 67,29 dB(A). On Sundays, the daytime period is shown to be between 50,64 and 66,73 dB(A), and at night, values between 48,99 and 63,42 dB(A). From the statistical analysis, it was observed strong correlation between the L_{Aeq} and the traffic volume, in all points. The results obtained can also be altered in the Urban Master Plan, aiming to encourage the insertion of acoustic barriers in the hospital region, as a mechanism to noise control, alteration in the road structure of the region, the implementation of urban afforestation plan and free spaces, especially in places with high urban density, as well as the proposed methodology can be applied in regions with similar characteristics.

KEY WORDS: Hospital. Environmental Monitoring. Noise pollution. Noise.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- a) Exemplos de registro de níveis sonoros numa comunidade urbana 1a) à tarde; 1b) à noite.....	35
Figura 2-Representação da sensibilidade de frequência dos animais e do ser humano.	36
Figura 3- Amplitude, comprimento de onda e frequência.....	37
Figura 4- Espectro sonoro da faixa de áudio.....	39
Figura 5- Curva Fletcher-Munson, revisada em 2003 através da ISO 226:2003. A unidade de medida phon é definida a partir da frequência de 1000 Hz e representa toda a curva a qual está associada, sendo 0 phon o limiar da audição.....	41
Figura 6- Gráfico do Ganho (dB) versus Frequência (Hz) das curvas de ponderação A, B, C e D.	41
Figura 7- Propagação sonora no meio urbano.....	44
Figura 8- Mecanismos mais significativos de atenuação sonora ao ar livre.	44
Figura 9- Representação de Fonte Sonora Pontual (a) e Linear (b).	45
Figura 10- Esquema de uma barreira acústica.....	47
Figura 11- Propagação acústica em decorrência da velocidade do vento.	49
Figura 12- (a) Esquema do espaço urbano aberto; (b) espaço urbano fechado.....	51
Figura 13- Classificação das vias (a) Perfil - "U"e (b) Perfil- "L".	51
Figura 14- Exposição da quadra ao ruído de tráfego onde a solução (a) está mais exposta que a (b).	52
Figura 15- Esquema simplificado da matriz de correlação de aspectos e impactos ambientais.....	71
Figura 16- (a) Exemplo de área do município de Vitória- ES; (b) Mapa acústico da área, com a utilização do <i>software</i> Predictor.....	73
Figura 17- Mapa acústico sem a utilização de software acústico.....	73
Figura 18- Cidade de Umuarama.....	75
Figura 19- Localização da área de estudo em relação ao mapa de Umuarama-PR.....	78
Figura 20- Delimitação da área de estudo.	79
Figura 21- Distribuição dos pontos de medição na área de estudo.	80
Figura 22- Equipamentos utilizados nas medições do Nível de Pressão Sonora(NPS): a) Medidor de Nível Sonoro DEC-490 (INSTRUTHERM); b) Calibrador Acústico Cal-4000 (INSTRUTHERM); c) Medidor de Nível Sonoro em procedimento de Calibração.....	85
Figura 23- Esquema do posicionamento do sonômetro para medições de ruído externo. ...	86
Figura 24- Parâmetros de leitura gráfica usados em acústica	87
Figura 25- Mapa de Zoneamento Urbano do município de Umuarama.....	88
Figura 26- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 1.....	90
Figura 27- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 2.....	90
Figura 28- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 3.....	91
Figura 29- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 4.....	92
Figura 30- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 5.....	93
Figura 31- Volumetria espaço acústico encontrado no Ponto 6.....	93
Figura 32- Volumetria espaço acústico encontrado no Ponto 7.....	94
Figura 33- Volumetria espaço acústico encontrado no Ponto 8.....	95
Figura 34- Volumetria espaço acústico encontrado no Ponto 9.....	96
Figura 35- Volumetriado espaço acústico encontrado no Ponto 12.....	96
Figura 36- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 15.....	97
Figura 37- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 10.....	98
Figura 38- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 11.....	99
Figura 39- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 14.....	100

Figura 40- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 13.	100
Figura 41-Mapa de altura das edificações da área delimitada.....	102
Figura 42- Mapa da hierarquia viária, da área de estudo.....	105
Figura 43- Mapa acústico da média obtida para o turno diurno, considerando os três horários de medição, nos dias úteis.	120
Figura 44- Mapa acústico do turno noturno, nos dias úteis.....	121
Figura 45- Mapa acústico do turno noturno, aos domingos.	121
Figura 46- Mapa acústico do turno diurno, aos domingos.	122
Figura 47- Dispersão e regressão linear para L_{Aeq} em função do volume de veículo total, para as três Zonas de Silêncio: do Hospital A, B e C, no turno diurno, nos dias úteis.	124
Figura 48- Dispersão e regressão linear para L_{Aeq} em função do volume de veículo total, para as três Zonas de Silêncio: do Hospital A, B e C, no turno noturno nos dias úteis.	124
Figura 49- Dispersão e regressão linear para L_{Aeq} em função do volume de veículo total, para as três Zonas de Silêncio: do Hospital A, B e C, no turno diurno aos domingos.....	126
Figura 50- Dispersão e regressão linear para L_{Aeq} em função do volume de veículo total, para as três Zonas de Silêncio: do Hospital A, B e C, no turno noturno aos domingos.....	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Relação entre pressão sonora absoluta (Pa) e nível de pressão sonora (dB).....	38
Tabela 2- Ajustes dos níveis baseados nas categorias de fonte sonora e período do dia.	63
Tabela 3- Nível de Critério de Avaliação para Ambientes Externos, em dB (A).	65
Tabela 4- Limites máximos de sons e ruídos permissíveis para Umuarama-PR.	67
Tabela 5- Características do município de Umuarama-PR.	76
Tabela 6- Vias de localização dos pontos de medição e suas respectivas latitudes e longitudes, em UTM.....	80
Tabela 7- Dias de medições acústicas e de tráfego, durante a semana.....	81
Tabela 8- Resumo das características geométricas e morfológicas da área estudada.	101
Tabela 9- Parâmetros meteorológicos de Umuarama no período da coleta de dados.	104
Tabela 10- Características viárias da área de estudo, com tipo de via, fluxo, tipo de controle e velocidade média permitida.	106
Tabela 11- Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno diurno (horário 07h00-09h00) nos dias úteis.	107
Tabela 12- Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno diurno (horário 11h30-13h30) nos dias úteis.	107
Tabela 13- Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno diurno (horário 17h00-19h00) nos dias úteis.	108
Tabela 14- Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno noturno (horário 21h00-23h00) nos dias úteis.	109
Tabela 15- Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno noturno (horário 07h00-09h00) aos domingos.	109
Tabela 16- Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno diurno (horário 17h00-19h00) aos domingos.	110
Tabela 17- Média da contagem veicular aos dias úteis, no turno diurno e noturno por categoria (M=motos; VL= veículos leves; VP= veículos pesados; VT= veículos totais).	111
Tabela 18- Média da contagem veicular aos domingos, no turno diurno e noturno por categoria (M=motos; VL= veículos leves; VP= veículos pesados; VT= veículos totais).	111
Tabela 19- Dados acústicos por Zona de Silêncio, referentes ao turno diurno, no horário das 07h00 min- 09h00 min.	113
Tabela 20- Dados acústicos por Zona de Silêncio, referentes ao turno diurno, no horário das 11h30 min- 13h30 min.	114
Tabela 21- Dados acústicos por Zona de Silêncio, referentes ao turno diurno, no horário das 17h00 min- 19h00 min.	115
Tabela 22- Média do L_{Aeq} (L_{Aeq}), erro relativo entre as amostragens (erro), nível de pressão sonora corrigido (L_c) e comparação com a NBR 10151/2000 e LC nº065/1999 da PMU, referente ao turno diurno nos dias úteis.	116
Tabela 23- Média do L_{Aeq} (L_{Aeq}), erro relativo entre as amostragens (erro), nível de pressão sonora corrigido (L_c) e comparação com a NBR 10151/2000, referente ao turno noturno nos dias úteis.	117

Tabela 24- Média do L_{Aeq} (L_{Aeq}), erro relativo entre as amostragens (erro), nível de pressão sonora corrigido (L_c) e comparação com a NBR 10151/2000, referente ao turno noturno aos domingos.....	118
Tabela 25- Média do L_{Aeq} (L_{Aeq}), erro relativo entre as amostragens (erro), nível de pressão sonora corrigido (L_c) e comparação com a NBR 10151/2000, referente ao turno diurno aos domingos.....	118
Tabela 26- Média do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) por ponto de medição, média da quantidade de veículo total, e o logaritmo dos veículos totais, para o turno diurno e noturno, nos dias úteis.	123
Tabela 27- Média do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) por ponto de medição, média da quantidade de veículo total, e o logaritmo referente aos veículos totais, para o turno diurno e noturno, aos domingos.	125
Tabela 28- Equações resultantes dos testes de regressão linear para cada Zona de Silêncio estudada e seu respectivo coeficiente de determinação (R^2), para os turnos diurno e noturno, em dias úteis.	127
Tabela 29- Equações resultantes dos testes de regressão linear para cada Zona de Silêncio estudada e seu respectivo coeficiente de determinação (R^2), para os turnos diurno e noturno, em domingos.	127

LISTA DE QUADROS

Quadro 01- Classificação e características das vias.	53
Quadro 02 - Parâmetros morfológicos coletados da área.	83
Quadro 03- Classificação das vias do município de Umuarama e suas funções.	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
dB (A)	Decibel Ponderado na Curva A
EIV	Estudo de Impacto de Vizinhança
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LC	Lei Complementar
NBR	Norma Brasileira
NC	Curvas de Avaliação de Ruído
NCA	Nível de Critério de Avaliação
NPS	Nível de Pressão Sonora
OMS	Organização Mundial da Saúde
PMU	Prefeitura Municipal de Umuarama
PR	Paraná
SEAMA	Secretaria Municipal Agricultura e Meio Ambiente de Umuarama
SPL	<i>Sound Pressure Level</i>
SUS	Sistema Único de Saúde
SIMEPAR	Sistema Meteorológico do Paraná
ZCS-1	Zona de Comércio e Serviços- 1
ZS	Zona de Silêncio

LISTA DE SÍMBOLOS

d	- Distância entre a fonte sonora e o ponto de medição
dB	- Decibéis
$dB(A)$	- Decibéis ponderados em A
f	- Frequência da onda sonora
h	- Altura
i	- inclinação
L_i	- Nível de Pressão Sonora
L_{eq}	- Nível de Pressão Sonora Equivalente
L_{Aeq}	- Nível de Pressão Sonora Equivalente ponderado em A
L_{tot}	- Nível de Pressão Sonora Total
L_{Amax}	- Nível de Pressão Sonora Máximo registrado, ponderado em A
L_{Amin}	- Nível de Pressão Sonora Mínimo registrado, ponderado em A
L_c	- Nível de Ruído Corrigido
m/s	- Metros por segundo
m^2	- Metros quadrados
n	- Número total de medições registradas
P	- Valor de Pressão Eficaz
P_0	- Pressão Sonora de Referência
Hz	- Hertz
Km/h	- Quilômetros por hora
Km^2	- Quilômetros quadrados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	28
1.1	JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DA PESQUISA	30
1.2	OBJETIVOS	32
1.2.1	<i>OBJETIVO GERAL</i>	32
1.2.2	<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	32
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	33
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	34
2.1	SOM E RUÍDO	34
2.2	DESCRITORES SONOROS	35
2.2.1	<i>FREQUÊNCIA E ONDAS SONORAS</i>	35
2.2.2	<i>INTENSIDADE SONORA</i>	37
2.2.3	<i>NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (NPS)</i>	38
2.2.4	<i>CURVAS DE PONDERAÇÃO</i>	40
2.2.5	<i>NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE</i>	42
2.2.6	<i>NÍVEIS ESTATÍSTICOS</i>	42
2.3	PROPAGAÇÃO SONORA AO AR LIVRE	43
2.3.1	<i>DISTÂNCIA PERCORRIDA PELO SOM</i>	45
2.3.2	<i>RECOBRIMENTO DO SOLO</i>	46
2.3.2	<i>CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS</i>	48
2.4	FORMA URBANA E COMPORTAMENTO DO SOM	50
2.5	CARACTERÍSTICAS DE TRÁFEGO	52
2.6	RUÍDO AMBIENTAL EM REGIÃO DE HOSPITAIS	54
2.7	EFEITOS DO RUÍDO: EFEITOS DO RUÍDO NO SER HUMANO	57
2.7.1	<i>EFEITOS DO RUÍDO NO MEIO AMBIENTE</i>	60
2.8	ASPECTOS NORMATIVOS	61
2.8.1	<i>NORMA INTERNACIONAL ISO 1996</i>	62
	ISO 1996-1	63
	ISO 1996-2	64
2.8.2	<i>NBR 10151</i>	64
2.8.3	<i>RESOLUÇÕES DO CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE</i>	65
	Resolução nº001 de 08/03/1990 do CONAMA	65
	Resolução nº 002 de 08/03/1990 do CONAMA	66
2.8.4	<i>LEGISLAÇÃO NO ÂMBITO MUNICIPAL (UMUARAMA-PR)</i>	66
2.8.5	<i>CÓDIGO DE TRÁNSITO BRASILEIRO</i>	68
2.9	AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA	68
2.9.1	<i>Avaliação de impactos ambientais relacionado ao ruído</i>	68
2.9.2	<i>MONITORAMENTO AMBIENTAL</i>	71
2.9.3	<i>MAPEAMENTO ACÚSTICO</i>	72
3	METODOLOGIA	75
3.1	A CIDADE DE UMUARAMA-PR	75
3.2	LEVANTAMENTO DE DADOS	77
3.2.1	<i>Localização da área de estudo</i>	77
3.2.2	<i>Seleção dos pontos de medição</i>	79
3.2.3	<i>Período de medições</i>	81
3.3	PARÂMETROS COLETADOS NAS MEDIÇÕES	82
3.3.1	<i>Parâmetros Geométricos/ Morfológicos</i>	82
3.3.2	<i>Parâmetros meteorológicos</i>	83
3.3.3	<i>Parâmetros de tráfego veicular</i>	84
3.3.4	<i>Parâmetros acústicos</i>	84
3.4	TRATAMENTO DE DADOS	87
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	88
4.1	PARÂMETROS GEOMÉTRICOS/ MORFOLÓGICOS	88
	<i>Zona de Silêncio do Hospital A</i>	89
	<i>Zona de Silêncio do Hospital B</i>	94
	<i>Zona de Silêncio do Hospital C</i>	98
4.2	PARÂMETROS METEOROLÓGICOS	104

4.3 PARÂMETROS DE TRÁFEGO VEICULAR	104
4.4 PARÂMETROS ACÚSTICOS	112
4.4.1 Mapeamento acústico da área de estudo	119
4.4.2 Correlação entre níveis de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) e tráfego veicular	123
5 CONCLUSÕES	129
6 RECOMENDAÇÕES	131
7 REFERÊNCIAS	132
ANEXOS	141
APÊNDICES	143

1 INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, o ruído já podia ser considerado, sem dúvida, um problema ambiental para o ser humano. Aproximadamente 600 anos a.C, na cidade de Síbaris na Itália antiga, foi estabelecido um dos primeiros exemplos de norma em relação ao ruído numa comunidade, isso porque os ferreiros e carpinteiros que trabalhavam lá foram transferidos para fora da cidade pois o barulho que produziam era irritante (CEJA, 2017).

Nesse mesmo sentido, na Roma antiga foi proibido o tráfego noturno de modo a controlar o ruído emitido pelas rodas de ferro dos vagões que atingiam as pedras do pavimento, perturbando o sono dos romanos. Também em algumas cidades de Europa medieval não foi autorizado usar carruagens ou andar durante a noite com a intenção de assegurar o descanso da população (CEJA, 2015; ZAJARKIEWICCH, 2010).

Esses sons perturbadores, dissonantes, desagradáveis, chamados de ruído, foram multiplicados com o advento da Revolução Industrial, adquirindo proporções antes inimagináveis. O moinho de vento e a roda hidráulica foram substituídos por uma nova fonte de energia, com a máquina a vapor, no início do século XVIII. Foi o motor a vapor que impulsionou motores para bombeamento de água e transporte, e impulsionou a indústria têxtil (ZAJARKIEWICCH, 2010).

Depois disso tem-se o motor elétrico, a combustão, e o ruído foi terrivelmente ampliado, e agora, não mais restrito à perturbação do sono.

Os problemas do ruído no passado em nada se comparam com os problemas da sociedade moderna. Um grande número de carros transitam regularmente por nossas cidades e campo, caminhões com motores diesel de carga pesada, sem silenciadores adequados, circulam nas cidades e estradas, dia e noite. Aeronaves e trens também contribuem com grande parte do ruído ambiental (ZAJARKIEWICCH, 2010; CEJA, 2015).

A modificação da paisagem sonora está muito relacionada com a história da humanidade, mais especificamente com a história evolutiva dos centros urbanos. A poluição sonora é hoje a segunda maior fonte de poluição ambiental, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2011), precedida apenas pela poluição do ar. O ruído antrópico projeta-se com aumento significativo nas últimas décadas, acompanhando a expansão urbana (BALZAN, 2011; CAORSI, 2017).

Nos últimos anos, várias pesquisas indicaram que uma das principais fontes da poluição sonora é o tráfego rodoviário (WHO, 1999; WHO, 2011; ZANNIN *et al.*, 2001; ZANNIN *et al.*, 2002; ZANNIN *et al.*, 2003; PETIAN, 2008; ÇOLAKKADIOĞLU *et al.* 2018), isto porque os meios de transporte estão presentes em toda parte, e nas 24 horas do dia,

incomodando assim, um maior número de pessoas. De acordo com Freitas (2006) o ruído do tráfego de veículos advém dos motores, do choque das peças e do escapamento de veículos, do atrito do pneu com o pavimento, entre outros.

A OMS define ruído ambiental como “Ruído emitido de todas as fontes, exceto ruído no local de trabalho industrial”. A Diretiva 2002/49 da União Europeia define ruído ambiental como “som externo indesejado ou prejudicial criado por atividades humanas, incluindo o ruído de estradas, caminhos- de- ferro, aeroportos e instalações industriais” (WHO, 2011).

As pesquisas sobre o ruído ambiental vêm aumentando e ganharam importância significativa devido os efeitos que acometem as pessoas, as implicações econômicas que representam, e, os impactos negativos no meio ambiente em geral (OROZCO, 2008 *apud* CEJA, 2015; BALZAN, 2011), principalmente depois da Conferência de Estocolmo, em 1972, pois antes os trabalhos acadêmicos limitavam-se a pesquisar os problemas diretos do ruído na saúde ocupacional e medicina do trabalho (PALMA, 2018).

Os efeitos do ruído não são visíveis ou mensuráveis em um primeiro momento, por isso seus efeitos não são priorizados ou tem menos importância em relação a outros impactos ambientais ou econômicos. A exposição à poluição sonora pode trazer uma série de problemas e os seres humanos que sofrem exposição crônica estão conscientes de sua presença (SPAKE, *et al.*, 1994 *apud* SOARES, 2013).

Avaliando os níveis de poluição sonora na Europa Ocidental, a OMS quantificou a perda de anos de vida saudável em decorrência da exposição ao barulho. O impacto das doenças foi calculado numa medida única, que soma os anos de vida perdidos por mortalidade prematura e os anos vividos sofrendo de incapacidade decorrente da má saúde. Os resultados estimam que pelo menos 1 milhão de anos de vida saudável são perdidos a cada ano na Europa Ocidental devido a efeitos na saúde, em consequência da exposição apenas ao ruído ambiente provocado pelo tráfego rodoviário (OMS, 2011; FERREIRA, 2016).

No Brasil, o ruído ambiental não tem recebido atenção adequada, devido, principalmente, pela ausência de uma política nacional efetiva de controle de ruído urbano, possuindo apenas pesquisas conduzidas normalmente em grandes centros urbanos, normalmente capitais, tais como: Belém, Belo Horizonte, Curitiba, Porto Alegre, Florianópolis e São Paulo (ZANINN *et al.*, 2003; ZANINN *et al.*, 2005; MORAES; LARA, 2005; MORAES, 2006; CALIXTO, 2002; FRITSCH, 2006; GUEDES, 2005; NARDI, 2008).

Neste sentido, o monitoramento ambiental somado ao mapeamento acústico são importantes ferramentas para a identificação de áreas ambientalmente sensíveis ao som indesejado, como os centros urbanos (VIEIRA JR, 2011; COSTA, 2015). Ainda que os mapas de ruído sejam uma forma nova ainda, são ferramentas cada vez mais utilizadas por gestores

públicos, principalmente na Europa. É um instrumento de sensibilização e planejamento urbano, devido sua forma clara de identificação da problemática que é o ruído em certas áreas urbanas (VIEIRA JR, 2011).

Grande parte da literatura mostra que os níveis de ruído que diariamente as pessoas estão submetidas, ultrapassam os valores estabelecidos pela legislação vigente, a NBR 10151/2000, que estabelece nível de critério de avaliação (NCA) tanto para o turno diurno quanto noturno, de acordo com o tipo de área de ocupação. Porém, os estudos no Brasil, e, especificamente no município de Umuarama, em áreas próximas a hospitais ainda são escassos.

As reclamações em relação ao ruído urbano, proveniente do excessivo número de veículos, casas noturnas, igrejas ou templos têm aumentado a cada dia (CARVALHO, 2010; SOARES, 2013). O aumento da poluição sonora passou a constituir um dos graves problemas ambientais, que não pode ser visto, mas está presente diariamente nos centros urbanos, e os estudos governamentais, instrumentos públicos de controle e gerenciamento de ruído são ainda muito precários, sendo basicamente a problemática estudada apenas em âmbito acadêmico (ZANNIN *et. al.*, 2011; SOARES, 2013).

1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DA PESQUISA

O adensamento urbano, além de provocar o já conhecido efeito das ilhas de calor, que resulta em microclimas desconfortáveis à população, reduzindo a eficiência energética das edificações devido à necessidade de climatização artificial, também gera, além de possíveis danos estruturais em edificações, ocasionados pela energia vibratória e ruídos (DE SOUZA *et al.*, 2015) vários efeitos negativos no ser humano e meio ambiente em geral.

No ambiente urbano, o ruído é oriundo de diversas fontes, de modo que a mais recorrente delas é o tráfego de veículos, visto que o número de veículos cresce cada vez mais nas cidades (MELO *et al.*, 2010).

Umuarama conta com uma grande frota, de 84.733 veículos (IBGE, 2018). Em diversos pontos da cidade são observados níveis de ruído elevados, chegando até mesmo a 82,23 dB(A) na região central, em Zona Sensível de escolas, como apresentou Marques (2010) em sua pesquisa. E mesmo o município apresentando um plano diretor recente (PMU, 2018), não há estudos municipais com monitoramento ou mapeamento de ruído ou até mesmo um programa de educação ambiental relacionada à problemática.

A cidade destaca-se entre os municípios circunvizinhos, principalmente na área da saúde, pois possui grandes hospitais que atendem pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Assim

como outras cidades de porte médio no Brasil, as consequências da falta de planejamento já vêm sendo sentidas pela comunidade. Em diversos pontos da cidade são detectadas áreas de conflito entre uso do solo e os níveis de pressão sonora permitidos. Edificações que abrigam hospitais, escolas, clínicas escritórios e grandes conjuntos habitacionais encontram-se em áreas ruidosas, permeadas por vias arteriais.

Os imóveis mais valorizados na área central da cidade são os localizados nas esquinas e é justamente nesses locais, onde são produzidos os mais altos índices de poluição sonora (FREITAS, 1990), característica dos três hospitais que encontram-se na área de estudo desta pesquisa.

E embora existam vários estudos sobre urbanização na área hospitalar, ainda há poucos dados técnicos, e a aplicação das normas de conforto acústico nos hospitais é praticamente inexistente, seja no interior dos edifícios hospitalares como nas vias que os circundam. Ao analisar a literatura, verificaram-se poucos estudos relacionados ao ruído urbano no entorno de áreas hospitalares, especificamente no caso de enfermarias localizadas próximas às vias de tráfego (SOUZA, 2011).

Em ambientes hospitalares, níveis sonoros elevados podem resultar em prejuízos nos tratamentos dos pacientes. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que os níveis de ruído não excedam 35 dB (A), nos quartos onde os pacientes estão sendo tratados ou observados e 30 dB (A) nos quartos em que estejam internados (CUNHA; SILVA, 2015). A aquisição de um ambiente calmo e agradável pode beneficiar tanto o paciente como a equipe hospitalar em seu trabalho, visto que os profissionais de saúde apresentarão menos cansaço e menos estresse psicológico e os pacientes sofrerão menos danos psicológicos e fisiológicos tendo uma recuperação mais rápida (PEREIRA *et al.*, 2003). As implicações de níveis elevados de ruído são significativas para pacientes, visitantes e funcionários do hospital (BUSCH-VISHNIAC *et al.*, 2005).

Nesse sentido, este trabalho visou a realização do monitoramento ambiental dos níveis de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}), em alguns pontos na circunvizinhança de três hospitais do município de Umuarama-PR, nos meses de agosto, setembro e novembro de 2018, nos períodos matutino, vespertino e noturno, durante a semana e aos domingos. A escolha da área mostrou-se de grande relevância, principalmente por existirem poucas publicações com referências a pesquisa de ruído ambiental em áreas hospitalares, em especial em cidades de porte médio¹, e no Brasil.

¹ De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) as cidades de porte médio são aquelas com população entre 100 mil e 500 mil habitantes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Monitorar no ambiente os níveis de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) na circunvizinhança de três hospitais do município de Umuarama-PR.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as principais fontes de ruídos nas áreas de maior e menor intensidade sonora na área de estudo;
- Caracterizar o entorno da área;
- Medir os níveis de pressão sonora próximo de 03 hospitais da cidade de Umuarama, em diferentes dias da semana e aos finais de semana;
- Contabilizar o número de veículos no momento das medições;
- Comparar os resultados encontrados com a Legislação Vigente (NBR 10.151/2000 e LC nº065/1999 da Prefeitura Municipal de Umuarama);
- Elaborar mapa acústico da área delimitada;
- Calcular a correlação entre o volume de veículos e o nível de pressão sonora equivalente;
- Fornecer subsídios ao meio técnico e à população para mitigação dos efeitos.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação foi estruturada em seis capítulos, descritos a seguir:

Na Introdução são apresentadas a justificativa do tema, objetivos e a estrutura da dissertação. Na segunda parte, a Fundamentação Teórica, onde são apresentados os aspectos teóricos que regem o som, suas propriedades e termos técnicos relacionados com medições dos níveis de pressão sonora, normativas relacionadas ao tema, definições de monitoramento ambiental, mapeamento acústico, avaliação de impactos ambientais e os efeitos da poluição sonora no ser humano e no meio ambiente em geral. Na terceira parte encontra-se a Metodologia, seguido da parte de Resultados e Discussão. Na quinta parte encontram-se as Conclusões e, por último, as Recomendações da pesquisa. No Anexo A encontram-se os certificados de calibração dos instrumentos utilizados na pesquisa, e nos Apêndices, encontram-se dados referentes a frota do município de Umuarama e outros, e também dados detalhados do levantamento acústico e contagem veicular realizada, por dia de medição.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SOM E RUÍDO

De acordo com a NBR 12.179/1992, o som é definido como toda e qualquer vibração ou onda mecânica que se propaga num meio dotado de forças internas (por exemplo, elástico, viscoso), capaz de produzir no homem uma sensação auditiva. Também pode ser definido como a ocorrência de um distúrbio que se propaga por um meio elástico (ar, água, concreto ou qualquer outro meio sólido, líquido ou gasoso) causando uma alteração na pressão do meio e um deslocamento em torno do ponto de equilíbrio das partículas, que pode ser reconhecido por uma pessoa ou por um instrumento (EVEREST, 2001), ou seja, é a sensação produzida no sistema auditivo, ocasionada pelo fenômeno vibratório das partículas, resultante das variações da pressão no ar geradas por ondas sonoras. Vieira (2018) explica que sem um meio, o som não pode se propagar, pois não existe propagação sonora no vácuo.

São extensas as discussões sobre a diferenciação entre som e ruído. Alguns autores definem o ruído como sendo todo e qualquer som indesejável (SINGAL, 2005; TRIPATHY, 2008; COSTA, 2015) ou perturbação ao sistema auditivo (GERGES, 2006; VELOZO, 2014). Outros autores definem ruído como a combinação de movimentos oscilatórios que, ao se combinarem, resultam em oscilações desarmônicas (PAZ, 2004; KINSLER *et al.*, 2000; BISTAFA, 2011). A distinção entre som e ruído, pode estar na percepção subjetiva das pessoas ou no espectro da onda sonora emitida, porém, do ponto de vista físico, não há distinção entre som e ruído (CONCHA-BARRIENTOS, 2004; GIUNTA, 2013; COSTA, 2015).

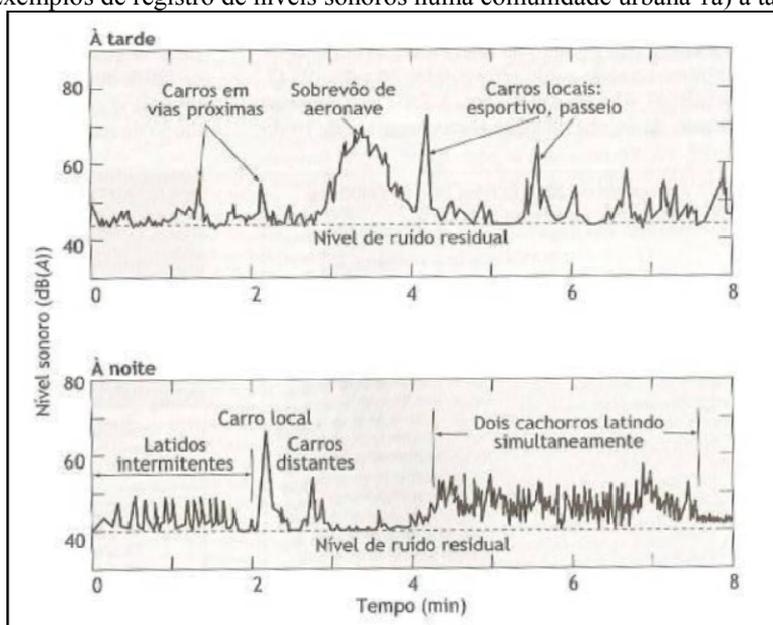
Nas cidades, o ruído pode ser emitido por diversas fontes simultâneas, causando a degradação da qualidade ambiental. Nesse caso atribui-se o termo ruído urbano ou ambiental àquele resultante da superposição de ruídos de origens diversas, como os provenientes do tráfego de veículos, indústrias e outras atividades humanas em geral (GIUNTA, 2013).

A Figura 1 apresenta exemplos de registros de níveis sonoros numa comunidade urbana.

Já o ruído de fundo refere-se àquele ruído total de todas as fontes que não sejam a fonte de interesse de estudo (VIEIRA, 2018). Pode ser também denominado ruído ambiente, e é conhecido como todo o ruído que, presente em um determinado recinto, não diz respeito ao objeto de apreciação ou medição. O ruído de fundo não deve jamais mascarar o sinal de interesse (ZANNIN, 2002).

Dessa forma, o ruído é caracterizado pela existência de muitas amplitudes e frequências ocorrendo ao mesmo tempo de maneira não harmônica, enquanto que o som se caracteriza por poucas amplitudes e frequências, na maioria das vezes harmônicas (EVEREST, 2001; KINSLER *et al.* 1982; CALIXTO, 2002; VIEIRA, 2018).

Figura 1- a) Exemplos de registro de níveis sonoros numa comunidade urbana 1a) à tarde; 1b) à noite



FONTE: BISTAFA, 2006, p.105

2.2 DESCRITORES SONOROS

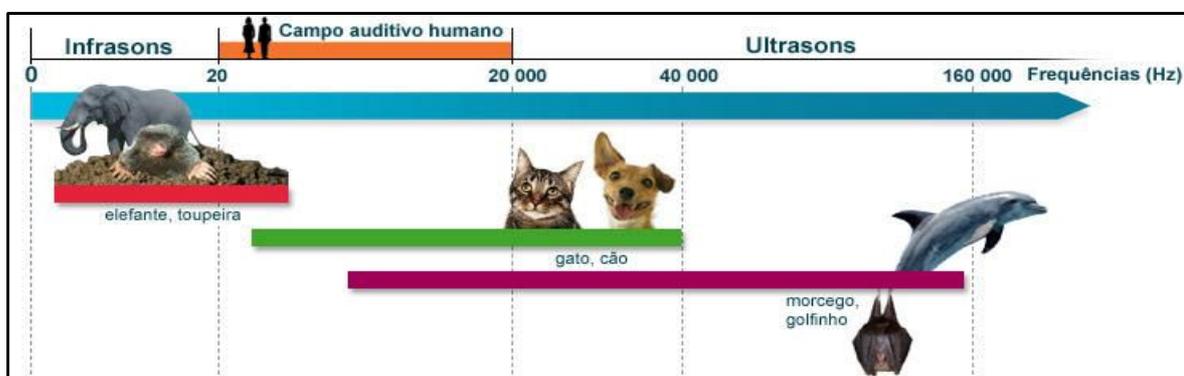
2.2.1 FREQUÊNCIA E ONDAS SONORAS

Frequência (f) é o número de oscilações completadas executadas por uma onda sonora, em segundo. Sua unidade é ciclos por segundo, ou Hertz (Hz) (BISTAFA, 2011).

Os sons do cotidiano dificilmente são de única frequência, ou tom puro, pois geralmente são uma composição de tons puros em diversas frequências, como é o caso do ruído ambiental no meio urbano. É analisando o espectro sonoro do som que é obtido o valor da pressão sonora para cada frequência (GIUNTA, 2013).

Em média, os seres humanos são capazes de escutar sons com frequências entre 20Hz e 20kHz², constituindo esta a gama audível de frequências, onde abaixo de 20Hz estão situados os infrassons e acima de 20KHz estão situados os ultrassons (Figura 3) (VELOZO, 2014; BRANDÃO, 2016). Por exemplo, os sons resultantes do deslocamento de uma onda de pressão de um terremoto possuem uma frequência tão baixa (abaixo de 20Hz) que o ser humano é incapaz de percebê-los, e, no entanto, os instrumentos os registram (BARRETO, 2007). O ouvido possui maior sensibilidade às frequências médias, entre 1.000 e 4.000 Hz onde se encaixa, a voz humana, por exemplo. A variação da sensibilidade auditiva depende da amplitude da onda sonora (BRANDÃO, 2016). Para reproduzir esta sensibilidade utiliza-se o decibel corrigido com um filtro de ponderação de frequências dB(A) (NARDI, 2008).

Figura 2-Representação da sensibilidade de frequência dos animais e do ser humano.



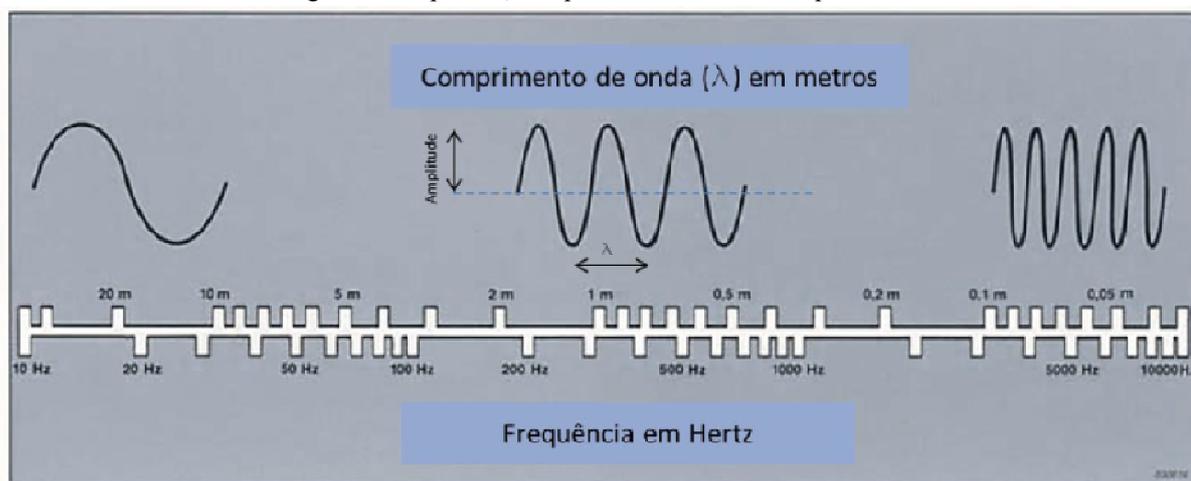
FONTE: Domínio Público (GOOGLE, 2018).

Sons com frequências baixas são entendidos como sons graves, como o bumbo de uma bateria e o baixo de uma orquestra. Já os sons com frequências altas, são entendidos como sons agudos, como o violino de uma orquestra, por exemplo. A voz de um homem é, em geral, considerada mais grave que a voz de uma mulher (BRANDÃO, 2016).

A Figura 3 ilustra os componentes das ondas mecânicas sonoras, cujos elementos são a amplitude (distância de pico ou de vale em relação a um referencial comum), comprimento de onda (distância entre picos ou vales), e a frequência, que indica o número de ocorrências de picos e vales em determinado espaço de tempo (GABURRO, 2016).

² A faixa de frequência entre 20 Hz e 20KHz pode ser afetada com a idade do ser humano.

Figura 3- Amplitude, comprimento de onda e frequência.



FONTE: adaptado de BRUEL & KJÆR (1984).

Bistafa (2011) explica que uma onda sonora apresenta algumas particularidades: altura, intensidade e timbre. A altura da onda permite diferenciar um som grave de um agudo. Baixas frequências permitem que se escute um som grave, enquanto altas frequências geram um som agudo. A intensidade sonora corresponde à energia da onda, podendo ser associada à amplitude da mesma. Já o timbre é a característica que permite diferenciar sons de mesma altura e intensidade, emitidos de fontes sonoras diferentes.

2.2.2 INTENSIDADE SONORA

A intensidade sonora representa a energia acústica e pode ser definida como o fluxo contínuo de energia carregado pela onda sonora através de uma área em um ponto no espaço.

Como o som é um quantidade tridimensional, é preciso levar em conta a área quando se fala em transmissão de energia, isto é, é necessário definir uma quantidade em termos de watts por unidade de área. Essa quantidade é chamada de intensidade sonora, que fornece uma medida da densidade da potência de um som propagando em uma direção particular (BISTAFA, 2011). Por isso, a intensidade é expressa em escala logarítmica, e pode ser medida em W/m^2 ou decibels. Nesse último caso, chama-se de nível de intensidade (equação 1).

$$NIS = 10 \log \log \frac{I}{I_0} \quad (\text{decibels}) \quad (1)$$

Em que:

I é a intensidade acústica em W/m^2

I_0 é a intensidade acústica de referência = $10^{-12} W/m^2$

2.2.3 NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (NPS)

O NPS é a medida física preferencial para caracterizar a sensação subjetiva de intensidades de sons, e para facilitar a leitura e a manipulação dos dados, utiliza-se a unidade Decibel (dB). O nível de pressão sonora (NPS) representa, portanto, a variação da pressão atmosférica. São essas flutuações que o ouvido ou os microfones detectam (GIUNTA, 2013).

O NPS é proporcional ao quadrado da intensidade do som e pode ser descrito através da equação 2.

$$L = 20 \log \left(\frac{P}{P_0} \right) = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \quad (2)$$

Em que:

$P_0 = 2,00 \times 10^{-5}$ Pa ou 20 μ Pa é a pressão sonora de referência, para um som tonal³ de 1000 Hz

P é o valor eficaz da pressão em Pascal

A Tabela 1 apresenta a relação entre a pressão sonora absoluta, em pascal, e o nível de pressão sonora, em decibéis, relacionados a algumas situações cotidianas.

Tabela 1- Relação entre pressão sonora absoluta (Pa) e nível de pressão sonora (dB).

Pressão Sonora (Pa)	Nível de Pressão Sonora (dB)	Situação	Descrição Subjetiva
2×10^{-5}	0	Limiares Auditivos	Muito silencioso
2×10^{-4}	20	Floresta com ventos suaves	
2×10^{-3}	40	Biblioteca	Silencioso
2×10^{-2}	60	Escritório, restaurante	Barulhento
2×10^{-1}	80	Rua movimentada	
2×10^0	100	Sirene, Martelo Pneumático	Muito barulhento
2×10^1	120	Jato durante decolagem, show de rock	
2×10^2	140	Limiar da dor, Perda de Audição	Intolerável

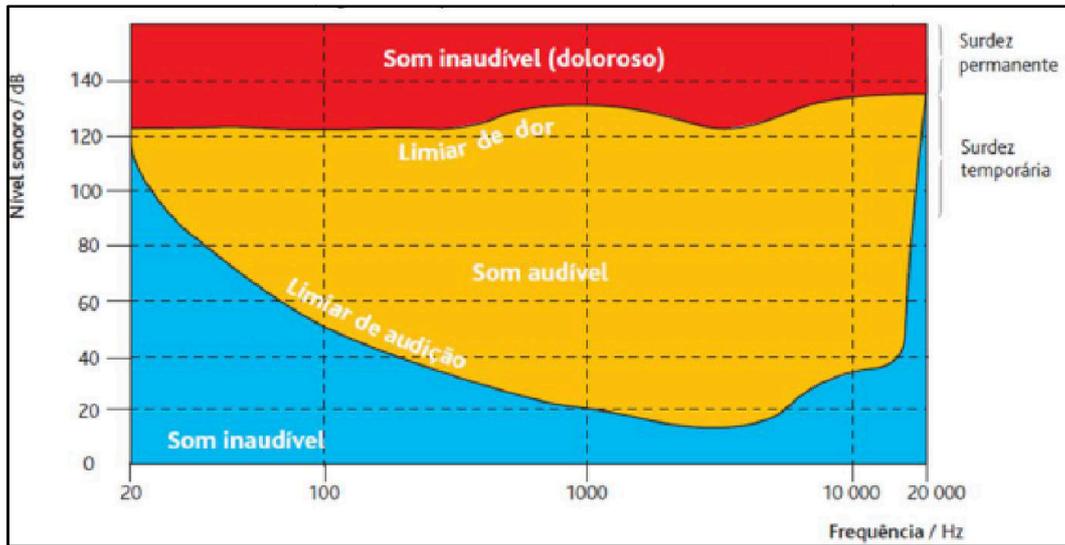
Fonte: Costa (2015); Vieira (2018), adaptado pela autora.

O intervalo de intensidades sonoras ao qual o ouvido humano é sensível é muito grande, sendo que o ouvido humano possui um limite inferior (limiar da audição), abaixo do

³ Som Tonal é o tipo de som com tons puros ou, de frequência única.

qual o som não é escutado, e um limite superior (limiar da dor), acima do qual a amplitude da onda sonora provoca a sensação de dor, sem causar danos físicos. Ao limiar da audição atribui-se o valor de zero decibéis (0 dB) ou $P_0=2 \times 10^{-5}$ Pa, e ao limite superior, $P=2 \times 10^2$ Pa (Figura 4).

Figura 4- Espectro sonoro da faixa de áudio.



FONTE: Moura (2013) apud Gaburro (2016).

A um som 10 vezes mais intenso que o limiar da audição, é atribuído um valor de 10 dB, 20 dB para um som 100 vezes mais intenso, 30 dB para 1000 vezes mais intenso, e assim sucessivamente (NARDI, 2008). Para sons de uma mesma frequência, pode-se dizer que quanto maior é a intensidade, mais alto é o som (MOORE, 1988 *apud* GIUNTA, 2013).

Uma atenção especial deve ser dispensada ao somatório dos níveis de pressão sonora quando há mais de uma fonte produzindo o ruído, pois a soma dos níveis não é feita algebricamente. O nível de pressão sonora total é calculado utilizando-se a equação (3) (COSTA, 2015):

$$L_{tot} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \quad (3)$$

Em que:

L_{tot} representa o nível de pressão sonora total;

N é o número total de fontes incoerentes com nível de pressão sonora L_i .

Por exemplo, para o caso de três fontes incoerentes produzindo NPS de 60 dB, o L_{tot} será de 64,8 dB e não 180 dB, que seria o resultado da soma algébrica do NPS das três fontes (COSTA, 2015).

2.2.4 CURVAS DE PONDERAÇÃO

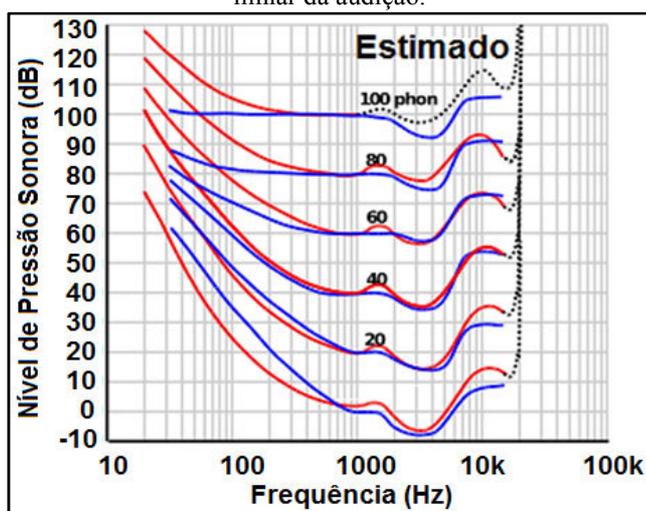
Para uma análise acústica, são usados os sonômetros ou aparelhos de medições sonoras, conhecidos vulgarmente no Brasil como decibelímetros. Esse instrumento possui filtros que analisam o espectro sonoro por meio de faixas de frequências, chamadas de bandas de frequência, que possuem larguras pré-definidas e normalizadas (BISTAFA, 2011; GIUNTA, 2013). Os filtros podem ser de banda larga ou estreita. Os filtros de 1/1 oitava e 1/3 oitava são exemplos de filtros de banda larga (GERGES, 1992; GIUNTA, 2013).

Para cada frequência o ouvido humano também responde de forma diferente, e como já visto, é mais sensível a frequências mais altas (agudas). A percepção subjetiva do som é chamada em acústica de *loudness*, é medida em *phon* e representa a audibilidade de um determinado som e não está associada somente ao NPS (MÖSER, 2009). A análise do *loudness* é bastante complexa, devido a relação com a individualidade de cada ser humano, porém, pesquisas realizadas chegaram a valores estatísticos que verificaram que essa percepção está associada a fatores como a frequência do som e a largura de banda.

Fletcher & Munson (1933) estabeleceram uma curva para definir essa relação e, em 2003, a Organização Internacional de Padronizações⁴ refez as curvas de Fletcher-Munson (ISO, 2003), conforme pode ser mostrado na Figura 5, com um acréscimo dos limites principalmente para as frequências mais graves. As curvas originais obtidas em 1933 estão em linha azul, enquanto as revistas pela ISO 226:2003 estão em linha vermelha (COSTA, 2015).

⁴ Em inglês: *International Organization for Standardization - ISO*

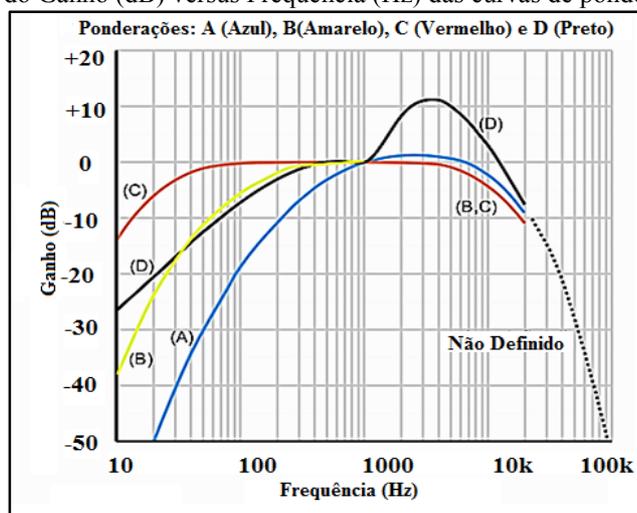
Figura 5- Curva Fletcher-Munson, revisada em 2003 através da ISO 226:2003. A unidade de medida phon é definida a partir da frequência de 1000 Hz e representa toda a curva a qual está associada, sendo 0 phon o limiar da audição.



FONTE: COSTA (2015).

Os sonômetros utilizam também filtros ponderadores, sendo eles do tipo A, B, C e D. Os filtros são usados em função dos níveis de ruído que serão analisados, para que a medição represente melhor a sensibilidade auditiva (SOUZA *et al.*, 2006; GIUNTA, 2013). O filtro ponderador "A" representa a resposta do sistema auditivo para níveis sonoros moderados, utilizado para medições no ambiente urbano (GIUNTA, 2013), medições de conforto acústico de salas e medições no ambiente de trabalho, por exemplo. As normas NBR 10151 e NBR 10152 determinam que os aparelhos sejam ajustados para medições na curva A (COSTA, 2015). Os filtros B, C e D são utilizados para ruídos mais elevados, sendo o "D" específico para aeroportos (GIUNTA, 2013). As curvas de ponderação estão representadas na Figura 6.

Figura 6- Gráfico do Ganho (dB) versus Frequência (Hz) das curvas de ponderação A, B, C e D.



FONTE: COSTA (2015).

2.2.5 NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE

Para realizar a avaliação das condições no meio urbano, a NBR 10151/2000 normaliza os parâmetros de medições para o ruído ambiental, aplicando o conceito de nível de pressão sonora equivalente ponderado em "A" [Leq (A)] ou L_{Aeq} , no local e horário considerados (GIUNTA, 2013).

Devido à diversidade nos tipos de equipamentos a ABNT normatizou um procedimento simplificado para o cálculo do L_{Aeq} , descrito a seguir, conforme equação 4:

$$L_{Aeq} = 10 \log \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad (4)$$

Em que:

L_{Aeq} [dB(A)] designa o nível de pressão sonora equivalente ponderado em A;

L_i é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida a cada 5 s, durante o tempo de medição do ruído;

n representa o número total de medições registradas.

2.2.6 NÍVEIS ESTATÍSTICOS

Além do nível $L_{eq (A)}$, outros parâmetros acústicos são utilizados no auxílio da avaliação do ruído ambiental, destacando-se os níveis estatísticos L_{10} , L_{50} e L_{90} .

L_{10} é o nível sonoro que foi excedido em 10% do tempo de medição e permite identificar o ruído de pico ;

L_{50} é o nível sonoro que foi excedido em 50% do tempo de medição, permitindo identificar o ruído mediano;

L_{90} é aquele em que foi excedido em 90% do tempo de medição e é um indicador do ruído de fundo (BISTAFA, 2011). Considera-se ruído de fundo o nível sonoro que se mantém sem redução durante um intervalo de tempo de medição.

O valor de Leq também pode ser obtido através dos níveis estatísticos, conforme as equações 5 e 6:

$$Leq \cong L50 + \frac{(L10-L90)^2}{60} \quad (5)$$

$$Leq \cong L50 + \frac{(L10-L50)^2}{15} \quad (6)$$

Segundo Bistafa (2006), os níveis estatísticos são geralmente utilizados para avaliar ruídos do sistema de transporte, como o ruído de tráfego veicular.

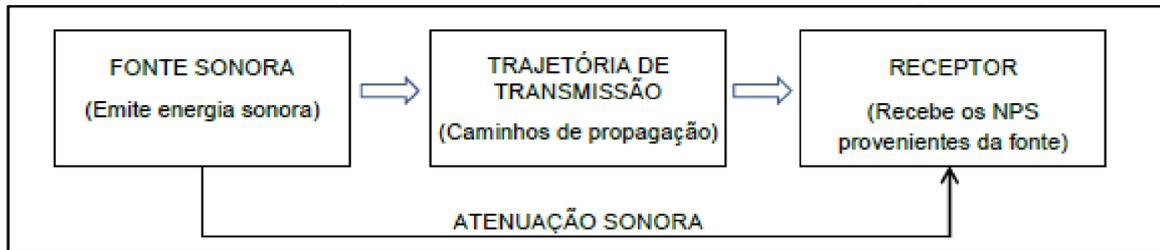
Gerges (2000) afirma que, em análises de ruído ambiental, o nível estatístico L_{10} representa o ruído de tráfego veicular. Segundo Bruel & Kjaer (2000), uma boa correlação entre o L_{10} e o L_{Aeq} pode simplificar as análises, possibilitando a utilização de apenas este último como descritor sonoro, quando o ruído de tráfego veicular for a componente preponderante do ruído ambiental.

Já Torija *et al.* (2006) e Torija; Ruiz; Ramos (2007) demonstraram que dependendo da situação de cada medição, outros descritores podem representar melhor o ruído de tráfego veicular. Torija; Ruiz; Ramos (2007) perceberam que em medições com duração superior a uma hora, o L_{Aeq} , o L_{10} podem sofrer maior interferência de eventos anômalos (alarmes, sirenes, frenagens bruscas, ruído de escapamentos com defeito, etc). Tais eventos anômalos podem interferir de modo significativo no L_{10} , uma vez que são eventos de curta duração e eventuais. Neste caso, para medições com mais de uma hora, é indicado usar os descritores L_{90} e L_{99} , por apresentarem maior grau de correlação com o fluxo de tráfego veicular do que os descritores que representam os picos de ruído (L_1 e L_{10}) e o L_{Aeq} . Já Torija *et al.* (2006) encontrou como melhor descritor de tráfego rodoviário, em medições de uma hora de duração, o L_{50} .

2.3 PROPAGAÇÃO SONORA AO AR LIVRE

Dentre os meios de propagação sonora, destaca-se a propagação sonora ao ar livre, que envolve, normalmente, três componentes: a fonte sonora, a trajetória de transmissão e o receptor. A partir da emissão, o nível de pressão sonora decai à medida em que o som se propaga por uma trajetória até chegar ao receptor (BISTAFA, 2011) (Figura 7).

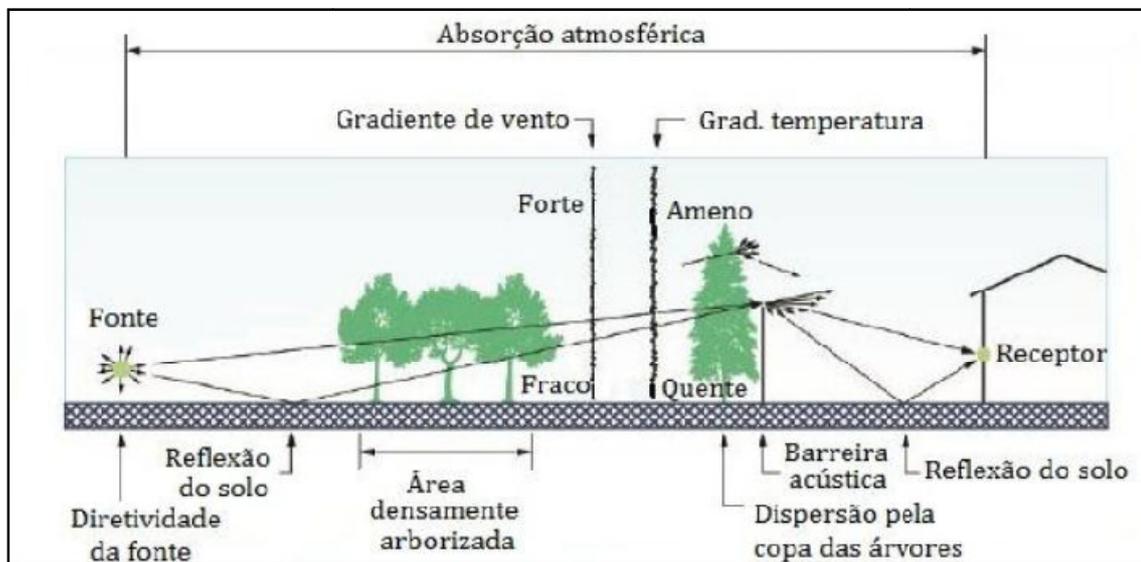
Figura 7- Propagação sonora no meio urbano



FONTE: BRASILEIRO (2017).

A propagação ao ar livre é afetada por fatores como: distância percorrida, absorção atmosférica, reflexões, efeito da vegetação, da topografia do terreno, barreiras acústicas, espelhamento e também pelas variações das condições atmosféricas, como umidade relativa do ar, temperatura e ventos (GERGES, 1992 *apud* GIUNTA, 2013; BRASILEIRO, 2017). Bistafa (2011) acrescenta ainda outros dois mecanismos de atenuação, o proveniente de edificações e a absorção do solo (Figura 8).

Figura 8- Mecanismos mais significativos de atenuação sonora ao ar livre.



FONTE: ANDERSON; KURZE *apud* BISTAFÁ (2011).

Na trajetória sonora no meio urbano, a interação das ondas sonoras e as superfícies urbanas pode provocar reflexão ou absorção, causando intensificação ou redução da energia sonora (GIUNTA, 2013).

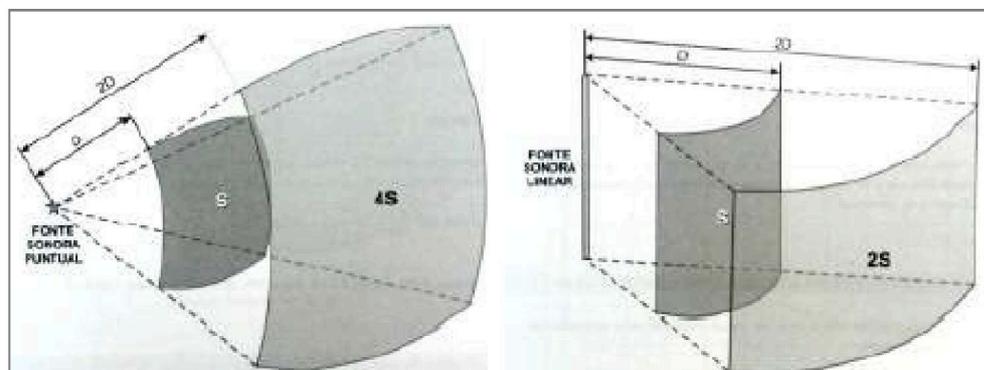
Como as tipologias dos perfis das vias apresentam frequentemente edificações de ambos os lados, há tendência de intensificação sonora no ambiente urbano. Essa intensificação pode levar à reverberação, ou seja, quando existe um pequeno intervalo de tempo em que, mesmo a fonte sonora cessando, sua emissão, o som, continua perceptível (GIUNTA, 2013). Picaut *et al.* (2005) observaram um aumento no tempo de reverberação com o aumento da distância entre a fonte sonora e receptor.

2.3.1 DISTÂNCIA PERCORRIDA PELO SOM

A atenuação do nível sonoro com a distância depende da distribuição das fontes de ruído. Dentre essas fontes, destacam-se a pontual simples e a linear (GERGES, 2000).

- Fonte pontual simples: sabendo que a propagação sonora é esférica e que a área da esfera corresponde ao quadrado do raio, ao dobrar a distância (raio), a área sonora será aumentada na proporção de quatro vezes, isto é, a pressão sonora varia com o inverso do quadrado da distância (VALLE, 2009). Conseqüentemente, na medida em que a distância entre a fonte e o receptor dobra, haverá uma atenuação sonora na ordem de 6dB (SOUZA *et al.*, 2012) (Figura 9a).
- Já na fonte linear, como o som não se dissipa na vertical, a área sonorizada varia na razão direta da distância e não de seu quadrado, como na pontual. Portanto, o decaimento será de apenas 3dB para cada duplicação da distância (VALLE, 2009) (Figura 9b).

Figura 9- Representação de Fonte Sonora Pontual (a) e Linear (b).



FONTE: VALLE, 2009.

Cortês (2013) afirma que para atenuação do ruído urbano é importante aumentar ao máximo a distância entre as vias de tráfego (fonte sonora) e o alinhamento dos prédios (receptor). Na área de estudo desta pesquisa, a fonte sonora proveniente dos veículos automotivos configuram-se próximas ao receptor (vias alinhadas com as edificações).

2.3.2 RECOBRIMENTO DO SOLO

O sons podem ser atenuados no meio urbano, seja pela distância no percurso, seja pela absorção sonora que pode ocorrer em vários elementos das superfícies das cidades (GIUNTA, 2013).

Os solos possuem duas propriedades acústicas: a amplificação sonora e a atenuação. Aqueles acusticamente duros, como asfalto, terra batida, água e solo inundado, caracterizam-se por apresentar amplificação sonora média de aproximadamente 3dB(A) em relação ao som direto. Por outro lado, solos macios, como terra arada ou aerada, neve, solos fissurados, vegetação e pisos emborrachados possuem maior índice de absorção, apresentando atenuação sonora significativa, podendo chegar de 30 a 40dB(A) nas médias frequências, em alguns casos (BISTAFA, 2011). Niemeyer e Santos (2011) recomendam o uso de vegetação nos solos de calçadas, recuos e taludes para esse fim. Simões e Villanova (2009) verificaram que recuos de jardim pavimentados não proporcionam a atenuação esperada pela distância, devido às reflexões sonoras no material pouco absorvente dos pisos que reforçam o som direto. Já recuos com jardins, calçadas e canteiros podem atenuar até 5,9 dB (A).

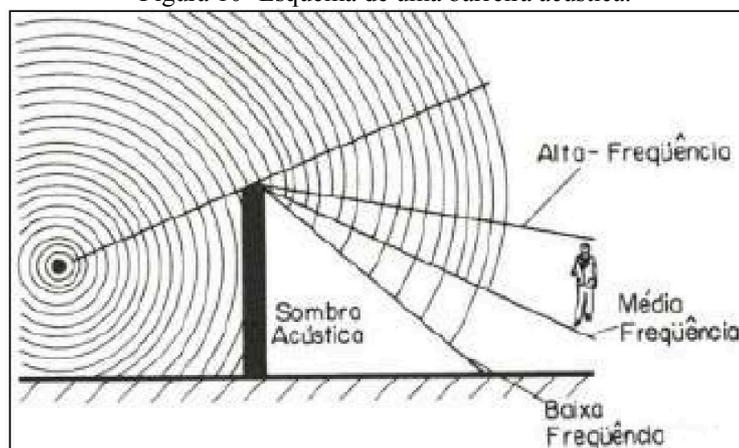
Em geral, os materiais utilizados para recobrimento do solo nos centros urbanos apresentam características refletoras, contribuindo para o aumento dos níveis sonoros nas cidades. Murgel (2000) afirma que a principal origem do ruído de pneus é o constante golpear da superfície deste com a rugosidade do solo, e que quanto menor a rugosidade do pavimento, menos golpes ocorrem, sendo menores tanto a vibração quanto o nível de ruído. Pavimentos asfálticos defeituosos, por apresentarem alta rugosidade, geram maior nível de ruído (PETIAN, 2008).

2.3.3 BARREIRAS ACÚSTICAS

Conceitua-se barreira acústica como sendo qualquer anteparo que impede a visão entre a fonte e o receptor, causando atenuações sonoras por meio da difração. O uso das barreiras é bem variado, a exemplo da instalação ao longo de autoestradas, como forma de atenuar os ruídos de tráfego, sejam eles provenientes dos veículos automotivos, das máquinas de construção, dos geradores ou transformadores (GERGES, 2000).

As barreiras acústicas apresentam maior eficiência no bloqueio das altas frequências, em virtude do pequeno comprimento de onda. Já para as baixas frequências, cujo comprimento de onda é grande, seria necessária a construção de barreiras com alturas muito maiores do que as utilizadas para essa finalidade (VALLE, 2009) (Figura 10).

Figura 10- Esquema de uma barreira acústica.



FONTE: GERGES, 2000.

Além da altura da barreira e do comprimento de onda, existem outros aspectos que influenciam sua eficiência: proximidade em relação à fonte ou ao receptor- quanto mais próximo da fonte, maior será a capacidade de atenuação sonora; massa da estrutura- elementos mais sólidos são mais eficientes, pois vibram menos; estanqueidade- a barreira deve ser hermética para evitar que os sons de baixa frequência se propaguem por pequenas aberturas; considerações de aspectos subjetivos- o acesso visual à fonte pode influenciar na percepção do ruído; movimentação do ar- a incidência do vento pode reduzir a eficiência da barreira, pois poderá penetrar som na área de sombra acústica⁵ (BRASILEIRO, 2017).

Em alguns casos, a exemplo da aplicação de barreiras para proteção contra ruído de tráfego, é difícil obter-se valores de atenuação superiores a 10dB (BRASILEIRO, 2017).

⁵ A sombra acústica é resultante da interação do feixe de som com um limite acústico altamente refletivo

Os ruídos urbanos podem ser minimizados através de barreiras, como muros, taludes, elementos verticais, pelo conjunto de edificações do local. Malafaia *et al.* (2005) enfatizam a importância das barreiras acústicas, e sendo esta barreira de vegetação, deve haver um cinturão com não menos de 15 metros de largura, e sua funcionalidade dependerá da distância da fonte sonora (BISTAFA, 2011). Em outra pesquisa, de Lisot *et al.* (2009), obtiveram atenuação do ruído de 9,4 dB(A) a cada trinta metros de largura de vegetação. A vegetação densa, denominada cinturão verde, posicionada entre a fonte sonora e o receptor funciona como uma barreira acústica vazada, capaz de atenuar o ruído, por meio da absorção e espalhamento do som. Sendo assim, cada elemento da vegetação que compõe o cinturão verde possui um desempenho acústico específico. Enquanto a folhagem, os pequenos ramos e arbustos têm a propriedade de absorver o som, os troncos, ramos grandes e folhagem densa espalham as ondas sonoras (BISTAFA, 2011; BRASILEIRO, 2017).

Ainda acerca de barreira acústica de vegetação, de acordo com Bistafa (2011) para que seja desempenhado o papel de isolante acústico, ela deve apresentar as seguintes características: largura: superior a 15 metros; localização: o cinturão deve estar locado mais próximo da fonte sonora; altura: as árvores deverão elevar-se pelo menos 5 metros acima da linha de visão para que atue como barreira acústica; configuração do plantio- a vegetação deve ser densa caracterizada pelo impedimento de visualização da fonte pelo receptor, de forma a evitar a ocorrência de propagação sonora entre as árvores.

Por outro lado, Souza *et al.* (2012) comentam que o acesso visual à fonte sonora influencia na percepção do ruído. Apesar de apresentar pequena eficiência sonora, a vegetação pode causar efeito psicológico favorável (GERGES, 2000).

Em meio a essa abordagem, assim como questionado por Brasileiro (2017) em sua pesquisa, levanta-se o seguinte questionamento: a vegetação presente na Zona de Hospitais de Umuarama desempenha papel atenuador sonoro ou causam apenas efeitos psicológicos na percepção do ruído proveniente das vias?

2.3.2 CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

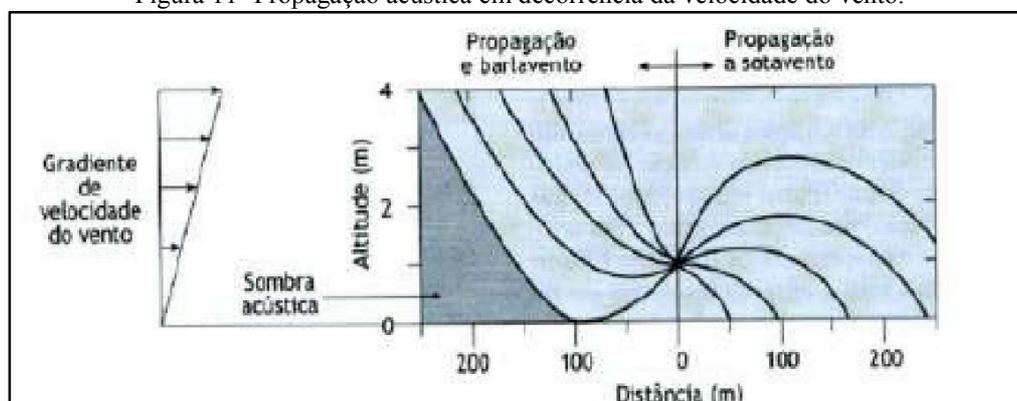
Conforme Silva (2011) as condições meteorológicas, em especial gradientes de vento e temperatura, influenciam diretamente o desempenho das ondas sonoras. Através do ar atmosférico uma pequena atenuação pode ocorrer pela própria absorção que o ar pode causar no som. A temperatura do meio também pode interferir na propagação sonora, pois variando-se o nível térmico do ar, altera-se a densidade do meio, conseqüentemente modificando a velocidade de propagação do som (BISTAFA, 2011). Assim, temperaturas elevadas causam

maior velocidade na propagação sonora, provocando a mudança de direção da frente de onda, empurrando-a na direção do solo. Ao contrário, sob temperaturas amenas, afastam-se do solo, criando nele sombras acústicas (GERGES, 1992 *apud* GIUNTA, 2013; BRASILEIRO, 2017).

O movimento do ar pode intensificar ou atenuar o som, intensificando o ruído se o sentido de propagação da onda é igual ao sentido do movimento do ar, ou reduzindo, caso for contrário.

É importante destacar que quanto maior a altura em relação ao solo, maior será a velocidade de propagação, pois nas proximidades da superfície existem obstáculos que tendem a reduzir a velocidade de propagação do ar (BRASILEIRO, 2017), conforme ilustra a Figura 11.

Figura 11- Propagação acústica em decorrência da velocidade do vento.



FONTE: BISTAFA, 2011.

A combinação dos efeitos de temperatura e velocidade do ar gera as seguintes relações: quando o gradiente de temperatura for positivo, o som sofrerá efeito aditivo de velocidade; quando o gradiente de temperatura for nulo, apenas prevalecerá o efeito de vento; e quando o gradiente de temperatura for negativo, a combinação dos dois efeitos (vento e temperatura) tendem a se somar ou a se anular (SILVA, 2011).

De acordo com a norma ISO 1996-1/2003 os níveis sonoros são afetados pelas condições meteorológicas e, segundo ISO 1996-3/1987, as alterações nas mesmas podem afetar os níveis acústicos caso a distância entre a fonte sonora e o receptor seja superior a 30 m (BALZAN, 2011). A ISO 1996-2/2007 recomenda que sejam descritas as condições meteorológicas como velocidade e direção dos ventos, cobertura de nuvens, temperatura, umidade relativa do ar e ocorrência de precipitação. Além disso, a NBR 10151/2000 recomenda

que não devem ser efetuadas medições na existência de interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza, como trovões e chuvas fortes.

Palhares *et al.* (1996) afirmam em seu estudo que as condições de temperatura e umidade relativa do ar devem estar entre os limites de 10° a 35° e 40% a 90%.

2.4FORMA URBANA E COMPORTAMENTO DO SOM

O desenho urbano possui papel fundamental na propagação sonora nas cidades. Os índices de aproveitamento, perfil das vias, recuos, materiais utilizados e diversos outros fatores podem influenciar na propagação sonora. Neste sentido, é interessante que sejam realizados levantamentos geométricos relativos ao ponto de medição e ao ambiente construído em que se insere, como: largura da via, declividade da via, altura média das edificações que margeiam a via, distância entre as fachadas dessas edificações e distância do ponto de medição até a fachada mais próxima (VALADARES,1997).

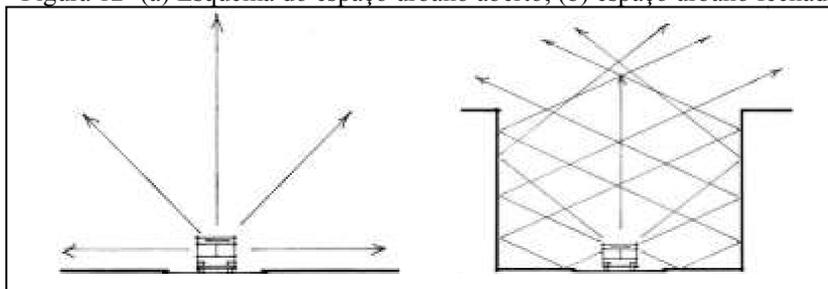
Valadares (1997) também afirma que quanto maior a relação entre altura das edificações pela distância entre elas (h/d), maior é a possibilidade das reflexões sonoras entre as fachadas interferirem no nível de ruído às margens da via. E quando esta relação (h/d) é maior que 1, caracteriza-se o efeito cânion, que pode gerar incrementos significativos nos níveis de ruído (TORIJA; RUIZ; RAMOS, 2007), fato comumente encontrado em centros históricos de antigas cidades e em áreas de urbanização recente, onde a verticalização das edificações é estimulada.

Vias de tráfego intenso normalmente são cercadas por edificações em altura, e os materiais construtivos utilizados nos revestimentos de fachadas (vidro, reboco liso, concreto ou cerâmica) possuem baixo coeficiente de absorção, o que contribui para o aumento das reflexões sonoras (BALZAN, 2011).

Devido todas essas influências, o planejamento urbano é fator de grande importância nas questões da poluição sonora, podendo muitas vezes evitar ou minimizar os níveis de ruído, a partir de decisões projetuais (GIUNTA, 2013).

A configuração urbana determina o tipo de espaço acústico, que, por sua vez, classifica-se em espaço aberto ou fechado. Enquanto o espaço aberto caracteriza-se pelo estabelecimento de um campo sonoro direto, em que a fonte se dispersa pela atmosfera sem voltar (Figura 12a); o espaço fechado provoca inúmeras reflexões e, por consequência, o nível de pressão sonora decai lentamente (Figura 12b).

Figura 12- (a) Esquema do espaço urbano aberto; (b) espaço urbano fechado.

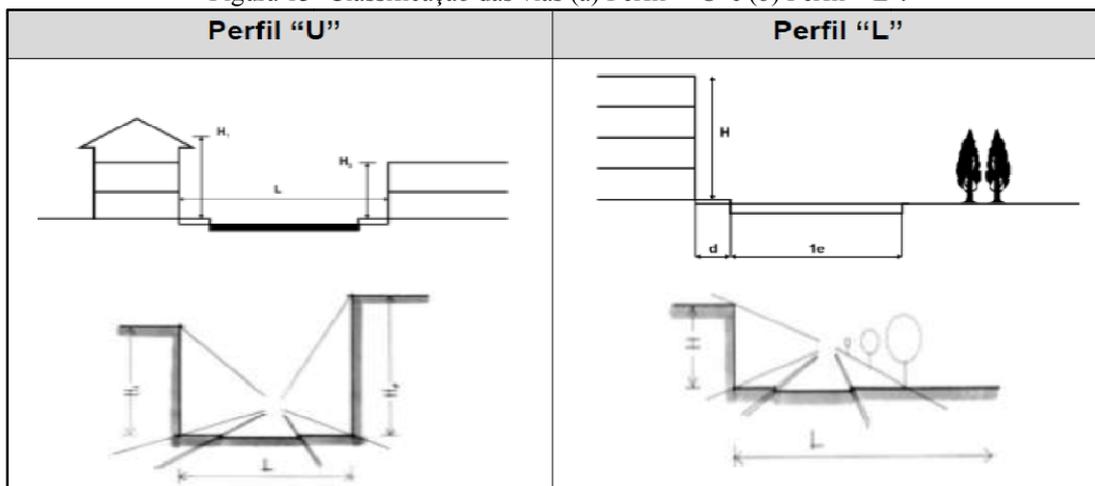


FONTE: Brasileiro (2017), adaptado pela autora.

No espaço aberto, as ondas sonoras emitidas por um veículo em circulação, não encontram obstáculos, resultando numa redução relativamente rápida dos níveis de pressão sonora, uma vez desaparecida a fonte que as originou (NIEMEYER, 2007; PÉREZ, 2009; BRASILEIRO, 2017). Já no espaço fechado, os edifícios localizados nas margens das estradas resultam em dois fenômenos sonoros, quais sejam: i) Dificultam ou, em muitos casos, impedem a propagação das ondas sonoras, modificando os níveis sonoros existentes na parte posterior dos edifícios; ii) Proporcionam múltiplas reflexões entre as fachadas dos edifícios, aumentando o nível de pressão sonora. Esse fenômeno, conhecido como efeito cânone, pode provocar o aumento dos níveis de ruído em até 5dB(A) (NIEMEYER, 2007; PÉREZ, 2009; BRASILEIRO, 2017).

Além das características apresentadas, de acordo com as características geométricas, as ruas apresentam duas configurações básicas, perfil em "U" ou perfil em "L" (Figura 13-a e 13-b).

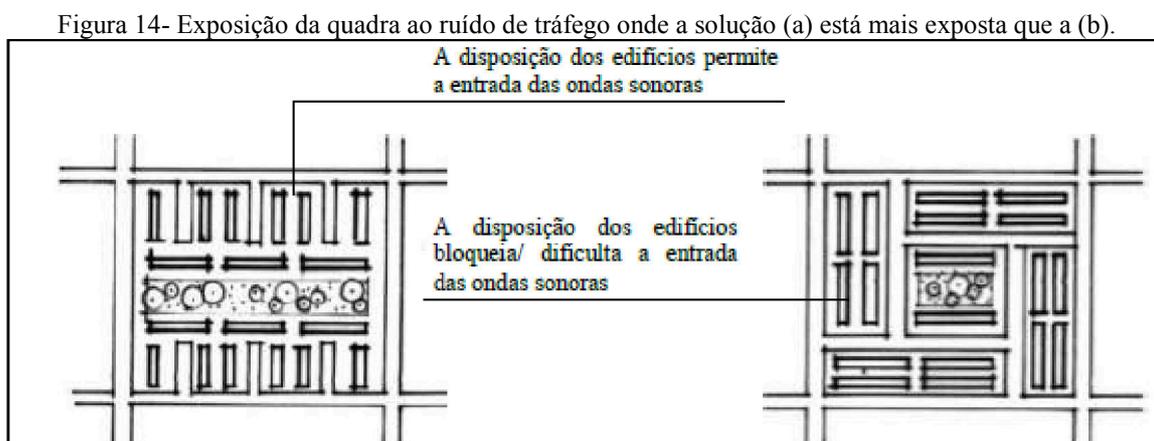
Figura 13- Classificação das vias (a) Perfil - "U" e (b) Perfil- "L".



FONTE: Brasileiro (2017), adaptado pela autora.

A rua perfil em "U" apresenta o campo sonoro reverberante, com a existência de diversas reflexões provenientes das fachadas das edificações, como pode ser visto na Figura xx. Em geral, o NPS em andares superiores é maior que nos andares inferiores. Já o perfil em "L" possui campo sonoro direto, com reflexões simples. O NPS é reduzido na medida em que o receptor se distancia da fonte sonora.

Sendo o quarteirão o local da recepção sonora, é importante destacar que a distribuição das edificações em seu interior resultará em maior ou menor exposição do ruído urbano. Isso acontece porque essa distribuição determina os caminhos por onde as ondas sonoras se propagam (Figura 14).



FONTE: GUEDES (2005), adaptado por BRASILEIRO (2017).

2.5 CARACTERÍSTICAS DE TRÁFEGO

Para levantamentos de ruído de tráfego veicular, a norma ISO 1996-2/2007 determina que todos os veículos em tráfego devem ser contados, durante todo o período de medição acústica. A contagem de veículos deve ser realizada de modo a diferenciar, pelo menos duas categorias, veículos leves e pesados, sendo os veículos pesados aqueles que excedem 3.500 kg de massa (ônibus e caminhões).

Nagem (2004) sugere que as motocicletas sejam separadas de veículos leves, por emitirem ruído diferenciado de carros, caminhões ou outros veículos.

Para melhor compreensão do processo de propagação das ondas sonoras no espaço urbano, Brasileiro (2017) apresenta em sua pesquisa as características presentes na malha urbana que influenciam diretamente na distribuição e percepção sonora.

A via, que é o espaço reservado ao deslocamento motorizado ou pista para a circulação de veículos, é classificada de acordo com o Código Brasileiro de Trânsito da seguinte maneira (BRASIL, 2008): vias de trânsito rápido, arteriais, secundárias ou coletoras e vias de distribuição ou locais.

O Quadro 01 contém informações específicas de cada tipo de via, a natureza do tráfego e suas características geométricas.

Quadro 01- Classificação e características das vias.

Tipo de via	Natureza do tráfego	Características geométricas
Via de trânsito	Tráfego circulante com velocidade elevada, superior a 60 km/h, com: a) circulação regular, grande quantidade de veículos por hora, com saturação frequente em horários de pico; b) grande quantidade de veículos pesados, durante 24 horas; c) forte tráfego noturno.	a) Pouco acesso secundário; b) Presença frequente de um canteiro central intransponível; c) Grandes raios de curvatura e inclinações limitadas inferiores a 7%; d) Vias de 3,5m de largura, Margens livres (taludes inclinados ou muros ou em caso de vias em trincheiras); e) Construções geralmente afastadas dezenas de metros das vias.
Via arterial	a) Tráfego circulante com velocidade média (em torno de 60 km/h); b) Circulação relativamente regular e fluida nas seções, com aparecimento de turbulência (acelerada ou desacelerada) a 200m de cruzamentos; c) Grande quantidade de veículos em horários médios e saturação frequente em horários de pico.	a) Acessos secundários possíveis; b) Ausência de canteiro intransponível; número elevado de vias; c) cruzamento em nível com sinais para trocas com outras vias; d) construções nas proximidades das vias.
Via secundária	a) Velocidade limitada a 60 km/h; b) Circulação do tipo acelerada, com alterações e frenagens; c) Poucos veículos pesados; d) Circulação conflitante de motos, pedestres, veículos.	a) Acessos secundários possíveis em todos os pontos; b) possibilidade de estacionamento; c) curvas fechadas para evitar velocidades elevadas; d) número de vias limitada, duas ou três vias; e) cruzamentos numerosos; f) construções contínuas de um lado e do outro.

Continuação: Quadro 01- Classificação e características das vias.

Tipo de via	Natureza do tráfego	Características geométricas
Via de distribuição	a) Tráfego circulando à fraca velocidade; b) Todos os tipos de circulação: veículos leves, motocicletas e pedestres; c) Muito poucos veículos pesados; d) Circulação composta de acelerações efreadas.	a) Acesso secundário; b) Características geométricas muito reduzidas tornando impossível as velocidades elevadas; c) Numerosos cruzamentos; d) Número de pistas reduzido (1 ou 2 pistas); e) Construções contínuas de um lado e outro da via.

FONTE: Adaptado de BRASILEIRO (2017).

Outro ponto importante a ser considerado é a inclinação das vias. O NPS resultante em vias planas é inferior aos níveis encontrados em vias íngremes.

Os aclives são mais ruidosos que os declives, principalmente devido aos fatores velocidade e potência do motor dos veículos para vencer o obstáculo (BRASILEIRO, 2017).

De acordo com Pérez (2009) quando a inclinação da via for inferior a 3%, não haverá interferência sonora significativa – pois o acréscimo será menor que 01 dB(A) – já para inclinações superiores a 3%, haverá um aumento significativo no nível sonoro, sendo este proporcional ao aumento da inclinação da via.

2.6 RUÍDO AMBIENTAL EM REGIÃO DE HOSPITAIS

Os hospitais, inicialmente, quando da sua construção, eram afastados dos centros urbanos. O crescimento desregrado das cidades acabou envolvendo os hospitais e deixando-os encravados nas zonas centrais, permeados por vias de tráfego intenso (FREES, 2006).

Segundo Nunes e Ribeiro (2008), devido o crescimento da frota de veículos nas cidades e a falta de planejamento territorial, o ruído de tráfego é considerado uma das maiores fontes de poluição sonora urbana (WHO, 2011; ÇOLAKKADIOĞLU *et al.*, 2018; ZANNIN 2002), intensificando os efeitos negativos da exposição na população e meio ambiente em geral. Estes ruídos mascaram os outros sons presentes no meio urbano, muitas vezes atrapalhando a comunicação verbal e interferindo na identidade sonora que os ambientes possuem.

Em termos de duração, o ruído de tráfego de veículos é considerado contínuo ou permanente; já quanto às suas características geométricas e à distância fonte-receptor, caracteriza-se como não pontual, pois não se limita a uma mesma área, e é o que mais contribui para o aumento do nível de ruído nos grandes centros (ZANNIN et al., 2002).

Além do tráfego de veículos, o ruído urbano também é oriundo de um segundo grupo, que consiste em fontes fixas, isto é, indústrias, construções, oficinas, centros recreativos, casas de show, etc. Os agentes de menor impacto são aqueles que têm uma incidência esporádica, mas nada desprezível, como os gritos das crianças, concertos ao ar livre, feiras e vendedores ambulantes, os sons dos animais domésticos, fogos de artifício, entre outros.

O hospital é por si só, um ambiente considerado nocivo, dada a exposição diária dos trabalhadores e pacientes aos diversos tipos de ruído em seu interior, seja o equipamento hospitalar ou a equipe de assistentes e médicos falando em voz alta uns com os outros (ZANNIN e FERRAZ, 2016). Quando o ruído ambiental é acrescentado a este ambiente, torna-se um ambiente ainda pior, que pode trazer conseqüências graves à saúde dessa população interna, em especial.

No estudo de Zannin e Ferraz (2016) identificaram que a poluição sonora nas imediações de hospitais é causada principalmente devido o tráfego de veículos. A literatura mostra ainda, que não existem estudos relacionados ao ruído urbano no entorno de áreas hospitalares no Brasil, especificamente no caso das enfermarias localizadas junto às vias de tráfego de ônibus e veículos grandes, carros de passeio, ambulâncias e outros, que são fontes geradoras de ruído em potencial (SOUZA, 2011).

De acordo com Paz e Zannin (2014) o ruído de tráfego interfere especialmente e de maneira negativa em atividades onde a atenção e concentração são indispensáveis.

Grande parte da população urbana está exposta a níveis inadequados de ruído devido ao tráfego de veículos devido falha no planejamento urbano, como, por exemplo, distâncias inadequadas entre as vias e os edifícios habitacionais ou edifícios hospitalares e educacionais.

Quase não há locais livres de excesso de ruído. Atualmente, a poluição sonora está presente em todos os lugares inclusive nas instituições de saúde. Esses ambientes estão localizados normalmente em áreas expostas a fontes de ruído externo, como o trânsito de grandes avenidas ou corredores de intenso fluxo de veículos (PEREIRA *et al.*, 2003; SOUZA, 2011), ficando os pacientes e acompanhantes expostos a níveis de ruído que interferem e causam efeitos negativos na saúde e na recuperação dos mesmos (SOUZA, 2011).

Obviamente, o ruído que acomete os hospitais não provém somente de fora do ambiente hospitalar, pois a poluição sonora está presente em unidades de tratamento intensivo, unidades de internação, ambulatórios, centros cirúrgicos, corredores de circulação, sendo a

principal causa de ruído o emprego de equipamentos com alarmes sonoros e a atuação e conversão da equipe multidisciplinar que, não tendo o devido conhecimento dos agravos ocasionados pelo elevado nível de ruído, contribui ainda mais com atitudes e comportamentos inadequados, prejudicando o bem-estar da sua própria saúde (COSTA *et al.*, 2011; ZANNIN e FERRAZ, 2016).

Assim, esse ambiente, que deveria ser silencioso e tranquilo, torna-se ruidoso e estressante, aumentando a ansiedade e a percepção dolorosa, diminuindo o sono e prolongando a convalescença (PEREIRA *et al.*, 2003). Inclusive, os órgãos de controle e fiscalização de trânsito atribuem sinalização específica que proíbe uso de buzinas e controlam a velocidade máxima permitida nas proximidades de hospitais, de modo a garantir segurança e reduzir a poluição sonora na vizinhança (DE ALMEIDA *et al.*, 2016).

Desde 1974, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos recomendou que os níveis de ruído nos hospitais não devem exceder 45 dB (A) durante o dia e 35 dB (A) à noite. A Academia Americana de Pediatria afirma que os níveis sonoros nas unidades de terapia intensiva neonatal não devem exceder 45 dB (A). A OMS recomenda um nível de pressão sonora equivalente, Leq, de 30 dB (A) e um máximo nível, Lmax, de 40 dB (A) para ambientes hospitalares fechados. Em ambientes hospitalares, uma vez que há pacientes em fase de recuperação, o nível não deve exceder 35 dB (A). À noite, esses níveis de pressão sonora devem ainda ser reduzidos em cerca de 5 a 10 dB (A) (ZANNIN e FERRAZ, 2016).

No Brasil, a norma NBR 10152/ 2017, a Associação Brasileira Padrões Técnicos, recomenda 35 a 45 dB (A) como níveis aceitáveis para esses ambientes, considerando o nível inferior o de conforto e o superior aceitável para o funcionamento desses ambientes (ZANNIN e FERRAZ, 2016). Já a NBR 10151/2000 estabelece como limite de conforto a comunidade, para zonas de hospitais, 50 dB e 45 dB, diurno e noturno, respectivamente.

Zannin e Ferraz (2016) identificaram na fachada frontal do hospital analisado, níveis de pressão sonora entre 70 a 75 dB (A), e observaram que, devido à necessidade dos pacientes se deslocarem aos hospitais com meios de transporte, como ônibus ou automóveis, quando há impossibilidade em caminhar, torna difícil a reorganização do tráfego ou proibições do trânsito de ônibus. Neste caso, mencionam que o indicado seria usar a engenharia acústica, para melhorar o isolamento de portas e janelas, mas esclarecem também que é uma solução dispendiosa.

Os hospitais da área de estudo da presente pesquisa estão encravados na região central da cidade, e percebe-se que, pode ser pelo fato de estarem próximos à rodoviária da cidade, do terminal de ônibus urbano e também da Avenida Ângelo Moreira da Fonseca, que faz ligação com a PR-323, que liga a Umuarama à Maringá, Cianorte e Guaira, por exemplo.

2.7 EFEITOS DO RUÍDO: EFEITOS DO RUÍDO NO SER HUMANO

Há cerca de, pelo menos, dois mil e quinhentos anos, os efeitos da poluição sonora já eram conhecidos, através de textos que relatavam a surdez no Egito (BORGES, 1976 *apud* FERNANDES, 2013).

Para a Organização Mundial de Saúde (OMS) o limite de poluição sonora tolerável ao ouvido humano é de até 65 decibéis. Acima disso, nosso organismo sofre estresse, o qual aumenta o risco de várias outras doenças. Já NPS acima de 85 decibéis aumenta-se o risco de comprometimento auditivo (SOUZA, 2011).

Estimativas sugerem que milhões de pessoas em todo o mundo estão sendo afetadas pelo ruído ambiental ou urbano em suas comunidades (WHO, 2011).

O problema do ruído na sociedade urbana contemporânea vem reduzindo a qualidade de vida da população, e acredita-se que o ruído perturba as atividades de comunicação, causando emoções negativas, como raiva, aborrecimento, decepção. Em alguns casos, o aborrecimento pode levar a respostas de estresse. Vários pesquisadores são unânimes em afirmar os efeitos negativos no homem, como: hipertensão arterial e cardiovascular; irritabilidade; emoções negativas como aborrecimento, raiva, decepção; depressão; prejuízo do desempenho cognitivo para estudantes (WHO, 2011; ZANNIN *et al.*, 2013; COSTA, 2015; COLAKKADNOGLU *et al.*, 2017); baixo rendimento no trabalho, provocado por dificuldade de comunicação, atenção prejudicada, frustração (PHENG *et al.*, 2006; ZANNIN e ZWIRTES, 2009; COLAKKADNOGLU *et al.*, 2017); zumbido (COSTA, 2015) e dores de cabeça, são exemplos.

Dos pacientes com trauma crônico ocasionado pelo ruído, de 50% a 90% dos pacientes relatam zumbido (WHO, 2011).

Outro fator importante, como já mencionado, é a perturbação durante o sono, com efeitos sobre o sistema endócrino. Alguns estudos mostraram a elevação dos níveis de noradrenalina e adrenalina⁶, quando da exposição de ruído em níveis elevados. Outros estudos mostraram a elevação dos níveis de cortisol⁷, com a redução do ruído (CAVATORTA, 1987

⁶ Ambos hormônios tem como função primordial de preparar o corpo para uma determinada ação, mantendo o corpo alerta para situações de fortes emoções ou estresse, como luta, fuga, excitação e medo, por exemplo.

⁷ O cortisol é um hormônio produzido pelas glândulas suprarrenais, que estão localizadas acima dos rins. A função do cortisol é ajudar o organismo a controlar o estresse, reduzir inflamações, contribuir para o

apud STANSFELD e MATHESON, 2003). O ruído promove alteração na mudança dos estágios de sono e no número de despertares, podendo o organismo reagir com o aumento da produção de hormônios, elevação do ritmo cardíaco, contração dos vasos sanguíneos, dentre outras reações, mesmo durante o sono. Se a exposição ao ruído ocorrer por longo tempo, estas reações podem se tornar persistentes e afetar o organismo e a saúde como um todo. Um em cada três indivíduos fica irritado durante o dia e um em cada cinco sofre com perturbação durante o sono à noite principalmente devido o ruído oriundo do trânsito (WHO, 2011).

Dependendo do nível de sensibilidade das pessoas e o tempo de exposição ao ruído, geralmente a níveis entre 35 e 65 dB (A) causa distúrbios de raiva e no sono, e, níveis entre 65 e 90 dB (A) causa pressão alta e acelera na respiração (KURRA 1991 *apud* ÇOLAKKADIOĞLU *et al.* 2018).

A resposta ao ruído pode depender das características do som, incluindo intensidade, frequência, complexidade do som, duração e significado do ruído (STANSFELD e MATHESON, 2003).

Glass e Singer (1972) constataram em seu estudo que as tarefas realizadas durante o ruído não foram prejudicadas, mas as tarefas executadas após a desativação do ruído foram prejudicadas, e, diminuiu quando os participantes estiveram em situação de ruído controlado.

Dados mais recentes da Organização Mundial da Saúde estimam que 10% da população mundial está exposta a níveis de pressão sonora que potencialmente podem causar perda auditiva induzida por ruído (WHO, 2011; PRO-ACÚSTICA, 2018).

Segundo a OMS, cerca de 40% da população europeia está exposta, diariamente, ao ruído de tráfego, com níveis acima de 55 dB(A), e aproximadamente 20% a níveis acima de 65 dB(A), considerado como limite para ausência de danos ao homem.

Para o período diurno, estima-se que o limiar de incômodo para o ruído contínuo seja de 50 dB(A), e para o período noturno, de 5 a 10 dB(A), abaixo dos diurnos, de modo a garantir um ambiente sonoro equilibrado.

Para exemplificar, alguns eventos de lazer podem ser prejudiciais ao ouvido humano, pode-se citar, por exemplo, eventos esportivos de motocicletas, corridas de carro, arrancadas e similares, em que atinge-se níveis de pressão sonora entre 97 e 100 dB(A), medidos a 10 metros da fonte sonora. No caso de motocicletas, 85 a 96 dB(A) e corridas de carros podem alcançar os 130 dB(A) (ZAJARKIEWICCH, 2010).

A exposição ao ruído contínuo de 85 a 90 dBA, particularmente em ambientes industriais ou contato contínuo, pode levar a uma perda progressiva da audição, com um

funcionamento do sistema imune e manter os níveis de açúcar no sangue constantes, assim como a pressão arterial.

aumento no limiar da sensibilidade auditiva (STANSFELD e MATHESON, 2003) e de acordo com Rodrigues (2006) a surdez nervosa e irreversível pode ser verificada para níveis sonoros entre 110 e 130 dB(A). Ironicamente, a NR 15 estabelece como limite de tolerância para ruídos contínuos ou intermitentes, 85 dB (A) para exposição máxima de 8 horas diárias (NR-15).

Segundo Gerges (2000) na fase precoce à exposição a altos níveis sonoros, percebe-se como primeiro efeito fisiológico a perda de audição temporária na banda de frequência de 4 a 6 kHz, acompanhada da percepção do ruído mesmo afastado da fonte sonora, desaparecendo em algumas horas (NARDI, 2008).

Pessoas com perdas auditivas parciais podem sofrer com zumbidos contínuos ou intermitentes (NARDI, 2008). A perda da audição pode se tornar permanente com o dano das células nervosas do ouvido com a exposição contínua ao ruído na faixa entre 2.000 e 6.000 Hz, ou seja, na faixa dos agudos.

Segundo Kinsler *et al.* (2000) *apud* COSTA (2015), a perda auditiva induzida pode ocorrer de duas maneiras: por trauma e de forma crômica⁸. A perda auditiva por trauma ocorre com sons de alta intensidade como: explosões, disparos de arma de fogo ou ainda motores de jato. Esse tipo de ruído pode romper o tímpano ou danificar ossículos como o martelo e a bigorna, além de destruir as células sensoriais ciliadas. A forma crômica ocorre quando os níveis são abaixo dos necessários para resultar em trauma, mas por um tempo suficientemente longo pode causar disfunção ou destruição das células ciliadas do ouvido interno.

O ruído pode ainda afetar o funcionamento do sistema imunológico, dificultando a cura de doenças e ainda afetar as funções sexuais e reprodutivas, sendo que no homem, há a redução da libido, impotência e/ou infertilidade e, nas mulheres, ocorrem alterações no ciclo menstrual, dificuldade para engravidar e maior incidência de abortos; quando grávidas, podem ter filhos com anomalias congênitas (VON GIERKE; ELDRED, 1993 *apud* RODRIGUES, 2006).

Sendo assim, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (2011) a poluição sonora é considerada não apenas como uma incômodo, mas também uma ameaça à saúde pública, pois define saúde como um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença ou enfermidade. Portanto, a problemática da poluição sonora deve ser considerada como um dos fatores ambientais que causa danos à saúde.

Porém, ainda existe uma crença que a poluição sonora não é um problema importante (FIELDS, 1993; STANSFELD e MATHESON, 2003).

⁸ O termo “crômica” é utilizado nesse caso devido a relação da perda auditiva com frequências sonoras específicas. Naturalmente perde-se a sensibilidade auditiva nos extremos entre os tons de maior e menor frequência a medida que se envelhece. Em português, o termo “crômico” tem relação com as cores, que fisicamente variam conforme a frequência da onda eletromagnética emitida.

O enfrentamento ativo do ruído pode ser suficiente para mitigar seus efeitos negativos (STANSFELD e MATHESON, 2003), sendo extremamente necessária a sensibilização da população dos centros urbanos e do poder público.

Além de todos os sintomas apresentados, cabe ressaltar que pessoas com perdas auditivas, acompanhadas ou não de zumbidos, tornam-se muitas vezes incapazes de compreender falas do dia-a-dia, sendo considerada uma grave deficiência social (SOUZA, 2004; NARDI, 2008).

2.7.1 EFEITOS DO RUÍDO NO MEIO AMBIENTE

O ruído causa problemas fisiológicos nos animais semelhantes aos causados em humanos, como o aumento da frequência cardíaca e alterações no metabolismo hormonal. Além disso, alterações no comportamento também são observadas, podendo ocasionar lesões corporais, perda de energia, redução no consumo de alimento, evasão e abandono do habitat e perdas reprodutivas. Porém, Mc Gregor *et al.* (2013) *apud* CAORSI (2017) apontam sobre a dificuldade de avaliar os impactos prováveis nos animais, e que em alguns estudos há, possivelmente, subestimação dos efeitos comportamentais.

Uma revisão recentemente publicada acerca dos efeitos do distúrbio acústico em animais mostra como efeito imediato o risco na conservação das espécies (CAORSI, 2017). A perturbação acústica antropogênica está afetando uma vasta gama de grupos de animais, incluindo insetos, peixes, aves, anfíbios e mamíferos terrestres e marinhos. Várias espécies, ao se depararem com sobreposições espectrais de ruído de fundo, exibem uma variedade de mecanismos para reduzir os efeitos de mascaramento, como duração, intensidades ou mesmo frequências da sua comunicação, embora essas estratégias nem sempre sejam suficientes para garantir a transmissão e detecção de sinal ou sucesso subsequente de acasalamento (CAORSI, 2017).

Os pássaros, por exemplo, tem prejuízos na percepção e interpretação do sinal de comunicação, quando altos níveis de ruído se sobrepõem à faixa de frequência de sua música. Além da dificuldade das fêmeas em detectarem o sinal, escolhendo seu parceiro de acasalamento, a avaliação da distância auditiva também é afetada (BRUMM e NAGUIB, 2009 *apud* CAORSI, 2017).

De acordo com Caorsi (2017) os anfíbios são a classe de vertebrados mais ameaçada, com 42% das espécies existentes classificadas com alto risco de extinção, e como sua reprodução depende diretamente da emissão e da percepção dos sons, se o ruído de fundo

interferir, limitar ou inibir a sua comunicação, pode ter um efeito negativo significativo no sucesso reprodutivo. O autor ainda salienta que o ruído de tráfego tem grande influência na alteração do comportamento desses animais.

Estudos avaliando os efeitos do ruído ambiental mostraram que as espécies de sapos respondem usando estratégias distintas, incluindo mudanças nos parâmetros temporais e espectrais de suas chamadas e / ou evitar o ruído fonte. Caorsi (2017) em seu estudo verificou alguns casos de deslocamento espacial de machos de anuros, que se afastaram do ruído do tráfego de uma estrada, e houve também alteração na comunicação de machos e fêmeas, de acordo com a intensidade do ruído. O ruído de fundo pode limitar a distância em que um indivíduo pode perceber sinais acústicos (CAORSI, 2017; MC GREGOR *et al.*, 2013 *apud* CAORSI).

O ruído do tráfego não é responsável apenas pela alteração das características do canal de transmissão; na verdade, é também uma ameaça à saúde de espécies, que pode vir a diminuir a sobrevivência dos animais (CAORSI, 2017).

Troianowski *et al.* (2017) mostraram em sua pesquisa que a exposição ao ruído aumentou o nível de hormônio do estresse em anuros, e induziu um efeito imunossupressor. Além disso, houve alteração na coloração do saco vocal. Portanto, seu estudo sugere que os recentes aumentos no ruído antropogênico em todo o mundo podem afetar um espectro mais amplo de espécies animais do que se pensava anteriormente, devido à alteração de sinais visuais e imunidade. O autor ainda complementa, que, embora se saiba que a exposição ao ruído influencia fortemente a saúde humana, os estudos sobre a vida selvagem continuam escassos.

Além disso, em locais de muito ruído, nos grandes centros urbanos é comum a ocorrência de sinantropia, que é a capacidade de adaptação de certos animais ao ambiente urbano, como é o caso de ratos, baratas, mosquitos, pombos, escorpiões, abelhas. E embora estes organismos sinantrópicos possam desempenhar uma relação harmônica com os seres humanos, como os polinizadores e inimigos naturais de espécies, tendem a potencialmente se tornarem pragas, pois muitas vezes estes animais afetam negativamente a qualidade de vida da espécie humana pela possibilidade de serem veiculadores de doenças e ocasionar danos materiais por ataque a alimentos e bens de consumo, sendo também denominadas pragas-urbanas (FONSECA *et al.*, 2018).

2.8 ASPECTOS NORMATIVOS

São descritas neste tópico, normas e legislações referentes à poluição sonora, abordando os parâmetros para avaliação do incômodo do ruído em ambientes externos.

A ISO 1996 é a norma internacional referência em acústica, e no Brasil, além das normas NBR 10151/2000 e a NBR 10152/2017, destaca-se a própria Constituição Federal e também as resoluções publicadas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

A Constituição Federal no art. 225 afirma que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo-se ao poder público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. No art. 1º, inciso III, afirma ainda que a saúde é um direito fundamental do ser humano. A CF/88 reforça a importância da proteção ao meio ambiente ao trazer no parágrafo 3º do art. 225 um princípio de criminalização. Diante disso, foi criada também a Lei 9.605/98, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas relativas aos atos lesivos ao meio ambiente, dentre eles a poluição. Além dessa, tem-se também a Lei de Contravenções Penais que, em seu artigo 42 trata da perturbação da tranquilidade alheia pela emissão sonora.

Existem também medidas administrativas que visam impedir a emissão sonora perturbadora, destacando-se o Código de Trânsito Brasileiro (Lei 9.503/97), que traz diversas normas no sentido de evitar o tráfego de carros em desacordo com os valores padrões de ruído permitido, destacando que os limites são estabelecidos para garantir a segurança dos transeuntes e dos próprios condutores.

A Lei 6.938/81 estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, e além de tratar do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), destaca-se o órgão consultivo e deliberativo denominado Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Em resumo, a defesa do meio ambiente é um dever do Estado através de seus órgãos e agentes estatais, sendo imperativo que o Poder Público promova o exercício efetivo das competências ambientais que lhe foram outorgadas por meio de seus agentes públicos.

A seguir são apresentadas as principais normas nacionais e internacionais acústicas, resoluções do CONAMA e legislação municipal utilizadas em acústica, e nesta pesquisa.

2.8.1 NORMA INTERNACIONAL ISO 1996

A norma ISO 1996 é uma importante norma acústica da Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization*), intitulada por Acústica-Descrições, Medições e Avaliação do Ruído Ambiental (*Acoustics- Description, Measurement and Assessment of Environmental Noise*).

É dividida em duas partes, sendo que a primeira parte, a ISO 1996-1, tem como título: *Conceitos Básicos e Procedimentos de Avaliação (Basis Quantities and Assessment Procedure)*; e a segunda parte, a ISO 1996-2, é intitulada por: *Aquisição de Dados Pertinentes ao Uso do Solo (Acquisition of Data Pertinent to Land Use)*.

ISO 1996-1

A norma ISO 1996-1 estabelece os itens básicos a serem utilizados para a descrição de ruído em ambientes comunitários, além de descrever e padronizar os procedimentos básicos de avaliação. Essa norma internacional serve de base para o desenvolvimento de normas nacionais, regulamentações e limites aceitáveis de ruído (SOARES, 2011; VIEIRA, 2018). A norma não especifica limites de ruído ambiental, mas caracteriza e diferencia os tipos de ruído ambiental e os métodos para avaliar a exposição a cada um deles.

A resposta da comunidade ao ruído pode variar entre diferentes fontes sonoras que possuem um mesmo nível de ruído. Essa parte da norma descreve ajustes para sons que tenham diferentes características e ajustes para o horário noturno, fins de semana e feriados. Esses ajustes podem ser adicionados às medições ou predições do nível de exposição ao ruído ou ao nível de pressão sonora contínuo equivalente. A Tabela 2 indica alguns ajustes recomendados:

Tabela 2- Ajustes dos níveis baseados nas categorias de fonte sonora e período do dia.

Tipo	Especificação	Nível de Ajuste
Fonte Sonora	Tráfego Rodoviário	0
	Aeronáutico	3 a 6
	Ferrovário	-3 a -6
	Industrial	0
Característica da Fonte	Impulsivo Regular	5
	Fortemente Impulsivo	12
	Sons Tonais	3 a 6
Período do Tempo	Tarde	5
	Noite	10
	Finais de semana- diurno (7h00 às 22h00)	5

FONTE: ISO 1996-1 (2003). Adaptado pela autora.

ISO 1996-2

A segunda parte da norma fornece métodos para a aquisição de dados para descrever o ruído ambiental. Com esses dados como base, as autoridades podem planejar locais que tenham níveis de ruído apropriados ao uso do solo existente, e estabelecer um sistema para selecionar o apropriado uso do solo conforme os níveis de ruído existentes numa determinada área.

Para aquisição dos dados, deve ser considerado:

- Descrição geográfica da área a ser considerada;
- Caracterização das fontes principais existentes na área;
- Descrição da situação do receptor, como localização, ocupação, uso e caracterização do entorno imediato;
- Condições meteorológicas;
- Nível Corrigido (*Rating Level*).

O nível sonoro médio em longo prazo pode ser determinado através de medições, cálculos ou ambos. A técnica de medição a ser utilizada (tipo de instrumento, número de posições do microfone, a duração do tempo de medição) depende da natureza da fonte e do receptor.

Sobre o mapeamento acústico, a norma prescreve que o mapa de ruído poderá ser estabelecido como mapa oficial, numa dada escala, descrevendo detalhes relevantes das edificações, áreas agrícolas, áreas industriais, vias, vegetação e curvas de nível. O mapa pode ter áreas caracterizadas por mesmo ruído, ou apenas ter o contorno de diferença de ruído ou uma combinação de contornos de áreas.

2.8.2 NBR 10151

A NBR 10151: Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade tem como objetivos:

- Fixar as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independente de reclamações;
- Especificar um método para a medição do ruído, a aplicação de correções dos níveis medidos com um critério que leva em conta vários fatores;

- Estabelecer a padronização do método de avaliação com as medições do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}), expressos em dB (A).

Aborda também definições importantes para qualquer trabalho na área de acústica, como: nível de pressão sonora equivalente, ruído com caráter impulsivo, ruído com componentes tonais, nível de ruído ambiental.

O método de avaliação do ruído é baseado numa comparação entre o nível de pressão sonora corrigido (L_c) e o nível de critério de avaliação (NCA). O nível corrigido L_c para ruído com componentes tonais ou de caráter impulsivo, é determinado pelo L_{Aeq} acrescido de 5 dB (A). Se não houver esses componentes, o $L_c = L_{Aeq}$.

Os valores adotados pela NBR 10151/2000 para o nível de critério de avaliação, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Nível de Critério de Avaliação para Ambientes Externos, em dB (A).

Tipos de Áreas	Diurno dB(A)	Noturno dB(A)
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Áreas estritamente residencial urbana, 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

FONTE: ABNT (2000). Adaptado pela autora.

De acordo com a NBR 10151, se o ruído ambiente for superior ao valor da tabela, o NCA assume o valor do ruído ambiente. Assim, deverá ser considerado o ruído ambiente como o ruído de fundo existente, mesmo que este ultrapasse os valores de ruído ambiente recomendado.

2.8.3 RESOLUÇÕES DO CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

Resolução nº001 de 08/03/1990 do CONAMA

Esta resolução considera que a deterioração da qualidade de vida causada pela poluição sonora está sendo continuamente agravada nos grandes centros urbanos, e que os níveis excessivos de ruído estão incluídos entre os sujeitos ao controle da poluição do meio ambiente (CONAMA, 1990).

A resolução dispõe sobre a emissão de ruído, em decorrência das diversas atividades geradoras e orienta obedecer aos padrões, critérios e diretrizes nela contidas.

Neste sentido, ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10151/2000 são prejudiciais à saúde e ao sossego público, e orienta que as medições deverão ser realizadas de acordo com esta norma.

Sobre a emissão de ruídos produzidos por veículos automotores e os gerados no interior de ambientes de trabalho, deverão obedecer às normas expedidas, respectivamente, pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) e pelo órgão competente do Ministério do Trabalho.

As entidades e órgãos públicos (federal, estaduais ou municipais), no uso do respectivo poder de polícia, disporão de acordo com o estabelecido nesta resolução, sobre a emissão ou proibição de emissão de ruídos produzidos por qualquer meio ou espécie, considerando sempre os locais, horários e a natureza das atividades emissoras, com vistas a compatibilização das atividades com a preservação do sossego público e qualidade ambiental.

Resolução nº 002 de 08/03/1990 do CONAMA

A Resolução nº002 do CONAMA institui, em caráter nacional, o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora, chamado de Programa Silêncio, que visa controlar o ruído excessivo que possa interferir na saúde e bem-estar da população. Sua preocupação fundamental é a capacitação de pessoal nos órgãos de meio ambiente estaduais e municipais em todo o país, a disponibilização de informação à população sobre a problemática do ruído e a destinação de recursos para o combate à poluição sonora. A coordenação do programa é de responsabilidade do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), contando com a participação de Ministérios do Poder Executivo e órgãos estaduais e municipais de meio ambiente.

2.8.4 LEGISLAÇÃO NO ÂMBITO MUNICIPAL (UMUARAMA-PR)

A Lei Complementar nº 065 de 22 de novembro de 1999 dispõe sobre o controle e a fiscalização das atividades geradoras de poluição sonora, impõe penalidades e dá outras providências. A lei é clara quando no Art. 1º diz que "É proibido perturbar o sossego e o bem-

estar público com ruídos, vibrações, sons excessivos ou incômodos de qualquer natureza produzidos por qualquer forma que contrariem os níveis máximos de intensidade fixados [...]".

A lei possui algumas definições importantes, de som, ruído, poluição sonora, nível equivalente, decibel, dentre outros. Além disso, estabelece que zona sensível a ruído ou zona de silêncio é aquela que para atingir seus propósitos necessita que lhe seja assegurado um silêncio excepcional assim compreendida a faixa determinada pelo raio de 200 metros de distância de hospitais, escolas, bibliotecas públicas, postos de saúde ou similares.

Quanto aos horários, é considerado diurno o período das 07:00 às 20:00 horas, e noturno, das 20:00 às 07:00 horas.

Quando o nível de ruído proveniente de tráfego medido dentro dos limites reais da propriedade onde se dá o suposto incômodo vier a ultrapassar os níveis fixados por esta lei, caberá à Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA) articular-se com os órgãos competentes visando a adoção de medidas para eliminar ou minimizar os distúrbios sonoros.

Tratando-se das zonas de silêncio, a lei diz ainda que a Prefeitura Municipal deve colocar placas indicativas de zona de silêncio em um raio de 200 metros da localização de escolas, órgãos públicos e funerais, e estabelece proibição no uso de serviços de alto-falantes e outras fontes de emissão sonora fixas ou móveis, como meio de propaganda, nos logadouros públicos destas zonas sensíveis a ruído.

O Art. 3º estabelece que a emissão de sons e ruídos obedecerá aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos na lei, e estabelece na Tabela 4 os níveis sonoros máximos permitidos por zona e horário.

Tabela 4- Limites máximos de sons e ruídos permissíveis para Umuarama-PR.

Zona de Uso	Diurno dB(A)	Noturno dB(A)
Zonas Especiais- ZE	55	45
Zonas de Proteção Ambiental- ZPA		
Zonas Residenciais-ZR		
Zonas Comerciais e de Prestação de Serviços- ZC	60	50
Zona Industrial 1 (Parques Industriais I e II)	65	55
Zona Industrial 2 (Parques Industriais III e IV)	70	60

FONTE: PMU (1999). Adaptado pela autora.

E o mesmo artigo, em seu parágrafo 3º, ainda estabelece que, quando a propriedade onde se dá o suposto incômodo tratar-se de escola, creche, biblioteca pública, hospital,

ambulatório, casa de saúde ou similar com leitos para internamento deverão ser atendidos os limites estabelecidos para Zonas Residenciais — ZR, independentemente da efetiva zona de uso e observada a faixa de 200m (duzentos metros) de distância definida como zona de silêncio.

2.8.5 CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO

O Código de Trânsito Brasileiro, Lei nº 9503/1997, rege o trânsito de qualquer natureza, nas vias terrestres do território nacional. O Art. 98, parágrafo único, diz que tanto veículos com motores novos ou usados são obrigados a atenderem as exigências de emissão de poluentes e ruído, previstos pelos órgãos ambientais e pelo CONTRAN. O Código ainda diz que se aplica a medida administrativa de retenção aos veículos reprovados na inspeção de segurança e na emissão de gases poluentes e ruído.

É considerado como infração média, com penalidade de multa e apreensão do veículo, o uso indevido no veículo de aparelho de alarme ou que produza sons e ruído que perturbem o sossego público, segundo o Art. 229. Segundo o anuário estatístico do Detran-PR (2015), 11 multas foram aplicadas no estado do Paraná por infração do Art. 229 do código de trânsito. E 3 multas foram aplicadas por descumprimento do Art. 230 do código de trânsito, que dispõe sobre a condução de veículo reprovado na avaliação de emissão de poluentes e ruído. Porém, entende-se que o número de notificações devido níveis de ruído são baixos frente aos exemplos que podem ser constatados no tráfego urbano (escapamentos furados ou alterados, motores desregulados, por exemplo), assim como em Umuarama.

2.9 AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA

2.9.1 Avaliação de impactos ambientais relacionado ao ruído

Na literatura encontram-se várias definições de impacto ambiental, quase todas concordantes quanto a seus elementos básicos. Sánches (2008) cita algumas definições: Moreira (1992) diz que é "Qualquer alteração no meio ambiente em um ou mais de seus

componentes provocada pela ação humana"; Wathern (1988) afirma que é "a mudança de um parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada áreas, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada".

A legislação portuguesa define impacto ambiental como sendo um conjunto de alterações favoráveis ou desfavoráveis produzidas em parâmetros ambientais e sociais, num determinado período de tempo e numa determinada área [...]; A Finlândia diz dentre outras coisas, que o impacto ambiental causa um efeito de mudança sobre o bem-estar das pessoas, da fauna, flora e ecossistemas. E para efeito de definição legal, o Brasil usa aquela dada pela Resolução CONAMA nº001/1986: "Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem: a saúde, a segurança e o bem-estar da população [...]" (SANCHES, 2008). Por esta Resolução, nota-se que a poluição sonora é um impacto ambiental.

Vladimir Passos de Freitas e Gilberto Passos de Freitas ensinaram (Passos de Freitas; Passos de Freitas, 2006, pág. 214.)⁹:

A poluição sonora, constituída pela emissão de ruídos que ultrapassem os níveis estabelecidos pelo poder público, constitui-se um dos fatores de maior perturbação e danos à saúde humana. Assim sendo, ao lado das medidas de ordem administrativa fixadas pelo Poder Público (municípios) e das civis, por meio de ações públicas (Lei 7.347/85) ou mesmo propostas individualmente, há que se recorrer a medidas de ordem penal. O anteprojeto da Lei dos Crimes Ambientais tinha um tipo específico a respeito (art. 59), que acabou sendo vetado. Mas nada impede que nos casos mais relevantes, que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, a conduta seja enquadrada nos arts. 54 ou 60 da Lei 9.605/98.

Cabe, portanto, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) em caso de ruído. O estudo deverá identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade. Deverão ser avaliados os impactos ambientais positivos e negativos (benefícios e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes. Seu grau de reversibilidade, suas propriedades cumulativas e energéticas devem ser apurados (ROMANO, 2017).

⁹ Passos de Freitas, V.; Passos de Freitas, G. Crimes contra a natureza, 8ª edição. São Paulo: RT, 2006. Pág. 214.

A Lei 8.723, de 28 de outubro de 1993, que dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores determina que “os fabricantes de veículos automotores ficam obrigados a divulgar aos consumidores as especificações de uso, segurança e manutenção dos veículos em circulação (artigo 13, parágrafo segundo)”.

Assim, a NBR 84.333 estabelece os limites máximos de ruído emitido por veículos em aceleração.

E apesar da legislação clara, a poluição sonora para ser plenamente caracterizada com vistas a instruir uma ação penal por crime ambiental, deve ser precedida de laudo técnico, que comprove os danos ou a possibilidade de causar danos à saúde humana.

A poluição sonora é enquadrada no Direito Ambiental como "poluição de qualquer natureza", prevista no art. 54 da Lei de Crimes Ambientais (Lei Federal nº 9.605/1998), que prevê em seu Art. 54. : "Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora". A pena é reclusão, de um a quatro anos, e multa.

No caso a natureza do ruído é uma emissão poluente, nos termos da Lei 6.938/81. Trata-se de crime formal, de perigo e comissivo. Seu tipo é doloso (ROMANO, 2017).

Na avaliação de impactos ambientais o aspecto ambiental pode ser entendido como o mecanismo através do qual uma ação humana causa um impacto ambiental (SANCHES, 2008). Por exemplo: o transporte rodoviário de cargas resulta em emissão de ruídos (aspecto ambiental) que gera impactos ambientais negativos no ser humano e no meio ambiente.

O termo avaliação de impacto ambiental (AIA) entrou na terminologia e na literatura ambiental a partir da década de 70, com a lei de política nacional do meio ambiente (*Environmental Policy Act*- NEPA, nos Estados Unidos. Se transformou em modelo de legislações similares por todo o mundo.

O significado e objetivo da AIA prestam-se a inúmeras interpretações, sendo que, de acordo com Munn (1975) pode ser definida como atividade que visa identificar, prever, interpretar e comunicar informações sobre as conseqüências de uma determinada ação sobre a saúde e o bem-estar humanos (SANCHES, 2008).

Após a descrição e análise dos aspectos e impactos ambientais, é necessário correlacioná-los de forma a definir qual aspecto gera cada impacto, para isso pode ser usada uma matriz de correlação, como apresentado na Figura 15.

Figura 15- Esquema simplificado da matriz de correlação de aspectos e impactos ambientais.

Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais					
	Impacto ambiental 1 A	Impacto ambiental 1 B	Impacto ambiental 1 C	Impacto ambiental 1 D	Impacto ambiental 1 E	Impacto ambiental 1 F
Aspecto ambiental 1						
Aspecto ambiental 2						
Aspecto ambiental 3						
Aspecto ambiental 4						
Aspecto ambiental 5						

FONTE: Araújo e Cardoso, 2010. Adaptado pela autora.

Neste sentido, devem-se conhecer as intensidades e frequência dos impactos, e suas consequências para o meio físico, biótico e antrópico da área ou local estudado, para então priorizá-los. As matrizes ambientais podem ser instrumento importante no desenvolvimento de estudos por grupos multidisciplinares, para os impactos negativos serem enfrentados, estabelecendo prioridades, para cada situação específica.

2.9.2 MONITORAMENTO AMBIENTAL

Segundo Costa (2015) o monitoramento ambiental consiste na realização de medições e/ou observações específicas, dirigidas a alguns indicadores e parâmetros, com a finalidade de verificar se determinados impactos ambientais estão ocorrendo, podendo ser dimensionada sua magnitude e avaliada a eficiência de eventuais medidas preventivas adotadas e pode ser utilizado no diagnóstico da poluição sonora, por exemplo.

O objetivo final do monitoramento do ruído não é apenas coletar dados, mas fornecer as informações requeridas pelos pesquisadores, políticos e planejadores urbanos, que lhes permitam tomar decisões sobre a gestão e melhoria dos ambientes sonoros.

No entanto, o monitoramento, segundo a Organização Mundial da Saúde tem limitações. Em muitas circunstâncias, as medições podem ser insuficientes ou impraticáveis,

sendo que o acompanhamento pode ser combinado com outras técnicas de avaliação objetiva, incluindo modelagem, medição e os inventários de emissões e mapeamento.

É neste contexto que se deve introduzir os Planos Municipais de Redução de Ruído (PMRR) que, em articulação com os mapas de ruído e a carta de classificação de zonas, dentro do planejamento urbano municipal, permitem:

- a) identificar as áreas em que os níveis de exposição ao ruído ultrapassam os limites estabelecidos nas normativas vigentes;
- b) definir as necessidades primárias de redução de ruído;
- c) selecionar e implementar medidas de redução sonora prioritárias, cuja fiscalização é de responsabilidade do município.

2.9.3 MAPEAMENTO ACÚSTICO

Os mapas sonoros, acústicos ou mapas de ruído são uma ferramenta para o estudo, diagnóstico e gestão do ambiente sonoro (VIEIRA, 2018). É baseado no monitoramento dos níveis sonoros de uma área, região ou cidade, através da medição em campo ou método predicional, e é muito útil pela possibilidade de visualização de forma ampla.

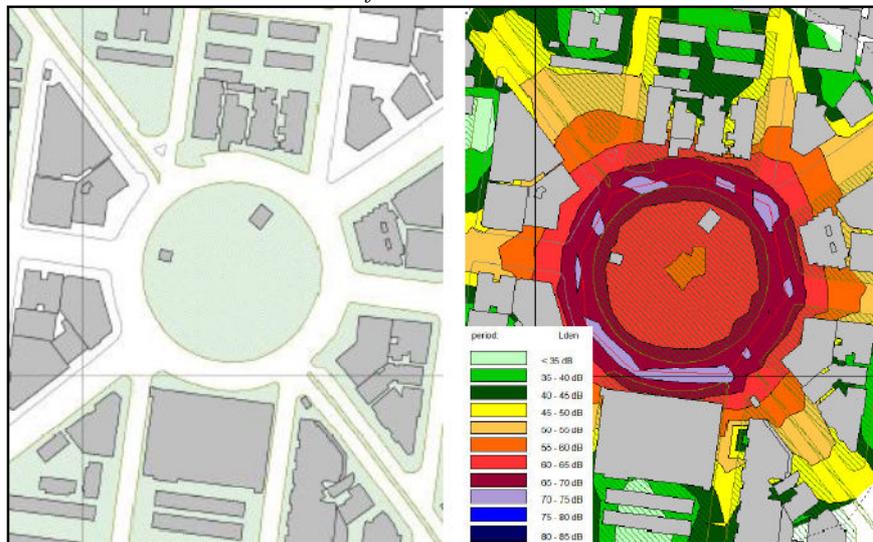
A partir das informações do mapeamento sonoro políticas públicas podem ser criadas para implantação de estratégias de manejo do ruído urbano; servir como base para o processo decisório sobre o zoneamento ou uso do solo, planejamento do trânsito e meios de transporte, e ainda como índices para avaliar a eficácia de medidas de redução de ruídos (COELHO, 2003; NARDI, 2008; SOARES, 2011) podem ser utilizados por gestores como uma das ferramentas auxiliares para o planejamento e desenvolvimento territorial sustentável, procurando garantir a qualidade de vida da população (VIEIRA, 2018).

Para a realização de um mapeamento sonoro a partir do método de medição dos níveis sonoros numa área de estudo, devem ser considerados: número de medições, distribuição espacial e localização dos pontos de medição; dias, horários e duração do tempo de coleta dos dados; dados meteorológicos; geométricos e de tráfego (NARDI, 2008).

Os mapas podem ser elaborados com ou sem *software* específico. Quando são elaborados a partir desses programas que realizam predição de níveis sonoros, podem ser facilmente modificados e atualizados. As Figuras 16 e 17 mostram exemplos de mapas acústicos, sendo que a primeira utilizou o *software* Predictor para sua elaboração, e na segunda,

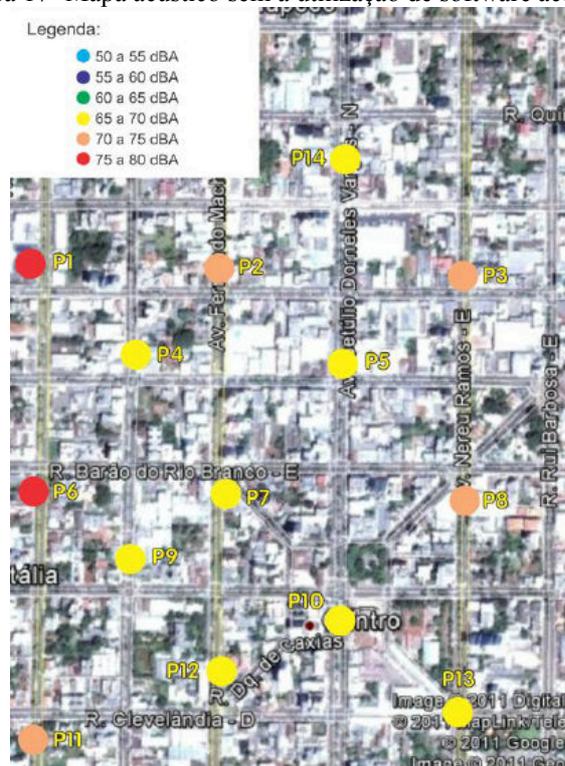
o mapa foi gerado a partir de imagem do Google Maps com a distribuição espacial dos níveis de pressão sonora feito de forma manual, com o *software* AutoCad.

Figura 16- (a) Exemplo de área do município de Vitória- ES; (b) Mapa acústico da área, com a utilização do *software* Predictor.



FONTE: Gaburro (2016), adaptado pela autora.

Figura 17- Mapa acústico sem a utilização de software acústico.



FONTE: Balzan (2011), adaptado pela autora.

Por exemplo, no caso da necessidade de um Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), para verificar as consequências de uma alteração do fluxo de tráfego numa determinada área, os mapas acústicos são muito úteis (NARDI, 2008). É possível, em suma, prevenir e reduzir o ruído antes mesmo de ocorrer, sendo a melhor maneira de minimizar a poluição sonora de fontes como novas estradas e parques eólicos (BRUEL; KJAER, 2017). As Figuras 16 e 17 mostram exemplos de mapas acústicos.

A ISO 1996-2 recomenda que os níveis de intensidade sonora nos mapas acústicos sejam representados por zonas com cores padronizadas em trechos de 5 dB, por meio de curvas padronizadas ou curvas isofônicas (similar às curvas topográficas de mapas convencionais) (NARDI, 2008; VIEIRA, 2018).

A utilização de mapas acústicos para controle de ruído e avaliação acústica já vem sendo utilizado em diversos países. A Diretiva Europeia indicou que todos os Estados Membros deveriam apresentar até junho de 2007 mapas estratégicos de ruído para cidades com mais de 250.000 habitantes.

No Brasil, sobre a elaboração de mapeamento sonoro, verifica-se a realização de dois estudos os quais englobaram a cidade como um todo, nas cidades de Belém/PA (MORAES; SIMÓN, 2008) e de Fortaleza/CE (BRITO; COELHO, 2013). E a Lei nº 16.499, do Projeto de Lei nº 75/13 (BRASIL, 2016), define a obrigatoriedade, com estabelecimento de prazos e metas, da elaboração do mapa de ruído de toda a cidade de São Paulo/SP (FLORÊNCIO, 2018).

São vários softwares para mapeamento e predição sonora existentes atualmente no mercado, tais como: CadnaA, Mithra, Noisemap, Predictor, *SoundPlan* e outros (VIEIRA, 2018).

Com o avanço de pesquisas relacionadas a redução da poluição sonora, a utilização de mapas de ruído tem sido uma ferramenta bastante utilizada, e inclusive livros completos vem sendo publicado sobre o assunto (VIEIRA, 2018; ZANNIN, 2016).

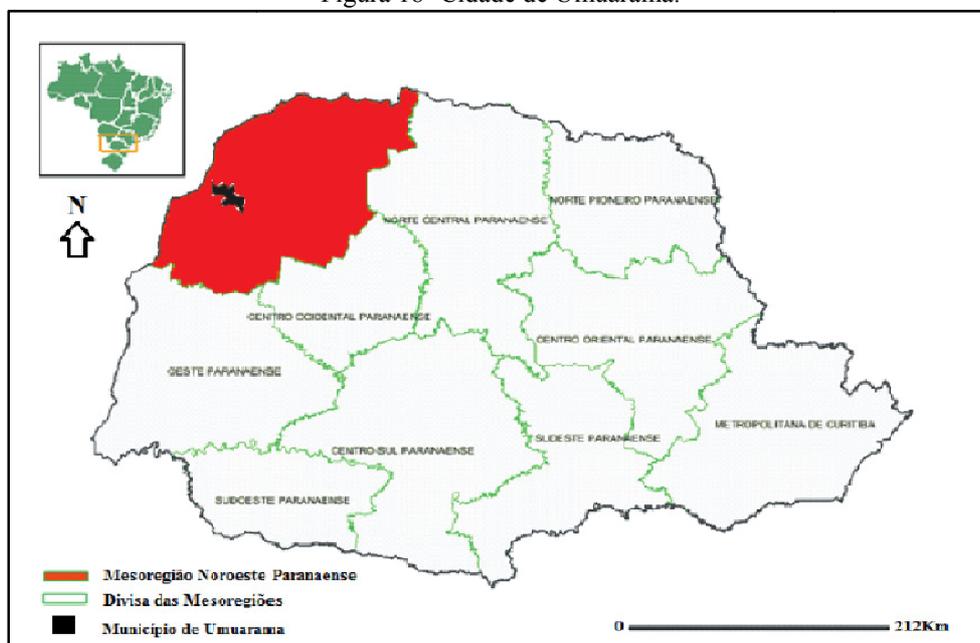
3 METODOLOGIA

Estudos acústicos em região de hospitais, em especial, no Brasil, ainda são escassos, e como a cidade de Umuarama, possui na região central, três grandes hospitais, que recebem usuários de várias cidades da região do noroeste do Paraná, definiu-se a área de estudo. Esta pesquisa utilizou o método de abordagem qualitativo e quantitativo, com medições na área definida como Zona de Hospitais, no intuito de analisar sua salubridade acústica.

3.1 A CIDADE DE UMUARAMA-PR

A cidade de Umuarama, criada em 1961, está localizada à noroeste do Estado do Paraná na região fisiográfica conhecida por Ivaí (Figura 18). Possui uma população de 100.676 habitantes (IBGE, 2010), sendo a 18ª cidade mais populosa do estado. Já foi muito mais populosa na década de 1960, devido o ciclo do café, tendo reduzido abruptamente após sua decadência, o que levou grande parte da população do meio rural para o centro urbano, sendo em 1980 a população urbana já maior que a população do campo (ACIU-PR, 2018).

Figura 18- Cidade de Umuarama.



FONTE: MARQUES (2011).

A Tabela 5 apresenta as principais características da cidade de Umuarama.

Tabela 5- Características do município de Umuarama-PR.

Item identificado	Dados
Área territorial	1227,425 km ²
Número de distritos administrativos	5
População censitária (2010)	100.676 hab.
População estimada (2018)	110.590 hab.
Densidade demográfica	89,58
Distância até Curitiba	575,23 km
Coordenadas Geográficas	latitude 23° 47' 55 Sul e a longitude 53° 18' 48 Oeste

FONTE: IPARDES (2017); IBGE (2010).

O projeto de Umuarama é datado de 1956 e de autoria do engenheiro geodésico Wladimir Babcov. O traçado da cidade, implantado pela Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP), não apresentou o mesmo rigor técnico e adaptação à topografia existente, contrariando algumas premissas básicas de planejamento urbano utilizadas nas cidades de Maringá, Londrina e Cianorte (MARQUES, 2010). Maringá, por exemplo, incorporou os princípios formais da cidade-jardim inglesa e as curvas de nível foram determinantes para o desenho da cidade, o que definiu a forma urbana alongada e o traçado orgânico como diretrizes para as principais vias, com pouca adaptação do traçado ao relevo (REGO, 2001 *apud* MARQUES, 2010).

Com exceção do traçado de Londrina, as demais cidades citadas não apresentavam possibilidade de expansão prevista de seus traçados originais, pois eram circundadas por um limitador espacial, o cinturão verde, que garantiria o equilíbrio entre as ações antrópicas e a capacidade de carga das agressões urbanas ao meio (MARQUES, 2010).

O projeto de Umuarama tem sua estrutura organizacional sobre um eixo de circulação, que seria composto pelo binário linha férrea e rodovia, paralelamente, margeado pela zona dos armazéns/indústrias (SILVA *et al.*, 2007 *apud* MARQUES, 2010). Entretanto, a linha férrea não chegou até a cidade, e no local foi implantada a atual Avenida Doutor Ângelo Moreira da Fonseca, além um reparcelamento feito pela própria CMNP, com a implantação de lotes de uso residencial, e houve também invasão de outros trechos da linha férrea. Esta avenida e a Rodovia PR-323 eram limitadoras da área urbana. Porém, com a expansão urbana, mesmo a via rural, já possui características urbanas, com o parcelamento das faixas agrícolas que compunham os cinturões verde; além de ampliarem a geração de tráfego (MARQUES, 2010).

Umuarama é uma das principais cidades do Paraná e pólo da Região Entre Rios, região esta com população estimada em 410.000 habitantes. Possui 456 estabelecimentos de saúde e 701 leitos hospitalares (IPARDES, 2010).

A economia do município é baseada na agropecuária de corte, no setor moveleiro e prestação serviços. As atividades comercial, grande parte das faculdades e universidades e prestadores de serviços, concentram-se na área central da cidade.

A cidade conta com uma frota expressiva, de 84.733 veículos (IBGE, 2018), sendo uma relação de 0,77 veículos por habitante (v/ h). Ao comparar a frota umuaramense de 2018 com os valores do ano 2010 (último Censo Demográfico), houve um crescimento de 49% no número de veículos, no município. Ao analisar as 23 cidades brasileiras com a população censitária de 2010, entre 100.000 e 110.000 habitantes, e calculando-se a relação v/ h referente aos dados de população e frota de 2018, Umuarama possui a maior relação v/ h dentre essas cidades. Curitiba, por exemplo, possui relação v/ h de 0,80¹⁰ (APÊNDICE A).

E apesar de o município apresentar um plano diretor recente (PMU, 2018), há divergências no zoneamento da cidade, pois ao mesmo tempo que a LC nº 065/1999 estabelece limite de nível de pressão sonora para zona de hospitais divergente do limite estabelecido para outras zonas, o Plano Diretor de 2018 não considera a presença dos três hospitais, para diferenciar a área limítrofe. Além disso, não há estudos municipais com mapeamento de ruído ou educação ambiental relacionada à problemática da poluição sonora.

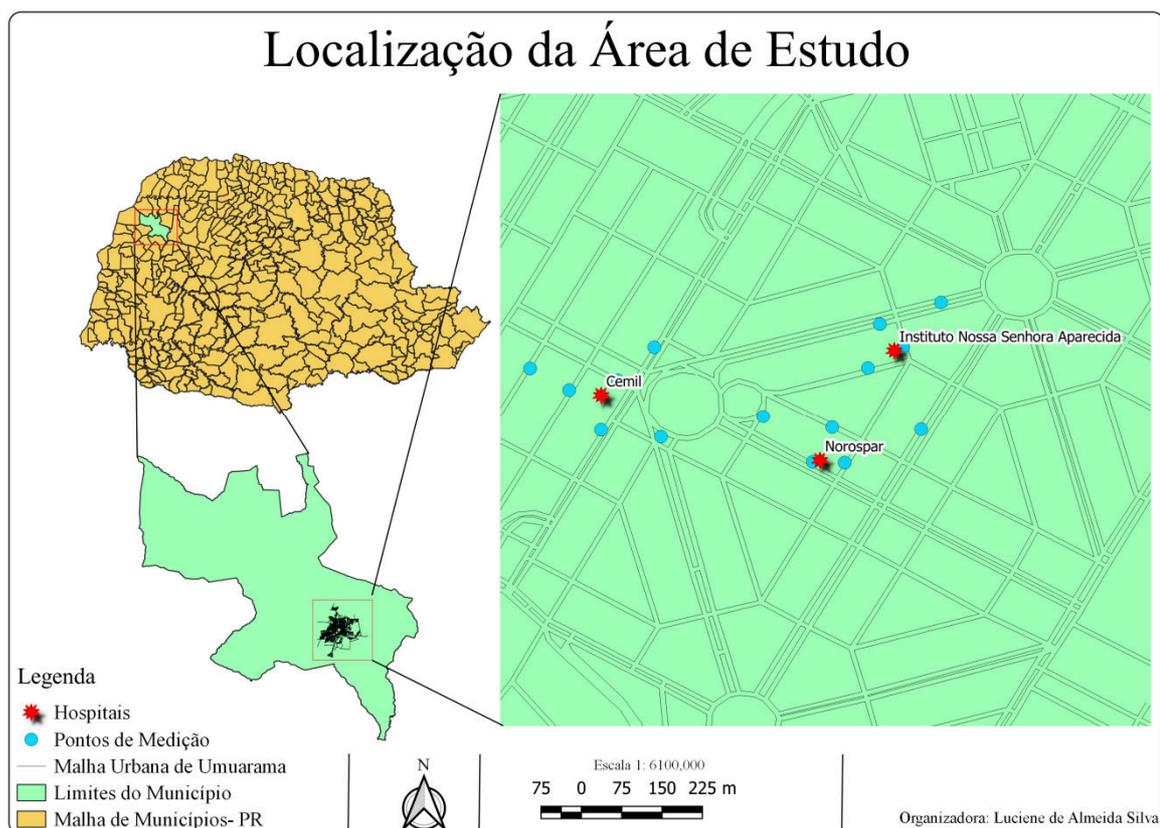
3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

3.2.1 Localização da área de estudo

A área de estudo está localizada na malha urbana da cidade de Umuarama, na região central da cidade (Figura 19), e foi escolhida devido à presença de três grandes hospitais que atendem tanto a cidade, como também os municípios vizinhos.

¹⁰ Considerando-se dados populacionais estimados para 2018 e frota de veículos referente ao mesmo ano.

Figura 19- Localização da área de estudo em relação ao mapa de Umuarama-PR.



Fonte: ArcGis, 2018.

Para a definição da área de estudo, foi utilizado o conceito de Zona de Silêncio (ZS)¹¹, apresentada pela Lei Complementar nº 065/1999 de Umuarama, apresentado no item 2.7.2 (PMU, 1999). Para cada um dos hospitais foi traçado, no *software* AutoCad, uma circunferência de raio igual a 200 metros, tendo assim a delimitação da área de estudo (Figura 20).

Na área delimitada encontram as ruas: Ivilhema, Rua Amambaí, Avenida Manaus, Rua Piúna, Rua Guadiana, Rua Jussara, Avenida Brasil, Rua Japura, Avenida Celso Garcia Cid, Avenida Paraná, Rua Governador Ney Braga, Rua Perobal e Avenida Ipiranga.

É nessa área também que está localizado um terminal de ônibus, a rodoviária, o camelódromo, comércio abundante e vários prestadores de serviços na área da saúde, como clínicas, laboratórios, farmácias, dentre outros, o que caracteriza a região como uma área de uso misto, de acordo com a NBR 10151/2000. No entanto, devido a presença dos hospitais com

¹¹ Também podendo ser chamada de Zona Sensível (PMU, 1999).

leitos, de acordo com a LC nº 065/1999 de Umuarama, a área estudada deve respeitar os limites de Zona Residencial, que serão usados na análise de resultados.

Figura 20- Delimitação da área de estudo.



Google Earth Pro (2018), adaptado pela autora.

3.2.2 Seleção dos pontos de medição

Inicialmente tentou-se estabelecer uma malha quadriculada para a marcação dos pontos de medição, assim como Balzan (2011) e Giunta (2013) utilizaram em sua metodologia. Após várias possibilidades analisadas, devido o traçado irregular da área, optou-se pela marcação de pontos de forma manual, de forma a garantir maior representatividade de medições nas três Zonas Sensíveis analisadas. O planejamento inicial para a localização dos pontos foi de marcá-los, preferencialmente, de 25 a 30 metros das intersecções das vias, porém, devido a presença de obstáculos fixos ou móveis, em campo, houve deslocamentos de forma a garantir os recuos mínimos especificados pela NBR 10151/2000, ou mesmo, a segurança do

equipamento e do operador. A distribuição dos pontos de medição encontra-se ilustrada na Figura 21, e as vias onde os pontos estão localizados e suas coordenadas geográficas encontram-se na Tabela 6.

Figura 21- Distribuição dos pontos de medição na área de estudo.

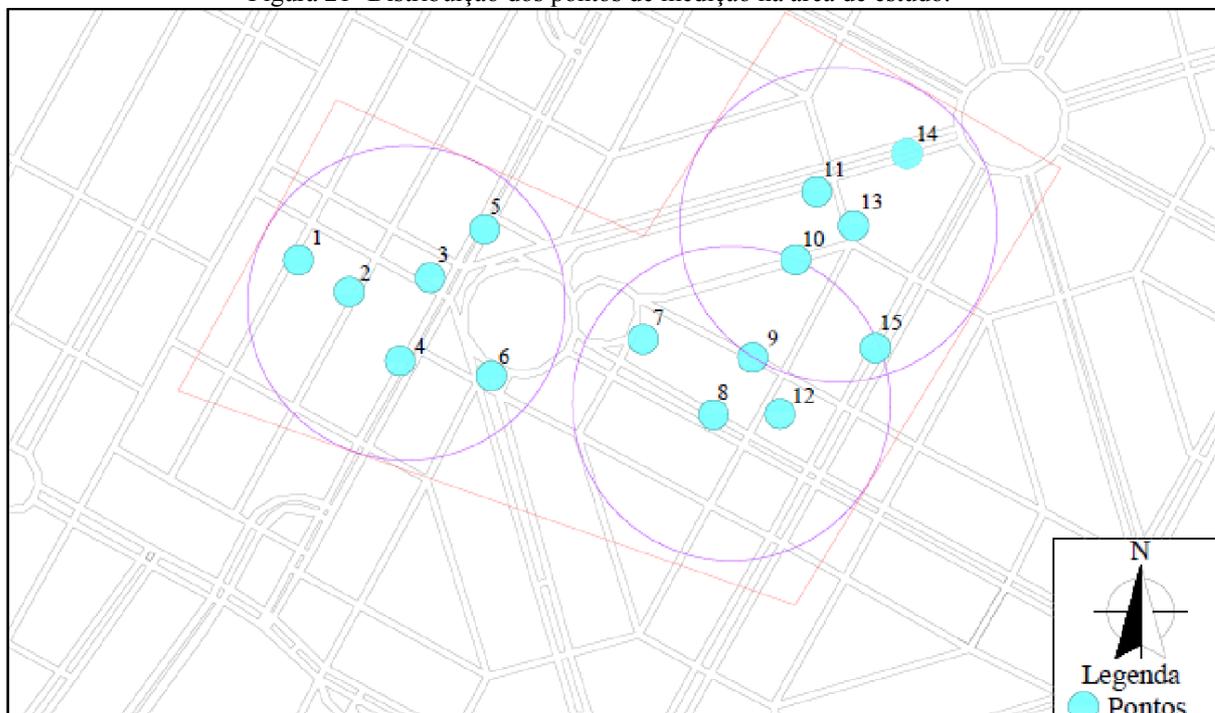


Tabela 6- Vias de localização dos pontos de medição e suas respectivas latitudes e longitudes, em UTM.

Ponto	Via de Localização	Latitude (y)- UTM	Longitude (x)- UTM
1	Rua Ivilhema	736.999.920.966,00	263.510.145.691,00
2	Rua Amambai	736.995.473.994,00	263.595.288.618,00
3	Praça Oscar Thompson Filho	736.996.531.868,00	263.658.853.444,00
4	Avenida Manaus	736.991.765.266,00	263.661.330.971,00
5	Avenida Manaus	73.700.251.109,00	263.720.482.331,00
6	Praça da Bíblia	736.988.903.752,00	263.718.453.182,00
7	Rua Guadiana	736.989.193.211,00	263.933.695.657,00
8	Avenida Ipiranga	736.981.066.052,00	264.027.084.487,00
9	Rua Perobal	736.987.357.286,00	264.072.516.475,00
10	Rua Guadiana	737.001.140.654,00	264.163.752.678,00
11	Avenida Paraná	737.008.735.203,00	264.140.136.974,00
12	Rua Jussara	736.980.728.474,00	264.084.360.791,00
13	Rua Governador Ney Braga	737.005.185.495,00	264.190.572.018,00
14	Avenida Paraná	737.014.294.944,00	264.284.554.191,00
15	Avenida Brasil	736.988.664.049,00	264.232.354.006,00

3.2.3 Período de medições

De acordo com Soares (2013) quanto aos dias de medição, a escolha pode variar de acordo com o objetivo da pesquisa e do tipo de ruído ambiental avaliado. O ideal é que sempre sejam realizadas nos mesmos dias e nos mesmos horários, porém a disponibilidade de tempo, pessoas, equipamentos e do clima limitam, e muito, essa escolha.

Neste sentido, as medições da presente pesquisa foram realizadas durante à semana, de segunda à sexta-feira, em triplicata, com o intuito de refletirem as características típicas do local mapeado, e aos domingos a fim de obter um parâmetro de análise para o ambiente em condições com pouco fluxo de veículos e outras interferências acústicas habituais.

Estabeleceram-se os horários de medição, adaptando-se do estudo de Balzan (2011), sendo inserido também um horário noturno, de modo a verificar os níveis de ruído noturnos, da área. Desta forma, as medições ocorreram nos períodos das 07h00min às 9h00min, das 11h30min às 13h30min, das 17h00min às 19h00min e das 21h00 às 23h00min. A coleta de dados ocorreu durante os meses de agosto, setembro e novembro de 2018 e março de 2019, conforme especifica a Tabela 7.

Tabela 7- Dias de medições acústicas e de tráfego, durante a semana.

Ponto	Dias de medição	Ponto	Dias de medição
1	10/08/18; 14/08/18; 16/08/18; 21/08/18; 29/08/18; 07/11/18; 14/03/19; 15/03/19; 21/03/19	9	14/08/18; 16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 08/11/18; 14/03/19; 15/03/19
2	10/08/18; 14/08/18; 16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 14/03/19; 15/03/19; 21/03/19	10	16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 14/03/19; 15/03/19
3	10/08/18; 14/08/18; 16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 14/03/19; 15/03/19; 21/03/19	11	16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 14/03/19; 15/03/19
4	10/08/18; 14/08/18; 16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 14/03/19; 15/03/19; 21/03/19	12	14/08/18; 16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 08/11/18; 14/03/19; 15/03/19
5	10/08/18; 14/08/18; 16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 14/03/19; 15/03/19; 21/03/19	13	16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 14/03/19; 15/03/19

Continuação: Tabela 7- Dias de medições acústicas e de tráfego, durante a semana.

Ponto	Dias de medição	Ponto	Dias de medição
6	10/08/18; 14/08/18; 16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 14/03/19; 15/03/19; 21/03/19	14	16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 14/03/19; 15/03/19
7	14/08/18; 16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 08/11/18; 14/03/19; 15/03/19	15	14/08/18; 16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 14/03/19; 15/03/19
8	14/08/18; 16/08/18; 21/08/18; 07/11/18; 08/11/18; 14/03/19; 15/03/19		

Considerando o domingo um dia atípico, de pouco movimento, e conseqüentemente, com menores níveis de pressão sonora, foram realizadas medições também em triplicata, nos dias 19/08/18, 09/09/18, 24/03/19 e 31/03/19, em dois horários: das 7h00min às 9h00min, de modo a obter valores durante o intervalo de tempo ainda considerado noturno, de acordo com a LC nº 065/1999 de Umuarama, e das 17h00min às 19h00min, horário considerado diurno, de acordo com a mesma lei.

3.3 PARÂMETROS COLETADOS NAS MEDIÇÕES

Assim como Nardi (2008) e Brasileiro (2017) fizeram em seus estudos, foram analisados e coletados quatro parâmetros: i) morfológicos e geométricos, que se volta ao mapeamento morfológico da área; ii) meteorológico, elencando as características climáticas¹²; iii) tráfego, com a quantificação e caracterização do volume de tráfego; iv) acústico, com a caracterização e quantificação dos níveis sonoros existentes no bairro.

Com o levantamento físico da área, além da obtenção dos objetivos propostos por esta pesquisa, pretende-se organizar uma base de dados para futuras pesquisas na área de modelagem e simulação acústica da região, e propostas de mapeamento acústico para outras áreas no município de Umuarama.

3.3.1 Parâmetros Geométricos/ Morfológicos

O levantamento físico foi realizado para a identificação das seguintes características do entorno: largura da via e passeios; tipo de pavimento; direção de fluxo; altura de edifícios; tipos de usos; vegetação relevante; altura de muros; topografia, a fim de obter a inclinação das

¹² As características meteorológicas e de tráfego foram coletadas de modo a garantir informações em banco de dados para estudos futuros, com simulação computacional.

vias. Para isso, além das observações de campo, foi utilizado o recurso de visualização do *Google Earth Pro*, *Google Maps* e a sua sobreposição com plantas cadastrais e topográficas da Prefeitura Municipal de Umuarama.

O Quadro 02 resume todas as variáveis referentes aos parâmetros morfológicos, identificando os dados coletados, o método utilizado, a fonte de pesquisa e o material produzido a partir das informações.

Quadro 02 - Parâmetros morfológicos coletados da área.

Variável	Dados coletados	Método	Fonte	Resultado gerado
Topografia da área	Mapa georreferenciado das curvas de nível	Pesquisa documental	Prefeitura Municipal de Umuarama	Dados em tabela (inclinação das vias)
Hierarquia das vias	Caracterização do tipo das vias	Pesquisa de campo	Visitas <i>in loco</i> e Prefeitura Municipal de Umuarama	Tabela e mapa elaborado no <i>software</i> AutoCad
Recobrimento do solo	Tipo de pavimento das vias e das calçadas	Pesquisa de campo	Visitas <i>in loco</i>	Tabela
Perfis das ruas	Caracterização geométrica das ruas da área	Pesquisa de campo por meio de observações e registro fotográfico; Medições com trena.	Visitas <i>in loco</i>	Fotografias e tabela
Uso e ocupação do solo	Uso e ocupação dos lotes da área	Pesquisa de campo por meio de observações e registro fotográfico	Visitas <i>in loco</i> e observações no <i>software</i> <i>Google Eart / Prefeitura Municipal de Umuarama</i>	Considerações
Áreas verdes/ Vegetação	Localização de áreas verdes e da vegetação do local	Pesquisa de campo por meio de observações e registro fotográfico/ Caracterização por biólogo da PMU	Visitas <i>in loco</i> e observações no <i>software</i> <i>Google Earth/ Prefeitura Municipal de Umuarama</i>	Imagens
Gabarito das edificações	Altura das edificações	Pesquisa de campo por meio de observações e registro fotográfico	Visitas <i>in loco/ Google Maps</i>	Mapa elaborado no <i>software</i> AutoCad

FONTE: Adaptado de Brasileiro (2017).

3.3.2 Parâmetros meteorológicos

A ISO 1996/2 (2007) recomenda que durante a realização das medições sejam descritas e monitoradas condições meteorológicas como a velocidade do ar, a direção dos ventos, cobertura de nuvens, temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade relativa do ar e ocorrência de precipitação. Além disso, durante as medições, a pista de rolamento deve estar seca, sem lâminas de água, gelo ou neve (BALZAN, 2011).

Nos dias anteriores às medições, foi realizado monitoramento das condições climáticas, via *site* do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), no intuito de acompanhamento das previsões de temperatura e precipitação, principalmente, para evitar dias com condições climáticas desfavoráveis. Ao final das medições foi solicitado relatório à SIMEPAR, com as informações referentes à temperatura, precipitação, umidade relativa do ar e velocidade e direção dos ventos.

3.3.3 Parâmetros de tráfego veicular

Define-se fluxo veicular ou volume de tráfego, o número de veículos que passam pela seção de uma via, ou de uma determinada faixa, durante uma unidade de tempo (FLORÊNCIO, 2018).

De acordo com a ISO 1996-2/2007, deve-se realizar a contagem do número e tipo de veículos durante todo o período de medição acústica. Os veículos devem ser distintos, em, pelo menos, duas categorias: leves e pesados, sendo os veículos pesados aqueles que excedem 3.500 kg de massa.

Como as motocicletas, por mais que sejam de peso leve, produzem ruído muitas vezes superior a automóveis. Neste sentido, foram coletados, separadamente, os veículos leves (automóveis e caminhonetes), pesados (ônibus e caminhões) e motocicletas, em cada ponto, durante o período de 5 minutos de medição acústica.

A contagem foi realizada de forma manual, e os veículos eram contados a medida que passavam em frente ao medidor sonoro, em ambos os lados da via, com exceção da Praça Oscar Thompson Filho, que devido a grande distância das vias pela presença da praça (cerca de 29 metros), foram contados os veículos apenas da via onde o medidor estava instalado.

3.3.4 Parâmetros acústicos

Para realizar as medições acústicas foram utilizados um medidor de nível sonoro com *data logger*, modelo DEC-490 (INSTRUTHERM), e um calibrador acústico, modelo CAL-4000 (INSTRUTHERM), ambos com certificado de calibração¹³ em acordo com a norma NBR/ISO/IEC 17025:2017. O medidor de nível sonoro está em conformidade com a norma IEC 61672:2003, da Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC)¹⁴. No Brasil, a NBR 10151/2000 recomenda a utilização da ponderação "A" em conformidade com a norma internacional IEC 61672:2003. Na Figura 22 estão representados os equipamentos utilizados nessa pesquisa.

Figura 22- Equipamentos utilizados nas medições do Nível de Pressão Sonora(NPS): a) Medidor de Nível Sonoro DEC-490 (INSTRUTHERM); b) Calibrador Acústico Cal-4000 (INSTRUTHERM); c) Medidor de Nível Sonoro em procedimento de Calibração.



FONTE: COSTA (2015).

O medidor de nível sonoro utilizado se enquadra na classe 2 e possui precisão de $\pm 1,4$ dB e opera na escala de frequência de 31,5 até 8.000 Hz, com ponderações A e C. O calibrador está em conformidade com a norma IEC 60942:1988 e opera com saída de 94 e 114 dB na frequência de 1.000 Hz, se enquadra na classe 1, e possui precisão de $\pm 0,5$ dB.

O equipamento foi calibrado utilizando o calibrador acústico, antes e após o conjunto de medições, conforme especifica a norma NBR 10151. O calibrador é inserido no microfone do equipamento, sendo selecionado o nível 94 dB. O nível acústico é acusado no *display* do

¹³ Cópia dos certificados de calibração estão disponíveis no Anexo A.

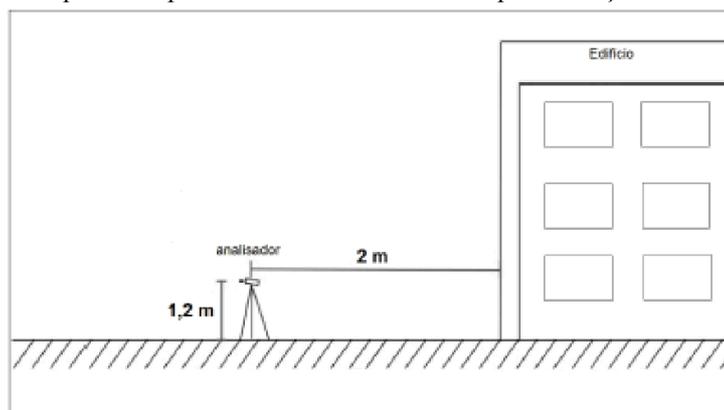
¹⁴ Em inglês: *International Electrotechnical Commission* – IEC.

medidor sonoro, sendo que deve-se ajustar com a chave de fendas, até a obtenção dos 94dB. O objetivo da calibração é verificar a sensibilidade do aparelho ajustando-o, se necessário, para garantir a precisão dos resultados (BRUEL e KJAER 2000). Após a calibração, o filtro protetor de vento (*windscreen*) é acoplado ao microfone do equipamento, com o objetivo de minimizar possíveis interferências causadas por ventos.

Para o início das medições, o medidor de nível sonoro foi configurado em modo de resposta *fast*, programado para registro dos dados a cada 5 s, na curva de ponderação "A", em uma faixa dinâmica de 30 a 130 dB. As medições foram realizadas durante o período de cinco minutos, assim como utilizado por Giunta (2013). A escolha do tempo de amostragem está de acordo com a NBR 10151/2000 que determina que o tempo de medição deve ser escolhido de forma a permitir a caracterização do ruído em questão. Murgel (2007) também indica que, em vias de tráfego intenso, um tempo de amostragem de 5 a 10 minutos é suficiente para fornecer resultados representativos.

Para a realização das medições, foi observada a altura de 1,20m do equipamento até o solo, e obedecida a distância mínima de 2,00 m de superfícies refletoras, como muros, paredes ou veículos (Figura 23), sendo o equipamento deslocado sempre que existissem veículos neste raio mínimo, e a informação anotada. Apenas no ponto 14 o aparelho foi posicionado no canteiro central da via, para evitar interferência de pedestres e equipamentos sonoros do interior e da fachada do comércio, nas proximidades do ponto.

Figura 23- Esquema do posicionamento do sonômetro para medições de ruído externo.



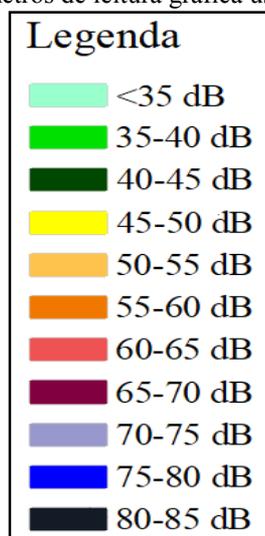
FONTE: Vieira (2018).

As ocorrências de alarmes, buzinas, equipamentos de som e outros foram anotados, pois podem interferir no registro dos níveis de pressão sonora, além de auxiliar a análise de resultados.

3.4 TRATAMENTO DE DADOS

Após as medições os dados foram descarregados no computador, através do *software* do próprio equipamento, tabulados em planilha eletrônica, para a geração de gráficos e tabelas, e como base para a construção dos mapas acústicos. Estes mapas foram construídos utilizando como recurso o software AutoCad e *Google Maps*. Para facilitar a compreensão dos níveis de pressão sonora obtidos em cada horário de medição, foi usada a definição gráfica em cores, a mesma usada em softwares acústicos, escalonadas em onze faixas de cores distintas, como ilustra a Figura 24.

Figura 24- Parâmetros de leitura gráfica usados em acústica .



FONTE: Adaptado de Gaburro (2016).

Além disso, foi realizada correlação estatística entre os dados acústico e de tráfego veicular, usando o software excel, com a geração de gráficos e equações.

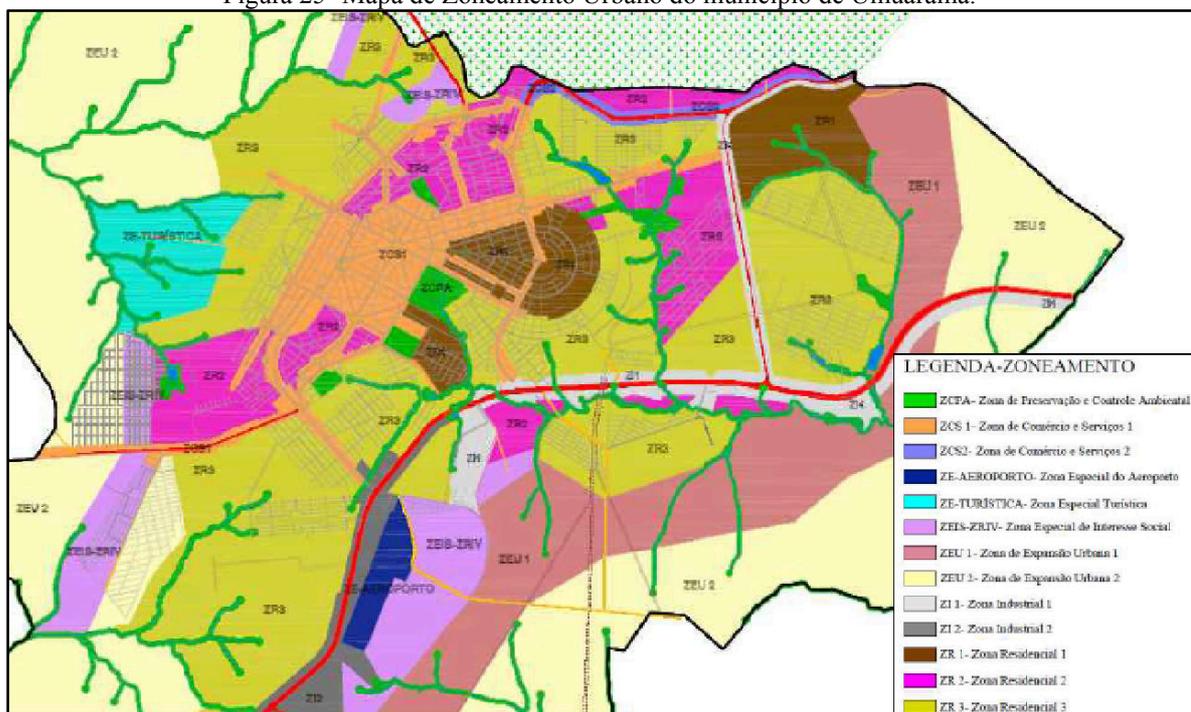
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, são apresentados os dados coletados na área de estudo delimitada. Foram relacionadas informações relativas aos parâmetros geométricos/ morfológicos da área, parâmetros meteorológicos, de contagem veicular e os parâmetros acústicos e são apresentadas também as análises e discussão realizadas a partir dos dados.

4.1 PARÂMETROS GEOMÉTRICOS/ MORFOLÓGICOS

De acordo com o Zoneamento Urbano da cidade de Umuarama, a área de estudo está localizada na Zona de Comércio e Serviços 1 (ZCS1) (PMU, 2018). A Figura 25 ilustra o Zoneamento Urbano do município de Umuarama.

Figura 25- Mapa de Zoneamento Urbano do município de Umuarama.



FONTE: PMU (2018), adaptado pela autora.

Na última versão do Plano Diretor do município, do ano 2004, a mesma área pertencia à três diferentes zonas: Zona Residencial de Baixa Densidade (ZRBD), Zona Central (ZC) e

Zona de Comércio e Serviços (ZCS) (PMU, 2004). Ao caracterizar a região como ZCS, automaticamente a PMU aumenta o limite máximo permissível no horário diurno para 60 dB(A), e 55 dB(A) para o turno noturno, sem levar em consideração a presença de áreas hospitalares, em que os limites máximos devem ser inferiores, conforme já mostrado nas Tabelas 3 e 4.

A seguir são apresentadas imagens dos locais onde o equipamento foi instalado para realizar as medições, e a ordem de apresentação está de acordo com as Zonas de Silêncio. Primeiramente são apresentados os pontos P1 a P6, referentes à Zona do Hospital A, a seguir, os pontos P7, P8, P9, P12 e P15¹⁵, referentes à Zona do Hospital B, e por último os pontos P10, P11, P13, P14 e P15, referentes à Zona do Hospital C.

Zona de Silêncio do Hospital A

PONTO P1- Rua Ivilhema ou Generino Delfino Coelho

O ponto P1 localiza-se na Rua Ivilhema (Figura 26), também chamada de Rua Generino Delfino Coelho, sendo uma via local, perfil em "U", sendo que o ponto é margeado pelos dois lados por edificações de dois pavimentos. Quanto ao entorno urbano: i) rua com uma única via de mão-dupla, asfaltada, com passeio em concreto de um lado da via, e do outro lado, concreto com faixa ajardinada revestida com grama; ii) predominância de edificações residenciais, de um ou dois pavimentos, com muros em alvenaria, rebocados e pintados, com cerca de 2,5 m de altura; iii) é uma rua bastante arborizada, contando exemplares de Sibipiruna¹⁶ (de 12 a 13 m de altura), Mangabeira¹⁷ (cerca de 10 m de altura), Oiti¹⁸ (6 m de altura) e alguns Pinheiros Ornamentais (3 m de altura); iv) fluxo local de veículos.

¹⁵ O ponto P15 é um ponto em comum, tanto da Zona de Silêncio do Hospital B, como da Zona de Silêncio do Hospital C.

¹⁶ A Sibipiruna é uma árvore originária da Mata Atlântica, atinge alturas de 8 a 16 metros, por possuir copa densa proporciona bastante sombra, e necessita de uma poda a cada 5 anos, de acordo com a Secretaria de Meio Ambiente e Agricultura de Umuarama.

¹⁷ A Mangabeira é uma árvore de porte médio, com altura variando de 4 a 7 m, podendo chegar até 15 m, de crescimento lento, copa ampla, às vezes mais ramificada que alta. O tronco possui de 20 a 30 cm. Pelo seu porte e forma da copa, pode ser utilizada na arborização de ruas estreitas.

¹⁸ O Oiti é uma espécie de árvore que atinge altura máxima de 15 m , com tronco de 30 a 50 cm de diâmetro. Sua copa frondosa e as raízes não são agressivas. Fornece ótima sombra, sendo por isso perfeita para plantio em praças, jardins, ruas e avenidas.

Figura 26- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 1.



PONTO P2- Rua Amambaí

O ponto P2 localiza-se na Rua Amambaí (Figura 27), uma via local, perfil em "U", sendo o ponto margeado por edificações dos dois lados da via: de um lado, edificação de dois pavimentos, e do outro, edificação térrea. Quanto ao entorno urbano: i) rua com uma única via de mão-dupla, asfaltada, com passeio em concreto; ii) de um lado da via há predominância de edificações residenciais, de um pavimento, com gradeamento frontal no limite do terreno, e do outro lado, a fachada posterior do Hospital A, com muro em alvenaria, rebocado e pintado, com 2,5 m de altura; iii) há exemplares de Sibipiruna, de aproximadamente 12 m de altura; iv) fluxo local de veículos, predominantemente.

Figura 27- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 2.



PONTO P3- Praça Oscar Thompson Filho

O ponto P3 localiza-se na Praça Oscar Thompson Filho (Figura 28), uma via coletora, perfil em "L" margeada de um lado por edifício de dois pavimentos, e do outro por uma área livre.

Figura 28- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 3.



Quanto ao entorno urbano: i) avenida com duas vias, asfaltadas, com passeio em concreto, e praça gramada no centro das vias, cumprindo papel de canteiro central; ii) de um lado da via é a fachada lateral do Hospital A, com dois pavimentos, ausência de muro, sendo a fachada em material reflexivo, alvenaria rebocada e pintada e esquadrias em vidro, e do outro lado, a Praça Oscar Thompson, um campo livre; iii) há exemplares de Sibipiruna, de aproximadamente 12 m de altura e alguns Ipês¹⁹, com cerca de 10 m de altura; iv) fluxo de veículos ocorre pelos usuários que se destinam ao Anel Central da Rodoviária, bem como às Avenidas Manaus e Ângelo Moreira da Fonseca, e apesar de ser uma via coletora não há grande fluxo de veículos.

PONTOS P4 e P5- Avenida Manaus

- PONTO P4:

¹⁹ O Ipê é uma árvore de 6 a 14 m de altura, com tronco tortuoso, de 30 a 40 cm. Durante o inverno, as folhas do ipê caem e a árvore fica completamente despida, e no início da primavera, entretanto, ela cobre-se inteiramente com sua floração, que possui diversas colorações.

O ponto P4 localiza-se na Av. Manaus (Figura 29), uma via perimetral, perfil em "U" margeada de um lado por edifício de dois pavimentos, e do outro por edifícios térreos.

Figura 29- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 4.



Quanto ao entorno urbano: i) avenida com duas vias, asfaltadas, com canteiro central com revestimento em grama, com passeios em ambos os lados da via em pedra portuguesa; ii) de um lado da via é a fachada principal do Hospital A, com a inexistência de muro no limite do terreno. A edificação possui dois pavimentos, sendo a fachada com materiais reflexivos (alvenaria rebocada e pintada, com esquadrias em vidro), e do outro lado da via, presença de edifícios comerciais térreos, com as mesmas características construtivas; iii) há exemplares de Ipês no canteiro central, com cerca de 10 m de altura, na fachada do Hospital A existem Palmeiras Rabo de Raposa, e do outro lado da via, alguns exemplares de Oiti, com cerca de 6 m de altura; iv) fluxo intenso de veículos, tanto do centro para os bairros, como vice versa.

- PONTO P5

O ponto P5 localiza-se na mesma via em que está P4, e também possui perfil em "U", margeado por edifícios térreos dos dois lados da via (Figura 30). Quanto ao entorno urbano: i) avenida com duas vias de duas pistas, asfaltadas, com canteiro central revestido em grama, com passeio em concreto de um lado e do outro, concreto com presença de faixa revestida com grama e jardim com Palmeira Cica; ii) em ambos os lados da via há presença de edifícios comerciais térreos, sem muro no limite do terreno, cujas fachadas são em material reflexivo, em

alvenaria, rebocada e pintada com esquadrias em vidro temperado; iii) há exemplares de Ipês no canteiro central, com cerca de 10 m de altura; iv) fluxo intenso de veículos.

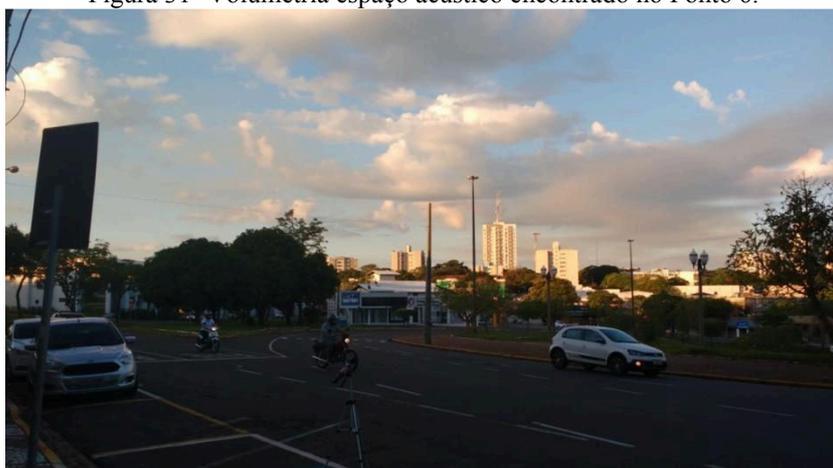
Figura 30- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 5.



PONTO P6- Anel da Praça da Bíblia

O ponto P6 localiza-se no Anel da Praça da Bíblia, onde está localizado o Terminal de Ônibus de Umuarama, via caracterizada como anel central, possui perfil em "L", margeado por edifício de 12 pavimentos de um lado da via, e do outro, campo livre (Figura 31).

Figura 31- Volumetria espaço acústico encontrado no Ponto 6.



Quanto ao entorno urbano: i) avenida com via de três pistas, asfaltadas, com passeio em concreto dos dois lados; ii) de um lado da via existe um edifício residencial, com lojas no

andar térreo, sem muro no limite do terreno, sendo a fachada composta por materiais reflexivos: alvenaria rebocada e pintada e esquadrias em vidro, e do outro lado, a Praça da Bíblia, com cerca de 55 m de campo livre, com revestimento em grama; iii) há exemplares de Mangueiras (h=8-10m), Mangubeiras (h=12 m) e Sibipiruna (h=10-12 m), na praça; iv) fluxo intenso de veículos, tanto para outros locais no centro da cidade, quanto para os bairros.

Zona de Silêncio do Hospital B

PONTO P7- Rua Guadiana

O ponto P7 localiza-se na Rua Guadiana, uma via local e possui perfil em "U", margeado por edifício de 02 pavimentos de um lado da via, e do outro, edifício térreo (Figura 32). Quanto ao entorno urbano: i) rua com duas pistas, mão única, asfaltada, com passeio em concreto dos dois lados da via, canteiro gramado com algumas Palmeiras, que funciona como limite do terreno da rodoviária; ii) de um lado da via funciona a Estação Rodoviária de Umuarama, edificação com 02 pavimentos, com lojas no andar térreo, sem muro no limite do terreno, sendo a fachada composta por material reflexivo: alvenaria rebocada e pintada, e do outro lado, edificações comerciais térreas, cuja fachadas são também em alvenaria e há também a presença de vidro nas esquadrias; iii) há 02 exemplares de Sibipiruna (h=10-12 m) no local; iv) fluxo constante de veículos, mas não é considerado intenso.

Figura 32- Volumetria espaço acústico encontrado no Ponto 7.



PONTO P8- Avenida Ipiranga

O ponto P8 localiza-se na Avenida Ipiranga, uma via classificada como Anel Central, possui perfil em "U", margeado por edifício de 02 pavimentos de um lado da via, e do outro, edifício térreo (Figura 33).

Figura 33- Volumetria espaço acústico encontrado no Ponto 8.



Quanto ao entorno urbano: i) avenida com duas pistas, asfaltada, com canteiro central em pavimento tipo intertravado, em concreto, que funciona como estacionamento rotativo e passeio em concreto dos dois lados da via; ii) de um lado da via localiza-se a fachada lateral do Hospital B, com 02 pavimentos, sem muro no limite do terreno, sendo a fachada composta por material reflexivo: alvenaria rebocada e pintada e vidro, e do outro lado da via, lojas comerciais térreas, possuindo as fachadas o mesmo material construtivo do Hospital, também reflexivo; iii) há exemplares de Sibipiruna (h=10-12 m) apenas do lado da via onde localiza-se o hospital, e exemplares de Flamboyant (h=10 m) no canteiro central, não possuindo nenhum exemplar de vegetação do outro lado da pista; iv) fluxo intenso de veículos, tanto para o centro como para os bairros.

PONTO P9- Rua Perobal

O ponto P9 localiza-se na Rua Perobal, uma via classificada como local, possui perfil em "U", margeado por edifício de 02 pavimentos de um lado da via, e do outro, edifício térreo (Figura 34). Quanto ao entorno urbano: i) rua com mão dupla, asfaltada, com passeio em

concreto dos dois lados da via; ii) de um lado da via localiza-se a fachada posterior do Hospital B, com 02 pavimentos, com muro de material reflexivo, em alvenaria rebocado e pintado, no limite do terreno, e do outro lado da via, edifício térreo de uso misto, com a fachada em alvenaria rebocada e pintada e revestimento cerâmico em alguns trechos; iii) há exemplares de Sibipiruna (h=10-12 m) e Oiti (h= 6 m), nos dois lados do calçamento; iv) fluxo local de veículos.

Figura 34- Volumetria espaço acústico encontrado no Ponto 9.



PONTO P12- Rua Jussara

O ponto P12 localiza-se na Rua Jussara, uma via classificada como local, porém, é rota de ônibus coletivo urbano. Possui perfil em "U", margeado por edifício de 02 pavimentos de um lado da via, e do outro, edifício térreo (Figura 35).

Figura 35- Volumetriado espaço acústico encontrado no Ponto 12.



Quanto ao entorno urbano: i) rua com mão dupla, asfaltada, com passeio pedra portuguesa de um lado, e em concreto do outro lado; ii) de um lado da via localiza-se a fachada principal do Hospital B, com 02 pavimentos, em material reflexivo: alvenaria rebocada e pintada, e do outro lado, edificações de uso misto, térreas, com a fachada também em alvenaria e esquadrias em vidro; iii) há exemplares de Sibipiruna (h=10-12 m) e Oiti (h= 6 m), e Mangubeira (12-15 m); iv) fluxo constante de veículos, incluindo ônibus.

PONTO P15- Avenida Brasil

O ponto P15 localiza-se na Avenida Brasil, uma via classificada como estrutural, com perfil em "U", margeado por edifícios térreos de ambos os lados da via (Figura 36).

Figura 36- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 15.



Quanto ao entorno urbano: i) avenida com duas vias, asfaltada, com canteiro central com pequenas faixas de grama e trechos que funcionam como estacionamento rotativo, com passeio em pedra portuguesa de um lado da pista, e do outro, em concreto; ii) de ambos os lados da avenida as edificações são tipo comercial térreas, sem muro, sendo as fachadas em alvenaria rebocada e pintada, com vidro nas esquadrias; iii) há exemplares de Sibipiruna (h=10-12 m), Oiti (h= 6 m), Mangubeira (h=12-15 m) e Flamboyant (h=10 m) no canteiro central, sendo os passeios praticamente desprovidos de vegetação (apenas 02 exemplares de Ficus, com 2,5m de altura, próximo ao ponto de instalação do sonômetro); fluxo contínuo e intenso de veículos.

Zona de Silêncio do Hospital C

PONTO P10- Rua Guadiana

O ponto P10 localiza-se na Rua Guadiana, uma via classificada como local, com perfil em "U", margeado por edifício de dois pavimentos de um lado, e três pavimentos do outro lado da via (Figura 37).

Figura 37- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 10.



Quanto ao entorno urbano: i) rua com duas vias, mão dupla, asfaltada, com passeio em pedra portuguesa dos dois lados; ii) de um lado da via localiza-se a fachada principal do Hospital C, um edifício de três pavimentos, e do outro lado, edifícios comerciais de dois pavimentos, em ambos os lados da avenida não há muro, sendo as fachadas em material reflexivo: alvenaria rebocada e pintada, com vidro nas esquadrias; iii) na fachada do Hospital C não há árvores plantadas, sendo que apenas do outro lado da via há exemplares Mangubeira (h=8 m) , Oiti (h=6m) e Pata de Vaca (h=6m); limitado fluxo de veículos.

PONTOS P11 e P14- Avenida Paraná:

PONTO P11

O ponto P11 localiza-se na Avenida Paraná, uma via estrutural, com perfil em "U", margeado por edifícios de dois pavimentos de ambos os lados da via (Figura 38).

Figura 38- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 11.



Quanto ao entorno urbano: i) avenida com duas vias, asfaltada, com canteiro central com áreas revestidas por grama e trechos revestidos em pavimento intertravado, em concreto, que funcionam como estacionamento rotativo e passeios em concreto; ii) de ambos os lados da avenida as edificações são de uso misto, prevalecendo o comércio. De um lado, localiza-se a fachada posterior do Hospital C, sendo o muro em alvenaria com revestimento cerâmico e esquadria em ferro fundido vazado, e do outro lado da via, edificação com dois pavimentos, com a fachada em alvenaria rebocada e pintada e esquadrias em vidro; iii) há exemplares de Sibipiruna (h=10-12 m) e Flamboyant (h=10 m) no canteiro central, sendo os passeios desprovidos de vegetação; iv) fluxo intenso de veículos durante todo o dia e mesmo aos finais de semana.

PONTO 14

Este ponto possui perfil em "U", margeado por edifícios térreos de ambos os lados da via (Figura 39). Quanto ao entorno urbano: i) avenida com duas pistas, asfaltada, com canteiro central com áreas revestidas por pedra portuguesa e trechos revestidos em pavimento intertravado, em concreto, que funcionam como estacionamento rotativo e calçadas em concreto; ii) de ambos os lados da avenida, as edificações são de uso misto, prevalecendo o comércio, sendo as fachadas em alvenaria rebocada e pintada e esquadrias em vidro, chapa de aço ou alumínio; iii) há exemplares de Sibipiruna (h=10-12 m) no canteiro central e nos passeios; iv) fluxo intenso de veículos durante todo o dia e mesmo aos finais de semana.

Figura 39- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 14.



PONTO P13- Rua Governador Ney Braga

O ponto P13 localiza-se na Rua Jussara, uma via classificada como Anel Central, com perfil em "U", margeado por edifício de 03 pavimentos de um lado da via, e do outro, edifícios térreos (Figura 40).

Figura 40- Volumetria do espaço acústico encontrado no Ponto 13.



Quanto ao entorno urbano: i) avenida com duas pistas, sentido único, asfaltada, com passeio em concreto de um lado, e pedra portuguesa do outro; ii) de um lado da via localiza-se a fachada lateral do Hospital C, com 03 pavimentos, em material reflexivo: alvenaria rebocada e pintada, e do outro lado, edificações de uso misto, térreas, com a fachada também em

alvenaria e esquadrias em vidro; iii) há exemplares de Sibipiruna (h=10-12 m) e Oiti (h= 6 m) ao longo da via, porém, a fachada do hospital é desprovida de vegetação; iv) fluxo constante de veículos.

A Tabela 8 resume algumas características geométricas e morfológicas da área estudada.

Tabela 8- Resumo das características geométricas e morfológicas da área estudada.

Zona de Silêncio	Ponto	Espaço Acústico	Perfil da via	Tipo de edificações predominantes	Largura da via (m)	Largura do passeio (m) ⁽¹⁾	Largura do canteiro central (m)	Inclin. da via (%)	Tipo de pavimento da via	Tipo de pavimento do passeio
Hospital A	P1	Fechado	"U"	Residenciais	10,00	5,04		0%	Asfalto	Concreto
	P2	Fechado	"U"	Residenciais	10,00	4,83		0%	Asfalto	Concreto
	P3	Aberto	"L"	Uso misto	10,08	4,55		-1%	Asfalto	Concreto
	P4	Fechado	"U"	Uso misto	16,10	4,73	3,95	0%	Asfalto	Pedra Portuguesa Concreto/grama
	P5	Fechado	"U"	Uso misto	16,10	4,73	3,95	-2%	Asfalto	Concreto/grama
	P6	Aberto	"L"	Uso misto	19,78	5,46	50,00 ⁽²⁾	0%	Asfalto	Concreto
Hospital B	P7	Fechado	"U"	Uso misto	21,00 ⁽³⁾	4,37	0,70	-2%	Asfalto	Concreto
	P8	Fechado	"U"	Uso misto	17,06	4,83	7,03	1%	Asfalto	Concreto
	P9	Fechado	"U"	Uso misto	10,95	4,42		-1%	Asfalto	Concreto Pedra Port./
	P12	Fechado	"U"	Uso misto	10,00	4,28		-1%	Asfalto	Concreto Pedra Portuguesa
	P15	Fechado	"U"	Uso misto	18,00	4,96	7,12	-3%	Asfalto	Concreto Pedra Portuguesa
Hospital C	P10	Fechado	"U"	Uso misto	11,00	4,50		-1%	Asfalto	Concreto Pedra Portuguesa
	P11	Fechado	"U"	Uso misto	16,00	5,08	9,34	0%	Asfalto	Concreto Pedra Port./
	P13	Fechado	"U"	Uso misto	11,08	4,28		-2%	Asfalto	Concreto
	P14	Fechado	"U"	Uso misto	16,00	5,08	9,34	0%	Asfalto	Concreto Pedra Port./
	P15	Fechado	"U"	Uso misto	18,00	4,96	7,12	-3%	Asfalto	Concreto

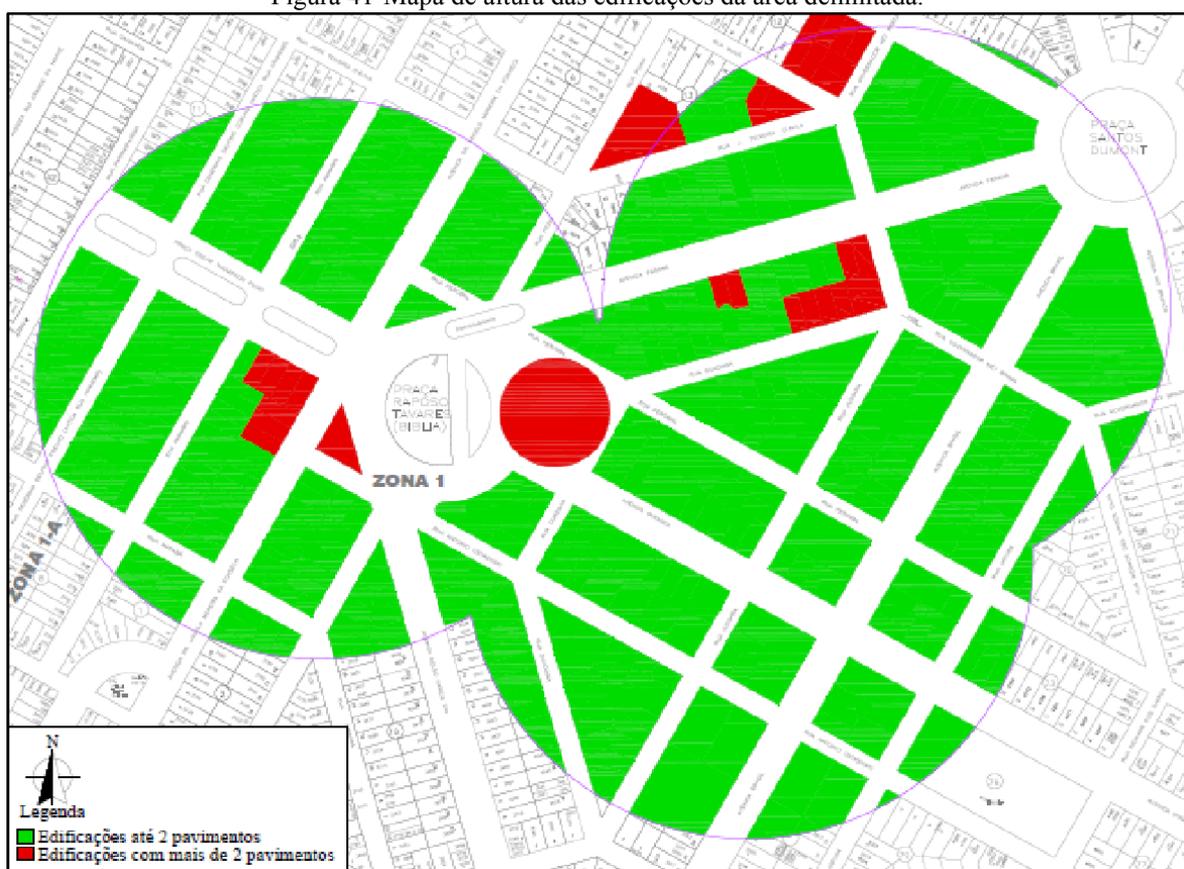
(1) Largura de cada um dos passeios;

(2) Largura aproximada Praça da Bíblia, o espaço gramado em frente ao ponto de medição;

(3) Largura aproximada da via (6,90 m) + pátio de estacionamento do Terminal Rodoviário de Umuarama (14,90 m).

É possível perceber após a análise da morfologia da área que, em toda a região estudada predominam as edificações de uso comercial e misto, na grande maioria dos casos composta por edificações térreas ou de dois pavimentos, sendo encontrados poucos casos de edificações com alturas superiores a três pavimentos. Há apenas um edifício de múltiplos pavimentos localizado no Anel da Praça da Bíblia, nas proximidades do ponto P6, pertencente ao raio de 200 metros da Zona de Silêncio do Hospital A (Figura 41).

Figura 41-Mapa de altura das edificações da área delimitada.



FONTE: PMU, adaptado pela autora

De acordo com Valadares (1997) quando os dados acústicos são relacionados com os dados geométricos, grandezas como declividade da via, largura da via e distância entre edificações podem influenciar nos valores de L_{Aeq} medidos.

Como já foi visto, quanto maior a relação entre altura das edificações pela distância entre elas (h/d), maior é a possibilidade de interferência das reflexões sonoras entre as fachadas, no nível de ruído às margens da via. Se esta relação for maior que 1, caracteriza-se o efeito

cânion, que pode gerar incrementos significativos nos níveis de ruído (BALZAN, 2011), fato que não ocorre na área estudada, pois a relação entre a altura e a distância (h/d) dos edifícios fica entre 0,20 e 0,51.

Além disso, conforme mostra a Tabela 8, a inclinação máxima de vias ocorre em P15, $i= 3\%$, e sabe-se que quando a inclinação da via for inferior a 3%, não haverá interferência sonora significativa – pois o acréscimo será menor que 01 dB(A), portanto, para efeito de classificação, todas as vias deste estudo foram consideradas planas.

Quanto ao tipo de pavimento da via, solos acusticamente duros, como asfalto, terra batida, solo inundado podem causar amplificação média de aproximadamente +3 dB (BISTAFA, 2011, p. 210). Porém, de acordo com Florêncio (2018), o *software* SoundPLAN®, usado para mapeamento e predição sonora, considera no cálculo que o asfalto não ocasiona aumento dos níveis de pressão sonora (+0dB), e neste sentido, decidiu-se também por desconsiderar amplificação sonora.

GERGES (1992) concluiu que para uma atenuação de 2 dB em 1kHz é necessário uma área de árvores densas à 10 m de distância da fonte e com uma largura de 20m, e quando a grama for densa e houver folhagens no solo, essa atenuação pode aumentar para 4 dB.

Como a área de estudo apresenta apenas pequenas áreas verdes, como é o caso de alguns gramados e árvores em canteiros de vias e ou em passeios, conclui-se que não interferem significativamente na atenuação sonora, devido quantidade insuficiente de exemplares, disposição e profundidade, portanto não serão consideradas nos cálculos.

É de suma importância que as prefeituras tenham Planos de Arborização Urbana, que sejam eficientes, pois as árvores no ambiente urbano dentre vários benefícios, tem considerável potencial de retenção de partículas e gases poluentes da atmosfera, além de atuar na estabilidade e/ou melhoria microclimática pelo fato de liberar grandes volumes de vapor de água na atmosfera, proporcionar sombra, etc (PINHEIRO e DE SOUZA, 2017).

E mesmo a vegetação presente na área não interferindo eficazmente na atenuação sonora, em função da área que ocupa, a vegetação pode servir como uma barreira visual, ocasionando um efeito psicológico mais favorável ao receptor (GERGES, 1992).

4.2 PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos coletados foram: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, conforme mostra a Tabela 9.

Tabela 9- Parâmetros meteorológicos de Umuarama no período da coleta de dados.

Data	Precipitação - Total (mm)	Temperatura Média °C	Umidade Relativa- Média UR (%)	Direção do vento predominante	Velocidade do vento- Média (m/s)
10/08/2018	0,0	11,98	74,76	225	1,11
14/08/2018	0,0	20,51	58,75	90	2,32
16/08/2018	0,0	18,87	75,17	135	2,38
19/08/2018	0,0	23,29	59,64	45	3,11
21/08/2018	0,4	10,73	98,69	225	2,09
29/08/2018	0,0	24,54	57,89	45	3,82
09/09/2018	0,0	25,22	41,11	90	1,55
07/11/2018	0,0	24,57	72,34	135	2,31
08/11/2018	0,0	23,52	65,59	90	4,19
14/03/2019	15,6	23,12	95,33	45	1,03
15/03/2019	0,0	24,83	87,05	270	1,20
17/03/2019	31,6	22,14	97,51	90	2,84
21/03/2019	0,0	22,99	87,08	135	1,25
24/03/2019	0,0	25,86	70,62	135	1,02
31/03/2019	0,0	24,95	68,71	90	1,71

FONTE: SIMEPAR (2019).

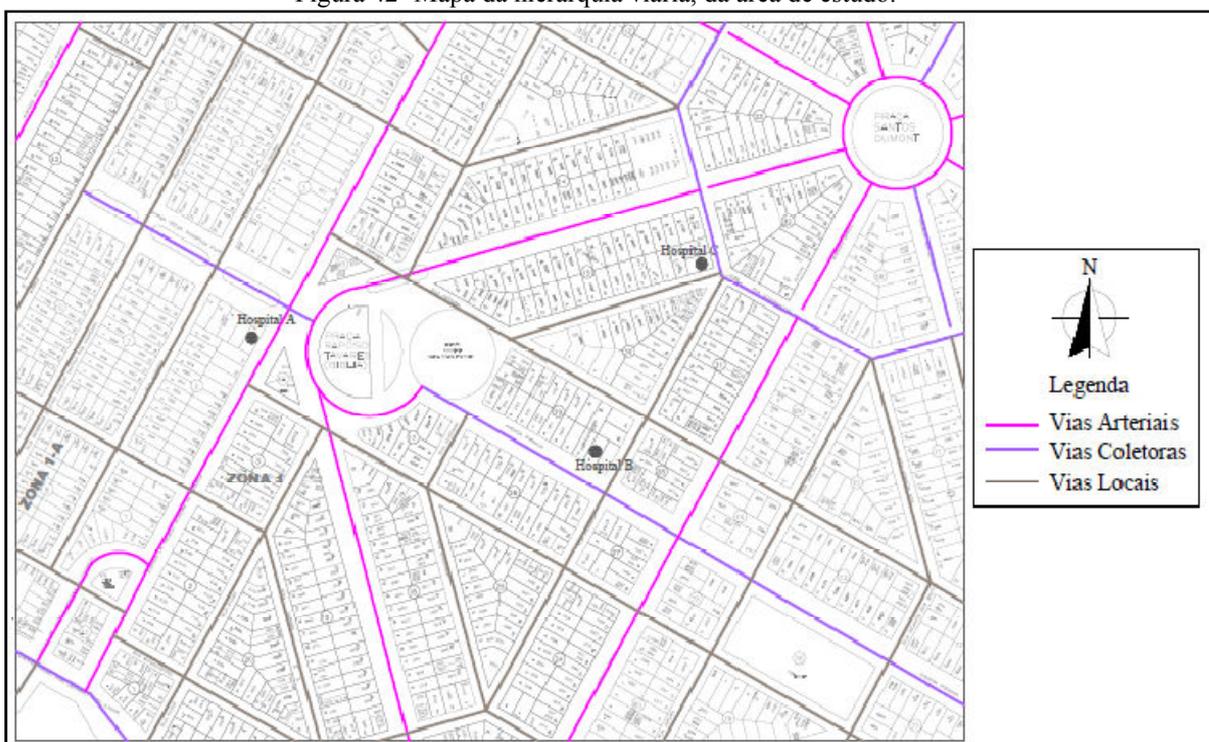
A área de estudo foi analisada seguindo as recomendações de Palhares *et al.* (1996) e nenhuma medição foi realizada em desacordo com as especificações da NBR 10151/2000, ou seja, com condições meteorológicas adversas, e a pista de rolamento estava seca, sem lâminas de água, gelo ou neve, conforme preconiza a ISO 1996/2.

Mesmo nos dias 14/03/2019 e 17/03/19, que foram dias com alguma precipitação, as medições foram realizadas no momento em que não chovia.

4.3 PARÂMETROS DE TRÁFEGO VEICULAR

Observa-se que, que além de vias locais, a área estudada é permeada por vias arteriais e coletoras, com características de fluxo e variadas. De acordo com o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), os limites de velocidade para vias urbanas é de 30 km/h para vias locais, 40 km/h para vias coletoras e 60 km/h para vias arteriais. De modo a facilitar a visualização, a Figura 42 apresenta a configuração da hierarquia viária da área de estudo, segundo a LC nº446/2018 da PMU (PMU, 2018).

Figura 42- Mapa da hierarquia viária, da área de estudo.



FONTE: PMU(2017), adaptado pela autora.

A LC nº435/2017 da PMU classifica as vias do município e especifica suas funções, e são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3- Classificação das vias do município de Umuarama e suas funções.

Tipo de via	Características
Rodovias de Ligação Regional	Compreendem aquelas de responsabilidade da União ou do Estado, com a função de interligação com os municípios ou estados vizinhos;
Estradas Municipais	São as que, pavimentadas ou não no interior do Município, estruturam o sistema de orientação dos principais fluxos de carga com a função de interligação das diversas partes do território, bem como a comunidades rurais e a outros municípios;

Continuação: Quadro 3- Classificação das vias do município de Umuarama e suas funções.

Tipo de via	Características
Vias Arteriais	São vias que têm a finalidade de canalizar o tráfego de um ponto a outro dentro da área urbana, e se constituem como vias estruturantes da área urbana. Tais vias alimentam e coletam o tráfego das vias Coletoras e Locais;
Vias Coletoras	São as que coletam o tráfego das vias locais e encaminham-no às de maior fluxo (Arteriais);
Vias Locais	Caracterizadas pelo baixo volume de tráfego e pela função prioritária de acesso às propriedades e aos lotes;
Vias Marginais	São vias auxiliares de via arteriais, de rodovias e estradas, adjacentes, geralmente paralelas, que margeiam e permitem acesso aos lotes lindeiros, possibilitando a limitação de acesso à via principal.
Vias Ecológicas	São vias adjacentes, geralmente paralelas, que margeia cursos de rios e áreas verdes, devendo obrigatoriamente ter estrutura de no mínimo via coletora.

FONTE: PMU (2017).

Como os pontos estão localizados em vias com especificidades distintas, em termos de características de trânsito, e que podem fazer diferença na análise dos resultados acústicos, tais características estão retratadas na Tabela 10.

Tabela 10- Características viárias da área de estudo, com tipo de via, fluxo, tipo de controle e velocidade média permitida.

Ponto	Via	Tipo	Fluxo	Tipo de Controle	Velocidade (km/h)
1	Rua Ivilhema	Via Local	Intermitente	Sinalização Horizontal	30
2	Rua Amambaí	Via Local	Intermitente	Sinalização Horizontal	30
3	Praça Oscar Thompson Filho	Via Coletora	Intermitente	Sinaleiro	40
4 e 5	Avenida Manaus	Via Arterial	Contínuo	Sinaleiro	60
6	Praça da Bíblia	Via Arterial	Contínuo	Rotatória	60
7 e 10	Rua Guadiana	Via Local	Intermitente	Sinalização Horizontal	30
8	Avenida Ipiranga	Via Coletora	Contínuo	Sinaleiro	40
9	Rua Perobal	Via Local	Intermitente	Sinalização Horizontal	30
11 e 14	Avenida Paraná	Via Arterial	Contínuo	Sinaleiro	60
12	Rua Jussara	Via Local	Intermitente	Sinalização Horizontal	30
13	Rua Governador Ney Braga	Via Coletora	Contínuo	Sinaleiro	40
15	Avenida Brasil	Via Arterial	Contínuo	Sinaleiro	60

FONTE: A autora, adaptado de BALZAN (2011).

As Tabelas 11, 12 e 13 contêm a contagem veicular realizadas nos dias úteis, nos três horários de medição do turno diurno.

Tabela 11- Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno diurno (horário 07h00-09h00) nos dias úteis.

Zona de Silêncio	Ponto	1ª Amostragem				2ª Amostragem				3ª Amostragem			
		Contagem de veículos				Contagem de veículos				Contagem de veículos			
		M	V.L.	V.P.	V.T.	M	V.L.	V.P.	V.T.	M	V.L.	V.P.	V.T.
Hospital A	1	1	4	0	5	0	4	2	6	3	5	0	8
	2	5	15	0	20	14	9	0	23	4	9	0	13
	3	1	11	0	12	5	19	0	24	8	13	0	21
	4	8	35	2	45	25	85	0	110	32	63	1	96
	5	2	39	3	44	8	48	1	57	5	40	1	46
	6	7	45	2	54	14	49	11	74	24	42	7	73
Hospital B	7	18	1	1	20	8	7	0	15	3	7	2	12
	8	17	5	3	25	3	37	5	45	3	22	4	29
	9	9	0	0	9	2	5	0	7	2	9	1	12
	12	25	10	1	36	4	14	2	20	10	25	3	38
	15	12	86	5	103	46	9	2	57	20	50	4	74
Hospital C	10	3	15	0	18	14	2	1	17	4	11	1	16
	11	9	49	1	59	42	4	3	49	17	49	2	68
	13	5	19	0	24	30	3	0	33	6	24	5	35
	14	10	70	0	80	55	6	0	61	10	45	1	56
	15	12	86	5	103	46	9	2	57	20	50	4	74

Tabela 12-Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno diurno (horário 11h30-13h30) nos dias úteis.

Zona de Silêncio	Ponto	1ª Amostragem				2ª Amostragem				3ª Amostragem			
		Contagem de veículos				Contagem de veículos				Contagem de veículos			
		M	V.L.	V.P.	V.T.	M	V.L.	V.P.	V.T.	M	V.L.	V.P.	V.T.
Hospital A	1	1	4	0	5	0	6	0	6	1	4	0	5
	2	7	9	0	16	5	12	0	17	3	4	0	7
	3	2	9	0	11	3	9	0	12	0	7	0	7
	4	24	92	0	116	26	48	2	76	27	53	7	87
	5	25	41	2	68	25	91	4	120	20	71	4	95
	6	21	68	5	94	25	82	11	118	35	54	9	98
Hospital B	7	7	7	0	14	3	14	1	18	4	14	6	24
	8	5	24	1	30	4	41	6	51	8	32	8	48
	9	5	13	0	18	5	11	0	16	5	11	0	16
	12	8	22	2	32	6	19	3	28	6	18	3	27
	15	31	73	1	105	37	84	1	122	37	68	5	110

Continuação: Tabela 12-Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno diurno (horário 11h30-13h30) nos dias úteis.

Zona de Silêncio	Ponto	1ª Amostragem				2ª Amostragem				3ª Amostragem			
		Contagem de veículos				Contagem de veículos				Contagem de veículos			
		M	V.L.	V.P.	V.T.	M	V.L.	V.P.	V.T.	M	V.L.	V.P.	V.T.
Hospital C	10	6	13	1	20	4	15	0	19	5	14	2	21
	11	22	75	0	97	41	96	0	137	13	41	0	54
	13	11	19	0	30	13	20	1	34	10	23	2	35
	14	17	53	0	70	24	55	1	80	36	63	3	102
	15	31	73	1	105	37	84	1	122	37	68	5	110

Tabela 13- Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno diurno (horário 17h00-19h00) nos dias úteis.

Zona de Silêncio	Ponto	1ª Amostragem				2ª Amostragem				3ª Amostragem			
		Contagem de veículos				Contagem de veículos				Contagem de veículos			
		M	V.L.	V.P.	V.T.	M	V.L.	V.P.	V.T.	M	V.L.	V.P.	V.T.
Hospital A	1	0	2	0	2	1	2	0	3	1	6	0	7
	2	1	4	0	5	4	4	0	8	6	6	0	12
	3	4	9	0	13	2	4	0	6	5	11	0	16
	4	48	83	5	136	19	51	2	72	5	11	0	16
	5	28	79	1	108	15	69	1	85	26	62	0	88
	6	21	43	2	66	10	29	3	42	27	50	3	80
Hospital B	7	8	18	2	28	10	22	3	35	4	7	7	18
	8	13	40	3	56	4	39	0	43	9	46	6	61
	9	3	11	0	14	2	7	0	9	4	6	0	10
	12	7	16	4	27	12	14	4	30	6	22	3	31
	15	25	71	4	100	15	46	2	63	41	88	0	129
Hospital C	10	7	15	0	22	9	14	1	24	8	17	1	26
	11	43	94	0	137	23	71	0	94	36	91	2	129
	13	4	26	0	30	7	15	0	22	7	30	1	38
	14	27	90	0	117	51	88	0	139	32	51	1	84
	15	25	71	4	100	15	46	2	63	41	88	0	129

A tabela 14 possui a contagem veicular referente ao turno noturno, nos dias úteis:

Tabela 14- Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno noturno (horário 21h00-23h00) nos dias úteis.

Zona de Silêncio	Ponto	1ª Amostragem				2ª Amostragem				3ª Amostragem			
		Contagem de veículos				Contagem de veículos				Contagem de veículos			
		M	V.L.	V.P.	V.T.	M	V.L.	V.P.	V.T.	M	V.L.	V.P.	V.T.
Hospital A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
	2	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0
	3	0	2	1	3	0	0	0	0	1	0	0	1
	4	3	23	0	26	9	14	1	24	6	15	0	21
	5	2	3	0	5	4	9	0	13	5	10	1	16
	6	3	2	0	5	10	14	1	25	5	18	0	23
Hospital B	7	1	2	1	4	1	2	0	3	0	3	2	5
	8	2	2	1	5	1	6	2	9	0	3	0	3
	9	0	2	0	2	2	3	0	5	0	2	0	2
	12	1	5	0	6	3	9	1	13	0	4	0	4
	15	8	7	0	15	9	15	0	24	5	22	1	28
Hospital C	10	0	4	0	4	0	2	0	2	1	3	0	4
	11	4	4	0	8	8	23	0	31	9	25	0	34
	13	2	3	0	5	2	5	0	7	2	10	0	12
	14	4	14	0	18	4	18	0	22	5	16	3	24
	15	8	7	0	15	9	15	0	24	5	22	1	28

As tabelas 15 e 16 possuem, respectivamente a contagem veicular aos domingos, no turno diurno e noturno.

Tabela 15- Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno noturno (horário 07h00-09h00) aos domingos.

Zona de Silêncio	Ponto	1ª Amostragem				2ª Amostragem				3ª Amostragem			
		Contagem de veículos				Contagem de veículos				Contagem de veículos			
		M	V.L.	V.P.	V.T.	M	V.L.	V.P.	V.T.	M	V.L.	V.P.	V.T.
Hospital A	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
	2	1	0	0	1	0	5	0	5	1	1	0	2
	3	0	2	0	2	0	1	0	1	0	2	0	2
	4	7	11	1	19	8	18	0	26	5	10	1	16
	5	1	13	0	14	2	12	1	15	2	7	0	9
	6	8	21	2	31	2	19	2	23	1	17	2	20
Hospital B	7	0	2	0	2	3	2	2	7	3	5	1	9
	8	0	6	0	6	1	4	0	5	1	7	4	12
	9	0	4	0	4	0	1	0	1	1	1	0	2
	12	1	4	0	5	2	4	1	7	2	3	0	5
	15	5	11	0	16	1	12	0	13	4	19	0	23

Continuação: Tabela 15- Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno noturno (horário 07h00-09h00) aos domingos.

Zona de Silêncio	Ponto	1ª Amostragem				2ª Amostragem				3ª Amostragem			
		Contagem de veículos				Contagem de veículos				Contagem de veículos			
		M	V.L.	V.P.	V.T	M	V.L.	V.P.	V.T	M	V.L.	V.P.	V.T
Hospital C	10	0	1	1	2	1	1	1	3	1	4	0	1
	11	2	6	0	8	3	15	3	21	3	15	0	18
	13	2	12	0	14	0	7	0	7	0	5	0	5
	14	3	20	0	23	3	14	2	19	6	28	0	34
	15	5	11	0	16	1	12	0	13	4	19	0	23

Tabela 16- Contagem veicular, por ponto, por categoria (M= motos; V.L= veículos leves; V.P= veículos pesados; V.T= veículos totais), por amostragem, no turno diurno (horário 17h00-19h00) aos domingos.

Zona de Silêncio	Ponto	1ª Amostragem				2ª Amostragem				3ª Amostragem			
		Contagem de veículos				Contagem de veículos				Contagem de veículos			
		M	V.L.	V.P.	V.T	M	V.L.	V.P.	V.T	M	V.L.	V.P.	V.T
Hospital A	1	1	4	0	5	0	0	0	0	1	0	0	1
	2	0	0	0	0	0	2	0	2	3	8	0	11
	3	0	10	0	10	0	3	0	3	0	2	0	2
	4	14	35	0	49	13	35	0	48	16	38	0	54
	5	4	44	0	48	8	19	1	28	6	26	1	33
	6	12	36	2	50	11	29	2	42	11	38	1	50
Hospital B	7	1	1	3	5	3	2	0	5	1	2	0	3
	8	2	4	0	6	1	4	1	6	1	8	2	11
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
	12	1	2	1	4	0	1	0	1	2	1	0	3
	15	6	33	0	39	7	18	1	26	7	22	0	29
Hospital C	10	1	0	0	1	2	7	0	9	0	2	0	2
	11	10	48	0	58	7	42	0	49	6	17	0	23
	13	0	2	0	2	0	13	0	13	0	2	0	2
	14	5	20	0	25	10	48	0	58	9	36	0	45
	15	6	33	0	39	7	18	1	26	7	22	0	29

A partir dos dados elencados nas Tabelas de 11 a 14 foi gerada a Tabela 17, com as médias da contagem veicular para os dias úteis, turno diurno e noturno. E a partir das

Tabelas 15 e 16, foi gerada a Tabela 18, com os dados de tráfego relativo aos domingos, diurno e noturno.

Tabela 17- Média da contagem veicular aos dias úteis, no turno diurno e noturno por categoria (M=motos; VL= veículos leves; VP= veículos pesados; VT= veículos totais).

Zona Sensível	Ponto	Média Diurno				Média Noturno			
		M	V.L.	V.P.	V.T	M	V.L.	V.P.	V.T
Hospital A	1	0,44	2,56	0,41	3,41	0,00	1,00	0,00	1,00
	2	2,72	4,33	0,67	7,72	0,00	0,67	0,00	0,67
	3	1,83	5,44	1,11	8,39	0,33	0,67	0,33	1,33
	4	14,89	37,61	2,15	54,65	6,00	17,33	0,33	23,67
	5	10,39	33,67	2,41	46,46	3,67	7,33	0,33	11,33
	6	13,22	31,33	4,07	48,63	6,00	11,33	0,33	17,67
Hospital B	7	3,94	6,56	3,48	13,98	0,67	2,33	1,00	4,00
	8	4,17	17,72	4,33	26,22	1,00	3,67	1,00	5,67
	9	2,39	5,22	3,04	10,65	0,67	2,33	0,00	3,00
	12	5,33	11,89	5,04	22,26	1,33	6,00	0,33	7,67
	15	18,33	39,28	6,00	63,61	7,33	14,67	0,33	22,33
Hospital C	10	3,50	7,94	3,59	15,04	0,33	3,00	0,00	3,33
	11	17,17	40,33	3,96	61,46	7,00	17,33	0,00	24,33
	13	6,17	12,94	4,67	23,78	2,00	6,00	0,00	8,00
	14	16,72	36,94	5,22	58,89	4,33	16,00	1,00	21,33
	15	18,33	39,28	6,00	63,61	7,33	14,67	0,33	22,33

Tabela 18- Média da contagem veicular aos domingos, no turno diurno e noturno por categoria (M=motos; VL= veículos leves; VP= veículos pesados; VT= veículos totais).

Zona Sensível	Ponto	Diurno				Noturno			
		M	V.L.	V.P.	V.T	M	V.L.	V.P.	V.T
Hospital A	1	0,67	1,33	0,00	2,00	0,00	0,67	0,00	0,67
	2	1,00	3,33	0,00	4,33	0,67	2,00	0,00	2,67
	3	0,00	5,00	0,00	5,00	0,00	1,67	0,00	1,67
	4	14,33	36,00	0,00	50,33	6,67	13,00	0,67	20,33
	5	6,00	29,67	0,67	36,33	1,67	10,67	0,33	12,67
	6	11,33	34,33	1,67	47,33	3,67	19,00	2,00	24,67
Hospital B	7	1,67	1,67	1,00	4,33	2,00	3,00	1,00	6,00
	8	1,33	5,33	1,00	7,67	0,67	5,67	1,33	7,67
	9	0,33	0,33	0,00	0,67	0,33	2,00	0,00	2,33
	12	1,00	1,33	0,33	2,67	1,67	3,67	0,33	5,67
	15	6,67	24,33	0,33	31,33	3,33	14,00	0,00	17,33

Continuação: Tabela 18- Média da contagem veicular aos domingos, no turno diurno e noturno por categoria (M=motos; VL= veículos leves; VP= veículos pesados; VT= veículos totais).

Zona Sensível	Ponto	Diurno				Noturno			
		M	V.L.	V.P.	V.T	M	V.L.	V.P.	V.T
Hospital C	10	1,00	3,00	0,00	4,00	0,67	1,00	0,67	2,33
	11	7,67	35,67	0,00	43,33	2,67	12,00	1,00	15,67
	13	0,00	5,67	0,00	5,67	0,67	8,00	0,00	8,67
	14	8,00	34,67	0,00	42,67	4,00	20,67	0,67	25,33
	15	6,67	24,33	0,33	31,33	3,33	14,00	0,00	17,33

Para entender a relação entre o volume de veículos levantado, tanto aos dias úteis como aos domingos, com o nível de pressão sonora medido na área de estudo, estas grandezas serão correlacionadas no item 4.4.2.

4.4 PARÂMETROS ACÚSTICOS

Em cada ponto, foram realizadas medições de nível de pressão sonora de cinco minutos, em três amostragens para cada ponto, e como o equipamento sonômetro DEC-460 não obtém de forma automática o valor do L_{Aeq} , este foi calculado em planilha eletrônica, através da equação 04, conforme é indicado pela NBR 10151/2000, considerando n repetições (n=60) para cada amostragem.

Os dados foram compilados por horário de medição, para melhor compreensão do ambiente acústico da área em estudo, e neste primeiro momento, os valores de L_{Aeq} foram comparados com o NCA da NBR 10151/2000, que é a normativa nacional, e posteriormente, será considerado também o limite da LC nº065/1999, da Prefeitura Municipal de Umuarama.

Para facilitar a análise posterior, devem ser considerados alguns conceitos:

- $L_{Amáx}$: é o maior nível de pressão sonora medido no intervalo;
- $L_{Amín}$: é o menor nível de pressão sonora medido no intervalo;
- L_{Aeq} : nível de pressão sonora equivalente, referente ao intervalo de medição em questão;
- L_c : o nível de pressão sonora corrigido para ruído **sem** caráter impulsivo e **sem** componentes tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} .

- e. NCA: o nível de critério de avaliação para ambientes externos é o limite máximo permissível para o turno diurno e noturno, de acordo com a NBR 10151/2000.

A representação do L_{Aeq} , L_{Amin} e L_{Amax} de cada ponto, no referente horário, tanto nos dias úteis como aos domingos, foi obtida pela média dos três dias analisados.

Como em nenhum dos dias analisados houve a presença de componentes tonais ou de caráter impulsivo nas áreas analisadas, o L_{Aeq} é igual ao L_c , e este valor foi comparado com o NCA relativo ao horário, sendo que $L_c < NCA =$ Dentro do NCA; $L_c > NCA =$ Acima do NCA, e quando $L_c - erro < NCA =$ Dentro da ME.

A Margem de Erro (ME) considerada foi o desvio padrão entre as três amostragens do relativo horário, quando maior que 1,4 dB(A), e quando inferior, foi arredondada para este valor que é a precisão de fábrica do equipamento sonômetro utilizado.

As Tabelas 19, 20 e 21 mostram os resultados referentes ao turno diurno, nos dias úteis.

Tabela 19- Dados acústicos por Zona de Silêncio, referentes ao turno diurno, no horário das 07h00 min-09h00 min

Zona de Silêncio	Ponto	L máx dB(A)	L mín dB(A)	Leq dB(A)	Erro* dB(A)	L_c dB(A)	NCA dB(A)	Comparação com NCA	Valor acima do NCA
Hospital A	1	58,00	48,03	55,87	2,58	55,87	50,00	Acima do NCA	5,87
	2	75,33	52,83	67,07	9,46	67,07⁽⁺⁾	50,00	Acima do NCA	17,07
	3	70,57	53,73	64,19	9,84	64,19	50,00	Acima do NCA	14,19
	4	70,70	58,27	66,20	1,83	66,20	50,00	Acima do NCA	16,20
	5	66,17	57,37	65,30	1,48	65,30	50,00	Acima do NCA	15,30
	6	68,97	59,60	66,90	2,45	66,90	50,00	Acima do NCA	16,90
Hospital B	7	70,67	56,97	65,21	1,79	65,21	50,00	Acima do NCA	15,21
	8	73,80	49,57	63,38	3,47	63,38	50,00	Acima do NCA	13,38
	9	81,70	51,50	69,11	13,55	69,11⁽⁺⁾	50,00	Acima do NCA	19,11
	12	76,73	51,77	66,73	1,40	66,73	50,00	Acima do NCA	16,73
	15	77,83	53,97	66,55	1,40	66,55	50,00	Acima do NCA	16,55
Hospital C	10	68,80	50,07	59,83	1,74	59,83	50,00	Acima do NCA	9,83
	11	80,20	64,17	71,03	2,58	71,03⁽⁺⁾	50,00	Acima do NCA	21,03
	13	71,17	52,07	63,09	1,97	63,09	50,00	Acima do NCA	13,09
	14	75,53	55,53	65,33	1,68	65,33	50,00	Acima do NCA	15,33
	15	77,83	53,97	66,55	1,40	66,55	50,00	Acima do NCA	16,55

* Erro: é o desvio padrão entre o L_{Aeq} das três amostragens, no horário analisado. Quando inferior à 1,4 dB(A), este foi considerado 1,4 dB(A), que é o erro do equipamento sonômetro DEC-460.

⁽⁺⁾: maior valor encontrado no horário.

Nota-se a partir dos dados acima que, no horário analisado, das três Zonas de Silêncio, todos os pontos encontram-se acima do NCA. Na ZS do Hospital A, o maior NPS registrado foi encontrado em P2, 17,07 dB(A) acima do NCA e o menor em P1, 5,87 dB(A) acima. Na ZS do Hospital B, o maior NPS foi encontrado em P9 e ficou 19,11 dB(A) acima do NCA. Na ZS do Hospital C, o maior registro foi em P11, 21,03 dB(A) superior ao limite aceitável. O maior registro portanto, neste horário, foi em P11 (71,03 dB(A)), valor 30% acima do limite permissível.

Tabela 20- Dados acústicos por Zona de Silêncio, referentes ao turno diurno, no horário das 11h30 min-13h30 min.

Zona de Silêncio	Ponto	L máx dB(A)	L mín dB(A)	Leq dB(A)	Erro dB(A)	L _c dB(A)	NCA dB(A)	Comparação com NCA	Valor acima do NCA
Hospital A	1	56,07	45,00	53,20	0,07	53,20	50,00	Acima do NCA	3,20
	2	61,80	52,33	58,50	2,18	58,50	50,00	Acima do NCA	8,50
	3	62,03	51,10	58,62	1,27	58,62	50,00	Acima do NCA	8,62
	4	69,17	57,80	65,56	2,35	65,56	50,00	Acima do NCA	15,56
	5	75,17	59,77	69,67	3,21	69,67⁽⁺⁾	50,00	Acima do NCA	19,67
	6	69,53	59,67	67,54	1,46	67,54	50,00	Acima do NCA	17,54
Hospital B	7	74,00	52,03	63,46	1,70	63,46	50,00	Acima do NCA	13,46
	8	75,43	49,33	64,31	0,03	64,31	50,00	Acima do NCA	14,31
	9	78,03	48,47	63,06	1,88	63,06	50,00	Acima do NCA	13,06
	12	75,63	51,73	64,11	2,43	64,11	50,00	Acima do NCA	14,11
	15	82,47	53,17	68,18	2,88	68,18⁽⁺⁾	50,00	Acima do NCA	18,18
Hospital C	10	73,70	51,00	62,40	1,61	62,40	50,00	Acima do NCA	12,40
	11	76,47	59,30	68,48	0,24	68,48⁽⁺⁾	50,00	Acima do NCA	18,48
	13	76,17	52,60	64,68	0,83	64,68	50,00	Acima do NCA	14,68
	14	73,90	56,37	65,73	0,75	65,73	50,00	Acima do NCA	15,73
	15	82,47	53,17	68,18	2,88	68,18	50,00	Acima do NCA	18,18

* Erro: é o desvio padrão entre o L_{Aeq} das três amostragens, no horário analisado. Quando inferior à 1,4 dB(A), este foi considerado 1,4 dB(A), que é o erro do equipamento sonômetro DEC-460.

(+): maior valor encontrado no horário.

No horário próximo ao intervalo de almoço (11h30 min- 13h30 min), 100% dos pontos ficaram acima do NCA, e o maior NPS encontrado foi 69,67 dB(A) em P5, na ZS do Hospital A, seguido de P15 (68,18 dB(A)) e P11 (68,48 dB(A)), das outras duas áreas de silêncio. O maior NPS neste horário foi em P5 e ficou 28% acima do NCA.

Tabela 21- Dados acústicos por Zona de Silêncio, referentes ao turno diurno, no horário das 17h00 min-19h00 min.

Zona de Silêncio	Ponto	L máx dB(A)	L mín dB(A)	Leq dB(A)	Erro dB(A)	L _c dB(A)	NCA dB(A)	Comparação com NCA	Valor acima do NCA
Hospital A	1	66,57	41,47	54,20	1,67	54,20	50,00	Acima do NCA	4,20
	2	72,53	48,10	59,67	2,78	59,67	50,00	Acima do NCA	9,67
	3	68,23	47,33	58,09	1,78	58,09	50,00	Acima do NCA	8,09
	4	88,93	52,47	74,44	7,15	74,44⁽⁺⁾	50,00	Acima do NCA	24,44
	5	78,70	56,03	67,45	3,44	67,45	50,00	Acima do NCA	17,45
	6	77,77	52,43	67,13	4,07	67,13	50,00	Acima do NCA	17,13
Hospital B	7	74,93	61,27	67,14	1,08	67,14	50,00	Acima do NCA	17,14
	8	82,77	49,73	68,20	2,66	68,20	50,00	Acima do NCA	18,20
	9	71,83	48,77	59,21	2,00	59,21	50,00	Acima do NCA	9,21
	12	76,83	50,27	65,52	2,00	65,52	50,00	Acima do NCA	15,52
	15	81,93	51,17	69,76	2,10	69,76⁽⁺⁾	50,00	Acima do NCA	19,76
Hospital C	10	74,47	51,07	63,73	2,47	63,73	50,00	Acima do NCA	13,73
	11	74,17	59,20	66,72	1,25	66,72	50,00	Acima do NCA	16,72
	13	74,90	53,60	64,71	2,44	64,71	50,00	Acima do NCA	14,71
	14	75,77	55,90	66,05	1,02	66,05	50,00	Acima do NCA	16,05
	15	81,93	51,17	69,76	2,10	69,76⁽⁺⁾	50,00	Acima do NCA	19,76

* Erro: é o desvio padrão entre o L_{Aeq} das três amostragens, no horário analisado. Quando inferior à 1,4 dB(A), este foi considerado 1,4 dB(A), que é o erro do equipamento sonômetro DEC-460.

(+): maior valor encontrado no horário.

No horário do entardecer (17h00 min- 19h00 min), mais uma vez todos os pontos ficaram acima do NCA, sendo que na ZS do Hospital A o maior NPS encontrado foi em P4 (74,44 dB(A)). Nas outras duas ZS o maior NPS foi encontrado em P15, ponto comum, ficando em 69,76 dB(A). P4 foi o maior NPS registrado neste horário, ficando 33% acima do NCA.

A Tabela 22 compara a média do L_{Aeq} obtido para o turno diurno, ao considerar os três horários analisados acima, com os limites dos instrumentos de gestão NBR 10151/2000 e LC nº065/1999.

Tabela 22- Média do L_{Aeq} (L_{Aeq}), erro relativo entre as amostragens (erro), nível de pressão sonora corrigido (L_c) e comparação com a NBR 10151/2000 e LC nº065/1999 da PMU, referente ao turno diurno nos dias úteis.

Zona de Silêncio	Ponto	Leq dB(A)	Erro ¹ dB(A)	L_c dB(A)	NBR 10151/2000			LC nº065/1999-PMU		
					NCA dB(A)	Comparação com NCA	Valor acima do NCA	LMP ² dB(A)	Comparação com LMP	Valor acima do LMP
Hospital A	1	54,42	1,40	54,42	50,00	Acima do NCA	4,42	55,00	Dentro do LMP	-0,58
	2	61,75	4,65	61,75	50,00	Acima do NCA	11,75	55,00	Acima do LMP	6,75
	3	60,30	3,38	60,30	50,00	Acima do NCA	10,30	55,00	Acima do LMP	5,30
	4	68,73⁽⁺⁾	4,95	68,73	50,00	Acima do NCA	18,73	55,00	Acima do LMP	13,73
	5	67,47	2,19	67,47	50,00	Acima do NCA	17,47	55,00	Acima do LMP	12,47
	6	67,19	1,40	67,19	50,00	Acima do NCA	17,19	55,00	Acima do LMP	12,19
Hospital B	7	65,27	1,84	65,27	50,00	Acima do NCA	15,27	55,00	Acima do LMP	10,27
	8	65,30	2,56	65,30	50,00	Acima do NCA	15,30	55,00	Acima do LMP	10,30
	9	63,79	4,99	63,79	50,00	Acima do NCA	13,79	55,00	Acima do LMP	8,79
	12	65,45	1,40	65,45	50,00	Acima do NCA	15,45	55,00	Acima do LMP	10,45
	15	68,17⁽⁺⁾	1,61	68,17	50,00	Acima do NCA	18,17	55,00	Acima do LMP	13,17
Hospital C	10	61,99	1,98	61,99	50,00	Acima do NCA	11,99	55,00	Acima do LMP	6,99
	11	68,75⁽⁺⁾	2,17	68,75	50,00	Acima do NCA	18,75	55,00	Acima do LMP	13,75
	13	64,16	1,40	64,16	50,00	Acima do NCA	14,16	55,00	Acima do LMP	9,16
	14	65,70	1,40	65,70	50,00	Acima do NCA	15,70	55,00	Acima do LMP	10,70
	15	68,17	1,61	68,17	50,00	Acima do NCA	18,17	55,00	Acima do LMP	13,17

¹ Erro: é o desvio padrão entre o L_{Aeq} das três amostragens, no horário analisado. Quando inferior à 1,4 dB(A), este foi considerado 1,4 dB(A), que é o erro do equipamento sonômetro DEC-460.

² LMP: Limite Máximo Permissível de acordo com a LC nº065/1999 da PMU.

(+): maior valor encontrado no horário.

Ao considerar o NCA da NBR 10151/2000, 100% dos pontos apresentaram NPS superiores a este limite. E, apesar da PMU apresentar limite máximo permissível (LMP) para o turno diurno de 55 dB(A), apenas P1 mantém-se abaixo deste limite, e os demais pontos, apresentaram NPS superiores, entre 5,30 e 13,75 dB(A). O ponto P4 é o mais ruidoso da ZS do Hospital A (68,73 dB(A)), enquanto P15, da ZS do Hospital B tem o maior NPS (68,17 dB(A)). Já na ZS do Hospital C, P11 apresentou NPS de 68,75 dB(A).

Já para o turno noturno, nos dias úteis, também foi calculada a média dos valores de L_{Aeq} obtidos nas três amostragens, o desvio padrão entre elas (erro) e o L_c ($L_c = L_{Aeq}$), que foi comparado então com o NCA=45 dB(A) (NBR 10151/2000), que neste caso é igual ao LMP da LC nº065/1999 da PMU, conforme mostra a Tabela 23.

Tabela 23- Média do L_{Aeq} (L_{Aeq}), erro relativo entre as amostragens (erro), nível de pressão sonora corrigido (L_c) e comparação com a NBR 10151/2000, referente ao turno noturno nos dias úteis.

Zona de Silêncio	Ponto	Leq dB(A)	Erro dB(A)	L_c dB(A)	NBR 10151/2000		
					NCA dB(A)	Comparação com NCA	Valor acima do NCA
Hospital A	1	52,88	2,22	52,88	45,00	Acima do NCA	7,88
	2	52,25	3,90	52,25	45,00	Acima do NCA	7,25
	3	52,87	3,88	52,87	45,00	Acima do NCA	7,87
	4	62,61⁽⁺⁾	1,40	62,61	45,00	Acima do NCA	17,61
	5	58,56	1,70	58,56	45,00	Acima do NCA	13,56
	6	61,81	1,40	61,81	45,00	Acima do NCA	16,81
Hospital B	7	58,94	1,58	58,94	45,00	Acima do NCA	13,94
	8	67,29⁽⁺⁾	1,40	67,29	45,00	Acima do NCA	22,29
	9	58,32	3,95	58,32	45,00	Acima do NCA	13,32
	12	60,83	4,50	60,83	45,00	Acima do NCA	15,83
	15	63,37	1,40	63,37	45,00	Acima do NCA	18,37
Hospital C	10	55,07	4,04	55,07	45,00	Acima do NCA	10,07
	11	63,71	2,90	63,71	45,00	Acima do NCA	18,71
	13	60,09	2,61	60,09	45,00	Acima do NCA	15,09
	14	64,33⁽⁺⁾	4,52	64,33	45,00	Acima do NCA	19,33
	15	63,37	1,40	63,37	45,00	Acima do NCA	18,37

¹ Erro: é o desvio padrão entre o L_{Aeq} das três amostragens, no horário analisado. Quando inferior à 1,4 dB(A), este foi considerado 1,4 dB(A), que é o erro do equipamento sonômetro DEC-460.

⁽⁺⁾: maior valor encontrado no horário.

Este horário apresentou, em média, NPS 8% inferior ao encontrado no turno diurno, uma diferença pouco significativa, considerando-se o menor fluxo de veículos e usuários da região, em geral. Mesmo assim, os valores de NPS encontrados ficaram bem acima do NCA (45 dB(A)), que neste caso, também é inferior ao estipulado para o turno diurno.

A Zona de Silêncio (ZS) do Hospital A apresentou NPS entre 14 e 28% acima do NCA, sendo o ponto mais ruidoso P4 (62,61 dB(A)). Na ZS do Hospital B os valores de NPS obtidos ficaram entre 23 a 33% acima do NCA, P8 o mais ruidoso, com 67,29 dB(A). Já P14, da ZS do Hospital C foi o ponto com maior NPS, com 64,33 dB(A), 30% acima do NCA.

O mesmo procedimento foi realizado para as medições obtidas aos domingos, e os dados acústicos, tanto para o horário diurno quanto no horário noturno, estão expressos nas Tabelas 24 e 25, comparadas com o NCA referente a cada período de medição.

Tabela 24- Média do L_{Aeq} (L_{Aeq}), erro relativo entre as amostragens (erro), nível de pressão sonora corrigido (L_c) e comparação com a NBR 10151/2000, referente ao turno noturno aos domingos.

Zona de Silêncio	Ponto	Leq dB(A)	Erro ¹ dB(A)	L_c dB(A)	NBR 10151/2000		
					NCA dB(A)	Comparação com NCA	Valor acima do NCA
Hospital A	1	48,99	4,73	48,99	45,00	Dentro da ME	3,99
	2	51,99	1,40	51,99	45,00	Acima do NCA	6,99
	3	53,19	3,66	53,19	45,00	Acima do NCA	8,19
	4	63,42⁽⁺⁾	7,25	63,42	45,00	Acima do NCA	18,42
	5	57,65	2,15	57,65	45,00	Acima do NCA	12,65
	6	59,88	1,40	59,88	45,00	Acima do NCA	14,88
Hospital B	7	59,57	1,40	59,57	45,00	Acima do NCA	14,57
	8	58,85	4,59	58,85	45,00	Acima do NCA	13,85
	9	52,75	3,67	52,75	45,00	Acima do NCA	7,75
	12	56,96	1,40	56,96	45,00	Acima do NCA	11,96
	15	60,55⁽⁺⁾	1,40	60,55	45,00	Acima do NCA	15,55
Hospital C	10	54,46	3,95	54,46	45,00	Acima do NCA	9,46
	11	62,97⁽⁺⁾	4,05	62,97	45,00	Acima do NCA	17,97
	13	57,19	2,77	57,19	45,00	Acima do NCA	12,19
	14	59,69	1,40	59,69	45,00	Acima do NCA	14,69
	15	60,55	1,40	60,55	45,00	Acima do NCA	15,55

¹ Erro: é o desvio padrão entre o L_{Aeq} das três amostragens, no horário analisado. Quando inferior à 1,4 dB(A), este foi considerado 1,4 dB(A), que é o erro do equipamento sonômetro DEC-460.

(+): maior valor encontrado no horário.

Tabela 25- Média do L_{Aeq} (L_{Aeq}), erro relativo entre as amostragens (erro), nível de pressão sonora corrigido (L_c) e comparação com a NBR 10151/2000, referente ao turno diurno aos domingos.

Zona de Silêncio	Ponto	Leq dB(A)	Erro ¹ dB(A)	L_c dB(A)	NBR 10151/2000		
					NCA dB(A)	Comparação com NCA	Valor acima do NCA
Hospital A	1	52,42	3,68	52,42	50,00	Dentro da ME	2,42
	2	54,17	1,92	54,17	50,00	Acima do NCA	4,17
	3	52,92	2,59	52,92	50,00	Acima do NCA	2,92
	4	60,88	2,84	60,88	50,00	Acima do NCA	10,88
	5	62,57	3,11	62,57	50,00	Acima do NCA	12,57
	6	63,85⁽⁺⁾	2,84	63,85	50,00	Acima do NCA	13,85
Hospital B	7	57,36	3,62	57,36	50,00	Acima do NCA	7,36
	8	56,17	1,40	56,17	50,00	Acima do NCA	6,17
	9	50,64	1,50	50,64	50,00	Dentro da ME	0,64
	12	55,89	3,88	55,89	50,00	Acima do NCA	5,89
	15	66,73⁽⁺⁾	5,20	66,73	50,00	Acima do NCA	16,73

Continuação: Tabela 25- Média do L_{Aeq} (L_{Aeq}), erro relativo entre as amostragens (erro), nível de pressão sonora corrigido (L_c) e comparação com a NBR 10151/2000, referente ao turno diurno aos domingos.

Zona de Silêncio	Ponto	Leq dB(A)	Erro dB(A)	L_c dB(A)	NBR 10151/2000		
					NCA dB(A)	Comparação com NCA	Valor acima do NCA
Hospital C	10	57,48	1,72	57,48	50,00	Acima do NCA	7,48
	11	63,78	5,66	63,78	50,00	Acima do NCA	13,78
	13	56,19	1,94	56,19	50,00	Acima do NCA	6,19
	14	62,86	2,79	62,86	50,00	Acima do NCA	12,86
	15	66,73⁽⁺⁾	5,20	66,73	50,00	Acima do NCA	16,73

¹ Erro: é o desvio padrão entre o L_{Aeq} das três amostragens, no horário analisado. Quando inferior à 1,4 dB(A), este foi considerado 1,4 dB(A), que é o erro do equipamento sonômetro DEC-460.

⁽⁺⁾: maior valor encontrado no horário.

O intuito de realizar medições também aos domingos, foi para verificar a melhor situação possível para a área, onde houvesse o menor fluxo de veículos e em que o comércio dos arredores não estivesse funcionando.

A Tabela 18 mostra que aos domingos, no turno noturno, apenas P1 da Zona de Silêncio do Hospital A apresentou valor de NPS dentro da margem de erro, considerando as três amostragens (48,99 dB(A)), e os demais pontos apresentaram valores de NPS acima do NCA, sendo que o NPS obtido para esta zona de silêncio variou de 8 a 29% acima do NCA. A ZS do Hospital B registrou valores de NPS entre 15 e 26% acima do NCA, e a ZS do Hospital C, ficou entre 17 e 29% acima do limite.

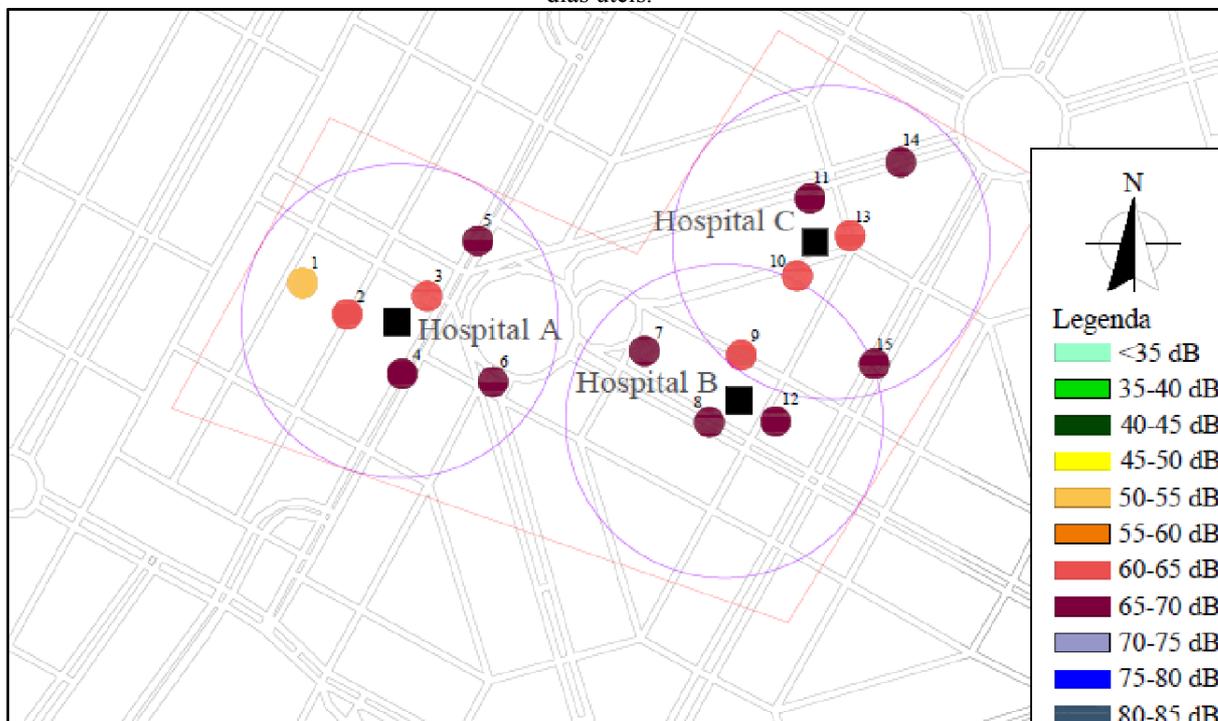
Diferente do que se imaginava, os valores de NPS obtidos aos domingos no período diurno apresentaram variação em termos percentuais inferiores à variação encontrada aos domingos no período noturno. A ZS do Hospital A apresentou NPS entre 5 e 22% acima do NCA. A ZS do Hospital B, valores entre 1 e 25% acima, enquanto na ZS do Hospital C, os valores ficaram entre 11 e 25% superiores ao NCA.

4.4.1 Mapeamento acústico da área de estudo

A partir dos dados acústicos contidos nas Tabelas 22, 23, 24 e 25, foram gerados mapas ilustrativos, com a distribuição espacial dos valores medidos de L_{Aeq} da área de estudo, considerando as três Zonas de Silêncio: do Hospital A, do Hospital B e do Hospital C, e dessa forma, procedeu-se análise de cada área separadamente.

A Figura 43 possui o mapa acústico das médias dos níveis de pressão sonora equivalentes, obtidas a partir dos três horários de medição do turno diurno.

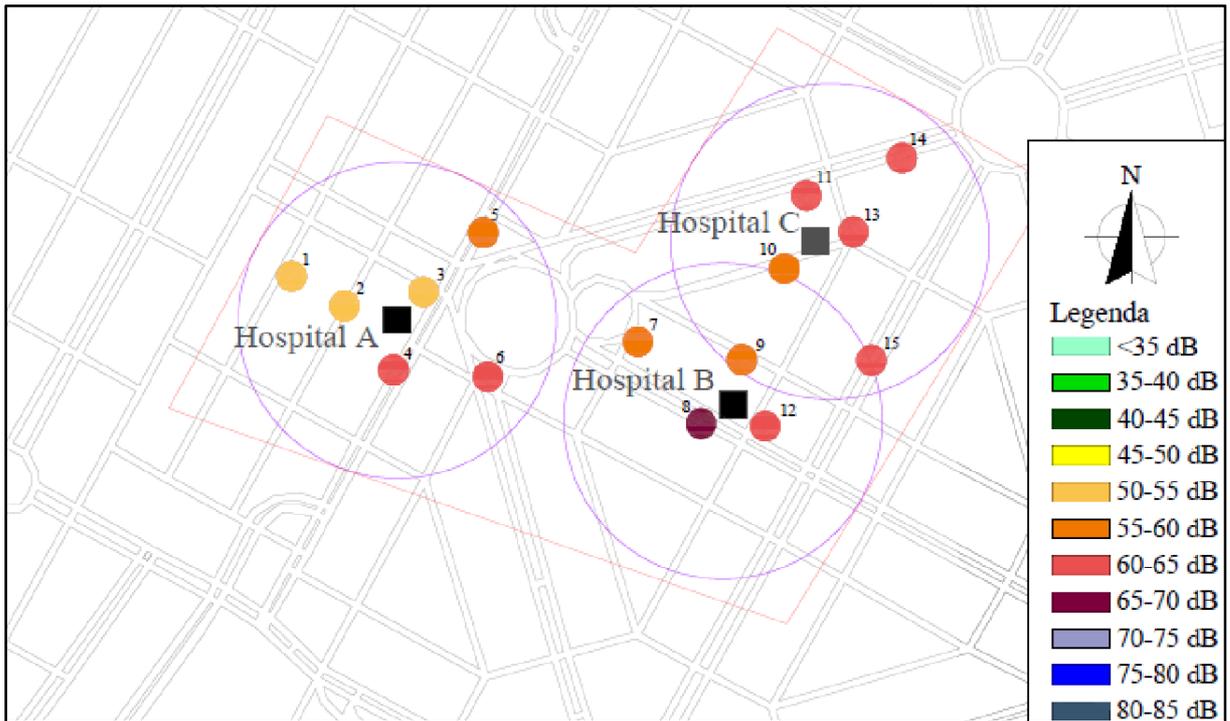
Figura 43- Mapa acústico da média obtida para o turno diurno, considerando os três horários de medição, nos dias úteis.



Nota-se através do mapa acústico, que no turno diurno, na Zona de Silêncio (ZS) do Hospital A, apenas o ponto P1 encontra-se na faixa de 50-55 dB(A), sendo o comportamento dos demais pontos desta área bastante similar ao encontrado nas outras duas ZS, do Hospital B e C, portanto, pode-se dizer que no turno diurno as três Zonas de Silêncio possuem praticamente o mesmo comportamento, com L_{Aeq} variando entre 60 e 70 dB(A), excluindo-se nesta análise o ponto P1. Como a NBR 10151/2000 estabelece para o turno diurno, em zona de hospitais e escolas, limite de 50 dB(A), todos os pontos possuem níveis superiores.

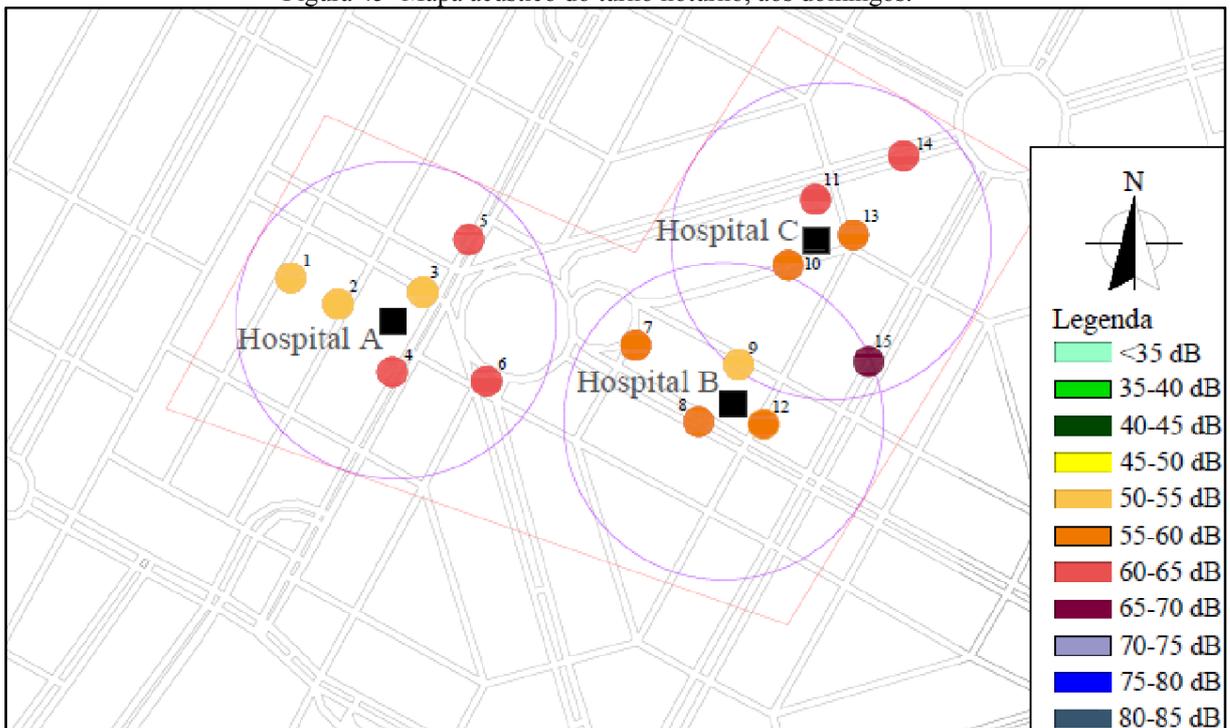
Já no turno noturno, ilustrado pela Figura 44, nota-se que a área referente à Zona de Silêncio do Hospital A é a menos ruidosa, com três pontos com L_{Aeq} entre 50-55 dB(A) e os demais pontos, variando de 55 a 65 dB(A). Já nas outras duas Zonas de Silêncio, a Zona do Hospital B possui valores entre 55 e 70 dB(A) e a do Hospital C, os valores de L_{Aeq} ficam entre 55 e 65 dB. Porém, mesmo apresentando valores de L_{Aeq} inferiores ao turno diurno, todos os pontos encontram-se acima do limite permissível para turno noturno estabelecido também pela NBR 10151, que é de 45 dB(A).

Figura 44- Mapa acústico do turno noturno, nos dias úteis.



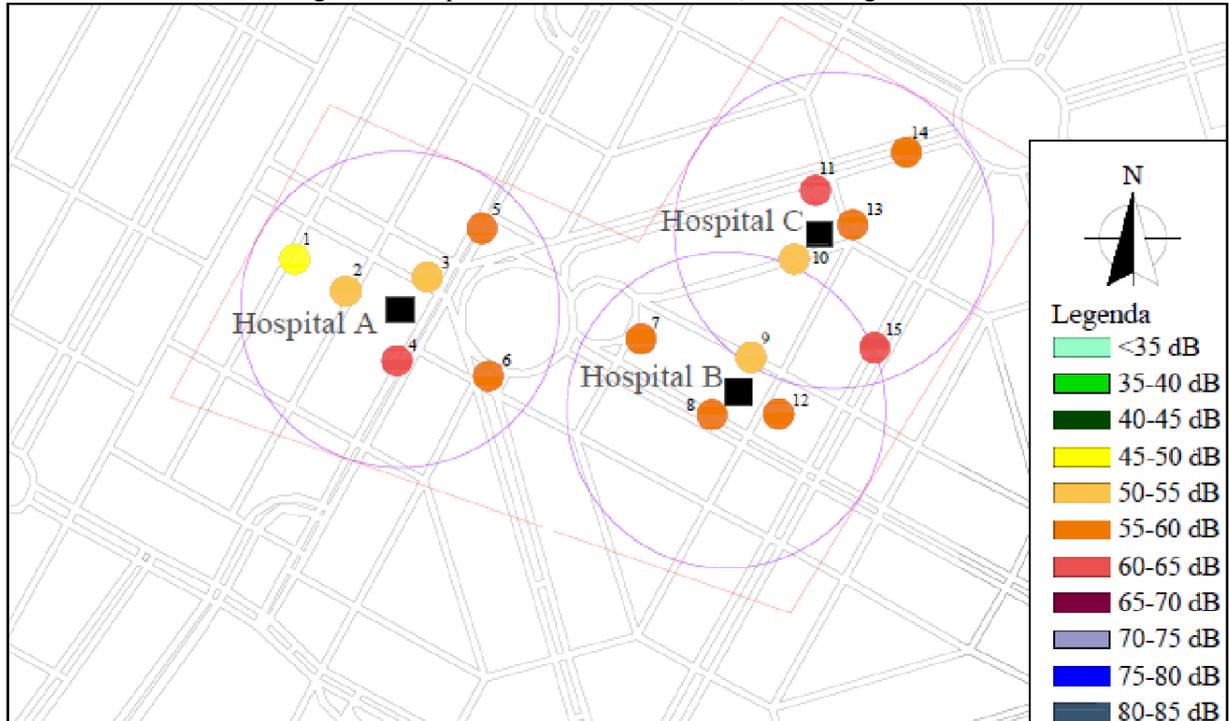
Foram gerados mapas acústicos também para os valores de L_{Acq} encontrados aos domingos, tanto para o turno diurno como noturno, e estão ilustrados nas Figuras 45 e 46.

Figura 45- Mapa acústico do turno noturno, aos domingos.



Aos domingos, no período noturno, a Zona de Silêncio do Hospital A apresentou L_{Aeq} entre 50 e 65 dB(A) e nas Zonas do Hospital B e C os valores ficam entre 55 e 70 dB(A), sendo que em todos os casos os valores ficam acima do limite de 45 dB(A), da NBR 10151/2000.

Figura 46- Mapa acústico do turno diurno, aos domingos.



Já no período diurno, aos domingos, na Zona de Silêncio do Hospital A os valores de L_{Aeq} ficam entre 45 e 65 dB(A), e para as Zonas dos Hospitais B e C, o L_{Aeq} fica entre 50 e 65 dB(A).

COELHO et al. 1999 *apud* BALZAN (2011) afirma que pontos que apresentam L_{Aeq} inferiores a 65 dB(A) são considerados pouco ruidosos, pontos com L_{Aeq} entre 65 e 75 dB(A) são considerados ruidosos e pontos com L_{Aeq} acima de 75 dB(A) são considerados muito ruidosos. Neste sentido, no turno diurno, aos dias úteis, que é a pior situação analisada, dos 6 pontos da Zona de Silêncio do Hospital A, são considerados pouco ruidosos P1, P2 e P3, e os demais pontos, consideram-se ruidosos. Na Zona de Silêncio do Hospital B, apenas P9 é pouco ruidoso, e P7, P8, P12 e P15 são ruidosos. Na Zona do Hospital C, P10 e P13 são pouco ruidosos, enquanto P11, P14 e P15 são ruidosos.

4.4.2 Correlação entre níveis de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) e tráfego veicular

Para analisar a relação existente entre o tráfego veicular e os níveis de pressão sonora medidos nas áreas estudadas, utilizou-se do recurso matemático de linearização, com a aplicação do logaritmo do número de veículos, conforme mostram as Tabelas 26 e 27. A utilização desse recurso está baseada no próprio cálculo de L_{Aeq} , que vincula o nível de pressão sonora equivalente numa expressão logarítmica. Balzan (2011) sugere a utilização das equações nesta configuração matemática em sua pesquisa.

Tabela 26- Média do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) por ponto de medição, média da quantidade de veículo total, e o logaritmo dos veículos totais, para o turno diurno e noturno, nos dias úteis.

Zona Sensível	Ponto	Dia Útil					
		Diurno			Noturno		
		L_{Aeq} (dB)	Veículos Totais (VT)	Log VT	L_{Aeq} (dB)	Veículos Totais (VT)	Log VT
Hospital A	1	54,42	5,22	0,72	52,88	1,00	0,00
	2	61,75	13,44	1,13	52,25	1,00	0,00
	3	60,30	13,56	1,13	52,87	1,33	0,12
	4	68,73	83,78	1,92	62,61	23,67	1,37
	5	67,47	79,00	1,90	58,56	11,33	1,05
	6	67,19	77,67	1,89	61,81	17,67	1,25
Hospital B	7	65,27	20,44	1,31	58,94	4,00	0,60
	8	65,30	43,11	1,63	67,29*	5,67*	0,75*
	9	63,79	12,33	1,09	58,32	3,00	0,48
	12	65,45	29,89	1,48	60,83	7,67	0,88
	15	68,17	95,89	1,98	63,37	22,33	1,35
Hospital C	10	61,99	20,33	1,31	55,07	3,33	0,52
	11	68,75	91,56	1,96	63,71	24,33	1,39
	13	64,16	31,22	1,49	60,09	8,00	0,90
	14	65,70	87,67	1,94	64,33	21,33	1,33
	15	68,17	95,89	1,98	63,37	22,33	1,35

*Estes valores não foram considerados no cálculo

As Figura 47 e 48 mostram graficamente a relação obtida entre o L_{Aeq} e o logaritmo dos veículos contabilizados, tanto no turno diurno como no noturno, aos dias úteis, nas três áreas analisadas.

Figura 47- Dispersão e regressão linear para L_{Aeq} em função do volume de veículo total, para as três Zonas de Silêncio: do Hospital A, B e C, no turno diurno, nos dias úteis.

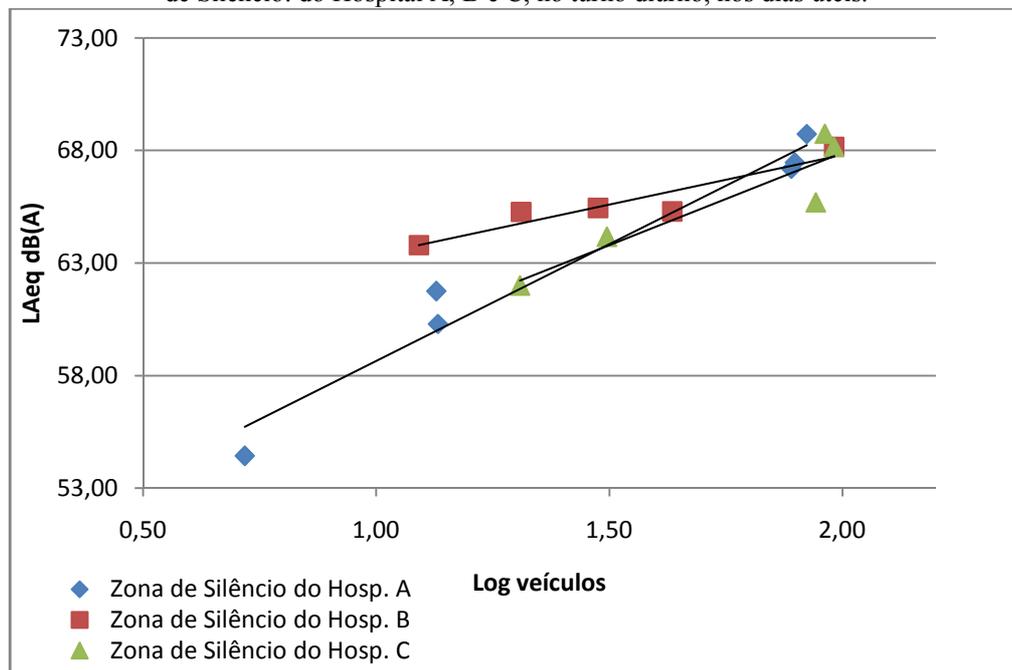


Figura 48- Dispersão e regressão linear para L_{Aeq} em função do volume de veículo total, para as três Zonas de Silêncio: do Hospital A, B e C, no turno noturno nos dias úteis.

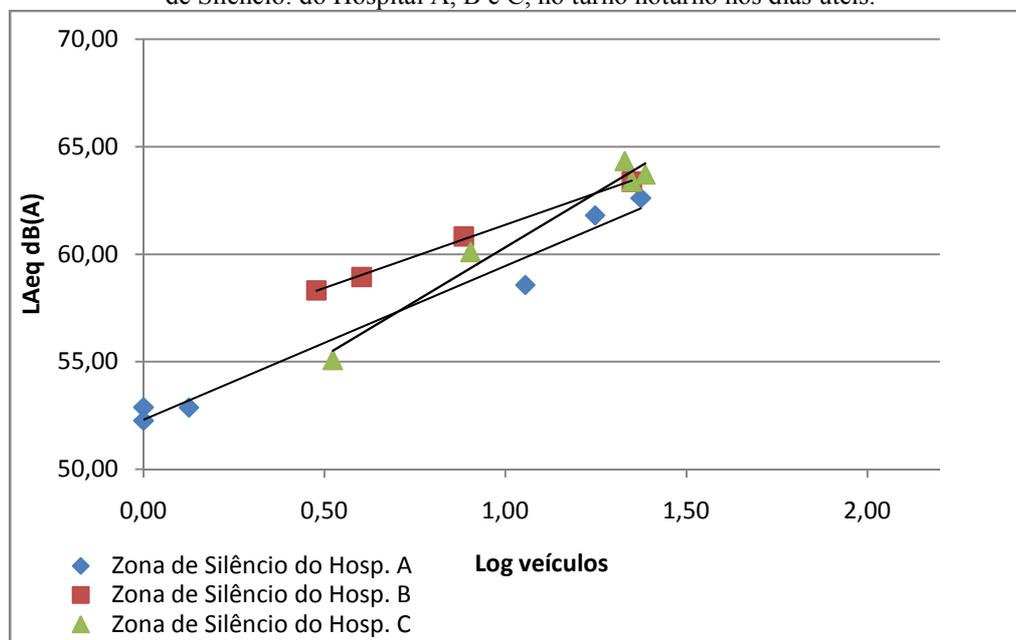


Tabela 27- Média do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) por ponto de medição, média da quantidade de veículo total, e o logaritmo referente aos veículos totais, para o turno diurno e noturno, aos domingos.

Zona Sensível	Ponto	Domingos					
		Diurno			Noturno		
		L_{Aeq} (dB)	V.T.	Log. V.T.	L_{Aeq} (dB)	V.T.	Log. V.T.
Hospital A	1	52,42	2,00	0,30	48,99	1,00	0,00
	2	54,17	4,33	0,64	51,99	2,67	0,43
	3	52,92	5,00	0,70	53,19	1,67	0,22
	4	60,88	50,33	1,70	63,42	20,33	1,31
	5	62,57	36,33	1,56	57,65	12,67	1,10
	6	63,85	47,33	1,68	59,88	24,67	1,39
Hospital B	7	57,36	4,33	0,64	59,57	6,00	0,78
	8	56,17	7,67	0,88	58,85	7,67	0,88
	9	50,64	1,00	0,00	52,75	2,33	0,37
	12	55,89	2,67	0,43	56,96	5,67	0,75
	15	66,73	31,33	1,50	60,55	17,33	1,24
Hospital C	10	57,48	4,00	0,60	54,46	2,33	0,37
	11	63,78	43,33	1,64	62,97	15,67	1,19
	13	56,19	5,67	0,75	57,19	8,67	0,94
	14	62,86	42,67	1,63	59,69	25,33	1,40
	15	66,73	31,33	1,50	60,55	17,33	1,24

As Figuras 49 e 50 mostram graficamente a relação obtida entre o L_{Aeq} e o logaritmo dos veículos contabilizados, para os domingos.

Figura 49- Dispersão e regressão linear para L_{Aeq} em função do volume de veículo total, para as três Zonas de Silêncio: do Hospital A, B e C, no turno diurno aos domingos.

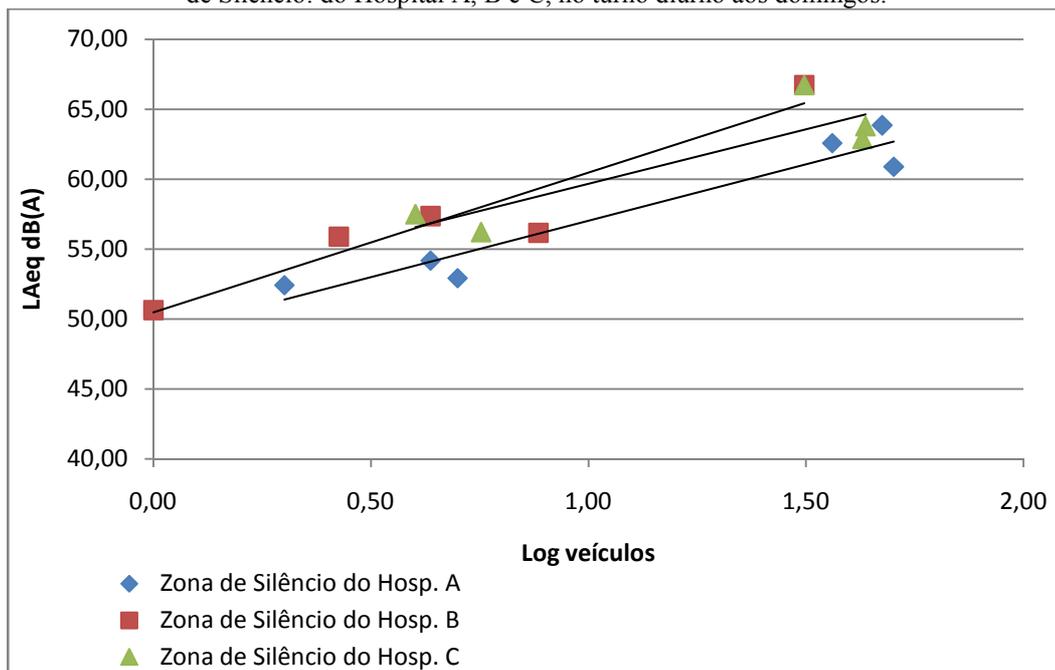
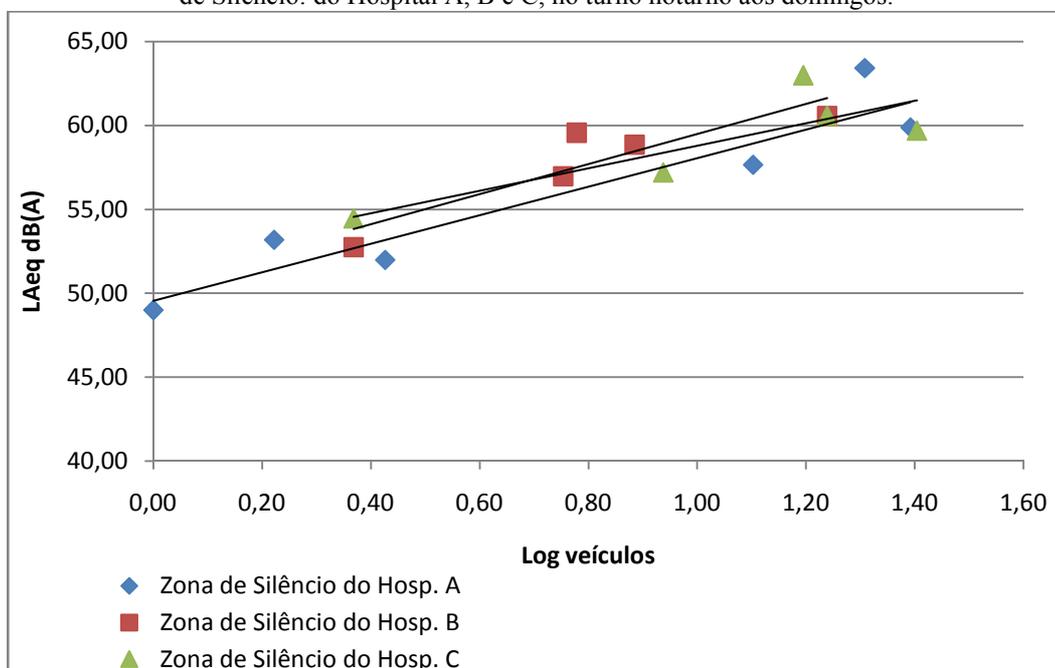


Figura 50- Dispersão e regressão linear para L_{Aeq} em função do volume de veículo total, para as três Zonas de Silêncio: do Hospital A, B e C, no turno noturno aos domingos.



Da relação obtida entre L_{Aeq} e o logaritmo do número de veículos, é possível descrever equações capazes de calcular o índice de ruído das regiões estudadas. As tabelas 28 e 29 mostram todas as equações obtidas juntamente com os cálculos de seus R^2 , para cada Zona de Silêncio.

Tabela 28- Equações resultantes dos testes de regressão linear para cada Zona de Silêncio estudada e seu respectivo coeficiente de determinação (R^2), para os turnos diurno e noturno, em dias úteis.

Turno Diurno		
Zona de Silêncio	Equação	R^2
Hospital A	$L_{Aeq} = 10,38\log VT + 48,27$	0,96
Hospital B	$L_{Aeq} = 4,405\log VT + 58,99$	0,87
Hospital C	$L_{Aeq} = 8,226\log VT + 51,45$	0,85
Turno Noturno		
Hospital A	$L_{Aeq} = 7,155\log VT + 52,29$	0,98
Hospital B	$L_{Aeq} = 5,867\log VT + 55,50$	1,00
Hospital C	$L_{Aeq} = 10,09\log VT + 50,23$	0,97

Tabela 29- Equações resultantes dos testes de regressão linear para cada Zona de Silêncio estudada e seu respectivo coeficiente de determinação (R^2), para os turnos diurno e noturno, em domingos.

Turno Diurno		
Zona de Silêncio	Equação	R^2
Hospital A	$L_{Aeq} = 8,065\log VT + 48,96$	0,93
Hospital B	$L_{Aeq} = 9,986\log VT + 50,48$	0,90
Hospital C	$L_{Aeq} = 7,778\log VT + 51,88$	0,78
Turno Noturno		
Hospital A	$L_{Aeq} = 8,501\log VT + 49,54$	0,89
Hospital B	$L_{Aeq} = 8,948\log VT + 50,53$	0,82
Hospital C	$L_{Aeq} = 6,709\log VT + 52,07$	0,70

O coeficiente de determinação (R^2) estima o poder de explicação do modelo, sendo que quanto mais próximo de 1, maior o ajuste do modelo aos dados observados, ou seja, melhor correlação entre as variáveis.

A partir dos valores de correlação obtidos (R^2) é possível afirmar que as equações encontradas apresentam valores próximos ao máximo possível (1), isso significa que as equações encontradas (Tabelas 28 e 29) a partir das medições de L_{Aeq} juntamente com as contabilidade de veículos se mostram totalmente satisfatórias para a descrição dos resultados,

diferentemente do que ocorreu na pesquisa de Balzan (2011), em que o coeficiente de correlação entre o L_{Aeq} e a quantidade total de veículos não se mostrou significativo, e a melhor correlação obtida, em 72% dos pontos, foi entre o descritor sonoro L90 e a quantidade total de veículos.

Gerges (2000) afirma que em análises de ruído ambiental, o nível estatístico LA10 é considerado o descritor sonoro que melhor representa o ruído veicular, porém, nesta pesquisa é possível observar que para a área estudada, o L_{Aeq} pode ser usado como descritor sonoro do ruído veicular.

Cabe salientar que o estudo do ruído ambiental, por não ser um experimento altamente controlado, sofre interferências de diversas fontes sonoras, além do ruído de tráfego, e por isso os coeficientes de determinação podem sofrer variação (NAGEM e BERTOLI, 2004), como ocorreu no caso dos autores Nagem e Bertoli (2004), Torija; Ruiz e Ramos (2007) e Balzan (2011).

Em locais com grande fluxo de veículos, o ruído de tráfego veicular é responsável por praticamente quase todo o ruído ambiental e pode ser constatado a partir de altos coeficientes de determinação, como aqueles encontrados nas Tabelas 28 e 29. E como os valores de R^2 encontrados mostram forte ou muito forte correlação, pode-se concluir que, para a área estudada, as características geométricas, como largura e declividade de via, altura de edificações que margeiam as vias, ou mesmo as superfícies refletoras de fachadas, não exercem grande influência, neste caso, principalmente pela não ocorrência do efeito cânion.

5 CONCLUSÕES

Através da análise das medições acústicas, notou-se um cenário de poluição sonora da área estudada, pois durante os dias úteis no turno diurno, dos quinze pontos analisados, espalhados pelas três Zonas de Silêncio da área, apenas o ponto P1 (54,42 dB(A)) da Zona de Silêncio referente ao Hospital A, apresenta-se abaixo do limite de 55 dB(A) estabelecido pela LC nº065/1999 da Prefeitura Municipal de Umuarama, porém, acima do limite de 50 dB(A) da NBR 10151/2000. Os demais pontos apresentam níveis de pressão sonora equivalente entre 60,30 e 68,75 dB(A). 54,42 e 68,75

Já no período noturno, todos os pontos analisados encontram-se acima dos limites preconizados pelas normativas, com valores entre 52,25 e 67,29 dB(A). A diferença entre os valores de NPS obtidos no turno diurno em relação ao turno noturno foi de apenas 8%.

Já aos domingos, a melhor situação possível, com menor fluxo de veículos circulando no centro da cidade, menor fluxo de pedestres, comércio fechado, e grande parte da oferta de serviços bastante reduzida, apresentou valores de NPS no turno noturno entre 48,99 e 63,42 dB(A), enquanto o turno diurno o NPS ficou entre 50,64 e 66,73 dB(A), verificando-se portanto, valores bastante próximos.

Os valores obtidos aos domingos, no período diurno, se mostraram inferiores aos encontrados no mesmo período aos dias úteis, entre 2 e 21%.

Os valores encontrados nesta pesquisa são compatíveis com os medidos por Zannin e Ferraz (2016), que também estudaram Zona Hospitalar. Este descumprimento da legislação está ligado, não apenas ao tráfego de veículos, mas também ao planejamento urbano da cidade, que desconsidera zonas especiais, como é o caso de regiões onde há presença de hospitais e escolas.

A OMS orienta que níveis de pressão sonora superiores a 65 dB já provocam efeitos negativos na saúde da população, e que acima disso nosso organismo sofre estresse, o qual aumenta o risco de várias outras doenças. Portanto, verifica-se, que, em média, os pontos P1, P2, P3, P10 e P13 estão abaixo deste nível, no horário diurno. O restante dos pontos podem ser considerados prejudiciais à saúde, pela OMS.

Ao considerar ainda que existe também recomendação pela OMS, que os níveis de ruído não excedam 35 dB (A) nos quartos onde os pacientes estão sendo tratados ou observados, e 30 dB (A) nos quartos em que estejam internados, os hospitais devem se preocupar em realizarem monitoramentos periódicos, a fim de constatar o nível de isolamento

acústico oferecido pelas fachadas dos mesmos, e, ao constatar-se níveis acima do recomendado, deve-se tratar acusticamente os ambientes hospitalares de internação.

A partir das análises visuais das vias, observa-se a necessidade de manutenção, revisão do plano diretor do município, que apesar de recente (PMU, 2018), não possui zonas específicas para hospitais e escolas, por exemplo. É importante também, o estabelecimento de maiores distâncias entre a via e hospitais a serem implantados futuramente, bem como estudos para a inserção de barreiras acústicas em zonas especiais, como hospitalares e escolares, e tratamento acústico nas fachadas localizadas nas vias. Programas de educação ambiental, a fim de elucidar a população sobre os malefícios da poluição sonora, causas e efeitos, no ser humano e no meio ambiente devem ser estabelecidos.

As características de composição de tráfego interferem na variação dos níveis de pressão sonora, e os valores encontrados mostram uma correlação muito forte entre o volume total de veículos e o nível de pressão sonora. Já ao correlacionar os parâmetros geométricos da área (largura, altura média das edificações e relação h/d), não encontrou-se boa correlação, mostrando que esses parâmetros de forma isolada não interferem de forma significativa no nível de pressão sonora na área.

É importante traçar uma metodologia de modelagem que atente para variáveis quantitativas e qualitativas, como por exemplo, a vegetação presente na área de estudo, o tipo de materiais das fachadas das proximidades dos pontos de medição, dados da engenharia de tráfego da cidade, sendo possível restringir também pesquisas posteriores, levando a resultados mais palpáveis.

Porém, a metodologia utilizada, mostra-se uma ferramenta útil para Prefeituras de municípios de médio porte, que possuem repasses governamentais e arrecadação bastante inferiores a grandes centros urbanos, e portanto, o uso de ferramentas mais simples, como os mapas acústicos com a distribuição espacial dos valores de L_{Aeq} e equações matemáticas, podem ser de implementação mais simples, reduzir o trabalho de campo, e fornecer subsídios para a implantação de novos empreendimentos ou a manutenção daqueles já existentes.

6 RECOMENDAÇÕES

Sendo assim, no intuito de reduzir e prevenir a poluição sonora são apresentadas as seguintes sugestões:

Realização de campanhas de educação ambiental, que visem conscientizar a população para os males causados pela poluição sonora, com a finalidade de conscientizar a comunidade que vive, trabalha e circula em Zonas de Silêncio sobre os limites estabelecidos pelas normativas, os riscos do excesso de ruído produzido, posteriormente podendo ser mensurado os resultados de forma qualitativa e quantitativa através de pesquisas;

Incentivo à criação de grupos de pesquisas multidisciplinares que possam aprofundar as pesquisas que envolvam poluição sonora, não apenas com relação aos níveis de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}), mas também com relação à outros fatores quantitativos relacionados ao som, como análise espectral do som, tempo de reverberação, desenvolvimento de cartilhas sobre a poluição sonora, desenvolvimento de equipamentos, e até mesmo programas de mapeamento sonoro, dentre outras pesquisas;

Compra de equipamentos que possam ser utilizados no monitoramento ambiental e pesquisas relacionadas ao ruído no IFG – Campus Goiânia, como sonômetros, dosímetros de ruído, softwares de mapeamento e predição acústica (CADNA-A, SoundPlan, Predictor), analisadores de espectro sonoro, microfones de precisão, dentre outros;

Convênios com outras universidades e grupos de pesquisa consolidados na área de acústica, com o intuito de ampliar os conhecimentos e garantir o desenvolvimento de pesquisas que possam ser aplicadas nas comunidades e ampliar publicações.

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Acústica Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento**: NBR 10151:2000. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

_____. **Níveis de ruído para conforto acústico**: NBR 10152:2017. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**: NBR ISO/IEC 17025, 2017.

_____. **Cálculo simplificado do nível equivalente contínuo (Leq)**: NBR 13369. Rio de Janeiro, 1995.

BALZAN, K. L. **Avaliação do Ruído de Tráfego Veicular em Área Central de Chapecó-SC**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. 2011.

BARRETO, D. M. **Impacto Sonoro da Implantação do Metrô de Salvador em Edificações Adjacentes Considerando os Efeitos na População**. 2007.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Ed. Blücher, 2006. 368p.

BRANDÃO, E. **Acústica de salas: projeto e modelagem**. São Paulo: Ed. Blücher, 2016. 654p.

BRASIL. **Código Civil. Legislação n. 43**. Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, Série Fontes de Referência. Brasília, DF, p. 342, 2002.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Senado Federal, Brasília, DF, 1988.

BRASIL. **Lei n. 3688**, de 3 de outubro de 1941. Lei das Contravenções Penais. Câmara dos Deputados. Brasília, DF, 1941.

BRASIL. ESTATUTO DA CIDADE. **Guia para implementação pelos municípios e cidadãos**. Câmara dos Deputados – Coordenação de Publicações: Brasília, 2001.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora NR-15 – Atividades e Operações Insalubres**. Segurança e Medicina do Trabalho - Manual de Legislação Atlas. 63ª. Edição, 2009.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 001**, de 08 de março de 1990. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 001**, de 11 de fevereiro de 1993. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 002**, de 11 de fevereiro de 1993. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 002**, de 8 de março de 1990. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 17**, de 13 de dezembro de 1995. Ministério do Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 252**, de 29 de janeiro de 1999. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

BRITO, F; COELHO, B. The creation of the noise map of the city of Fortaleza. In: INTER-NOISE, 13., 2013. **Anais...** Innsbruck: Institute of Noise Control Engineering, 2013.

BRÜEL & KJÆR. **Environmental noise**. Denmark: Brüel & Kjør Sound & Vibration Measurement A/S, 2000. 65p.

BRUMM, H.; ZOLLINGER, S. A. Avian vocal production in noise. In: **Animal communication and noise**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. p. 187-227.

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 de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. 2002.

CAORSI, Valentina Zaffaroni et al. Effects of traffic noise on the calling behavior of two Neotropical hylid frogs. **PloS one**, v. 12, n. 8, p. e0183342, 2017.

CEJA, F.M; MEDINA, M.G.O; LEAL, M.R.Z. Los niveles de ruido en una biblioteca universitaria, bases para su análisis y discusión. **Investigación bibliotecológica**, v. 29, n. 66, p. 197-224, 2015.

ÇOLAKKADIOĞLU, D. *et al.* Determination of noise pollution on university campuses: a case study at Çukurova University campus in Turkey. **Environmental monitoring and assessment**, v. 190, n. 4, p. 203, 2018.

CORTÊS, M. M. **Morfologia e qualidade acústica do ambiente construído: Estudo de caso em Petrópolis**, Natal/ RN. 2013. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

CUNHA, M.; SILVA, N. Hospital noise and patients' wellbeing. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 171, p. 246-251, 2015.

DA PAZ, E. C.; ZANNIN, P. H. Avaliação do ruído de tráfego noturno–Estudo de caso na cidade de Curitiba, Brasil. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 31, p. 29-52, 2014.

DE LACERDA, A. B. M.; MAGNI, C.; MORATA, T. C.; MARQUES, J. M., & ZANNIN, P. H. T. Ambiente urbano e percepção da poluição sonora. **Revista: Ambiente & Sociedade** – Vol. VIII nº 2 jul/dez. 2005.

DE SOUZA, L. E. *et al.* Avaliação de impacto relacionado com ruído e vibração em perímetro urbano. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, p. 33-43, 2015.
Detran-PR. **Anuário Estatístico 2016**. Disponível em : <<http://www.detran.pr.gov.br/arquivos/File/planejamento/Anuario2016.pdf>>. Acesso em 24 de agosto de 2018;

EUROPEAN UNION DIRECTIVE 2002/49/EC relating to the Assessment and Management of Environmental Noise. **Official Journal of the European Communities**, p.12-25, 2002.

FERNANDES, W. C. **Análise do ruído urbano na área central de Luanda**. Dissertação de Mestrado- Programa de Engenharia Urbana. Rio de Janeiro, 2013.

FERREIRA, R. A. P. S **Avaliação da exposição da população portuguesa a ruído ambiente**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. Aveiro, 2016.

FILUS, A. W. *et al.* Ruído e seus impactos nos hospitais brasileiros: uma revisão de literatura. **Revista CEFAC**, v. 16, n. 1, 2014.

FLORÊNCIO, Débora Nogueira Pinto. **Avaliação do mapa sonoro de tráfego veicular no município de Natal/RN**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Natal, 2018.

FONSECA, A. R. *et al.* Levantamento de ratos, morcegos, pombos e cobras pelo setor de vigilância ambiental do município de Divinópolis–mg. **Hygeia**, v. 14, n. 26, p. 41-55, 2018.

FORTALEZA (Município). Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente. **Carta Acústica de Fortaleza**. Fortaleza, 2013. Disponível em: <<http://www.fortaleza.ce.gov.br/carta-acustica>>. Acesso em: 14 fev. 2016.

FREITAS, A. P. M. de *et al.* **Estudo do impacto ambiental causado pelo aumento da poluição sonora em áreas próximas aos centros de lazer noturno na cidade de Santa Maria-RS**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Santa Maria, 2006.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. 2 ed. Florianópolis, 2000.

GIUNTA, M. B. **Análise de modelagem de previsão acústica e mapeamento sonoro para a cidade de São Carlos – SP**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

GLASS, D. C.; SINGER, J. E. Behavioral Aftereffects of Unpredictable and Uncontrollable Aversive Events: Although subjects were able to adapt to loud noise and other stressors in laboratory experiments, they clearly demonstrated adverse aftereffects. **American Scientist**, v. 60, n. 4, p. 457-465, 1972.

GUEDES, I. C. M.; BERTOLI, S. R. Forma urbana: Um indicativo de sua influência no ambiente sonoro no bairro Jardins em Aracaju (SE). In: Viii Encontro Nacional no IV Ambiente Construído e Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Maceió, 2005.

GUEDES, I. C. M; BERTOLI, S. R., ZANNIN, P. H. T. Influence of Urban Shapes on Environmental Noise: A case study in Aracaju Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 412, p 66-76, 2011.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 61672-1: Electroacoustics – sound level meters – Part 1: Specifications**, 2002.

IBGE, 2016 – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados da cidade de Umuarama-PR.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/umuarama/panorama>>. Acesso em: 20 ago 2018.

IBGE, 2016 – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados frota de veículos de Umuarama-PR.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/umuarama/pesquisa/22/0?ano=2018>>. Acesso em: 10 ago 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 1996/2: **Acoustics: description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels**, 2007/2, Suíça, 2007

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 1996/2: **Acoustics: description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels**, 2007/2, Suíça, 2007.

IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Informações Municipais Caderno Municipal de Umuarama.** Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br>>. Acesso em: 05 abr. 2010.

ISING, H. KRUPPA, B. Health effects caused by noise: Evidence in the literature from the past 25 years. **Noise & Health**. V.6, nº 22, p. 5-13, 2004.

ISO International Organization for Standardization. **ISO 226: Acoustics — Normal equal – loudness - level contours.**, 2003.

KINSLER, L.; FREY, A.; COPPENS, A.; SANDERS, J. **Fundamental of Acoustics**. USA, John Wiley & Sons, Inc., 4ª edição, 2000.

KUTRUFF, H. **Acoustics: An introduction**. New York, USA: Taylor & Francis, 2007.

LACERDA, A. B. M. MAGNI, C. MORATA, T. C. MARQUES, J. M. ZANNIN, P. H. T. Ambiente urbano e percepção da poluição sonora. **Ambiente & Sociedade**. V. 8, nº 2, p. 1-13, 2005.

LACERDA, A. B. M.; MAGNI, C.; MORATA, T. C.; MARQUES, J. M.; ZANNIN, P. H. LUCHESI, K. F.; MOURÃO, L. F.; KITAMURA, S.; NAKAMURA, H. Y. Problemas Vocais no Trabalho: prevenção na prática docente sob a óptica do professor. **Saúde e Sociedade**, V. 18, nº 4, 2009.

LAMAS, J. M. R. G. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000.

- LEE, S-W; CHANG, S-I; PARK, Y-M. Utilizing noise mapping for environmental impact assessment in a downtown redevelopment area of Seoul, Korea. **Appl Acoust** v. 69, n. 8, p. 704–14, 2008.
- MALAFAIA, C.; SANTOS, M. J. O.; SLAMA, J. **Integração de barreiras acústicas no contexto urbano**. In: VIII Encontro Nacional No IV Ambiente Construído e Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Anais... Maceió, 2005.
- MORAES, E. M. L.; SIMON, F. **Actualización del Mapa Acústico de Belém a través de Método de Cálculo matemático Predictivo**. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 6., 2008, Buenos Aires. Acta... Bueno Aires: Federación Iberoamericana de Acústica, 2008.
- MORAES, E. M. L.; SIMON, F.; GUIMARAES, L. H. R. Mapa de Predicção del Ruido Ambiente en Belém. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 2009, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2009.
- MORAES, E. M. L. **Mapa acústico de Belém: Previsão do nível de ruído ambiental através de método de simulação computacional**. Relatório de pesquisa. Belém, 2010.
- MORILLAS, J.M.B.; GONZÁLES, D.M.; GOZALO, G.R. A review of the measurement procedure of the ISO 1996 standard. Relationship with the European Noise Directive. **Science of the total Environment**. 2016.
- MÖSER, Michael. Trad. Stefan Zimmenmann and Rebecca Ellis. Engineering Acoustics: An Introduction to Noise Control. 2ª Ed. **Springer Science & Business Media**, Berlin, Germany, 2009.
- MURPHY, E. KING, E.A. Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health and Policy. **Elsevier**. San Diego, CA. 2014.
- NAGEM, M. P. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia**. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- NARDI, A. S. L. V. **Mapeamento sonoro em ambiente urbano: estudo de caso: área central de Florianópolis**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2008.
- NIEMEYER, M. L. A. **Conforto Acústico e Térmico, em situação de verão, em Ambiente Urbano: uma proposta metodológica**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- NOGUEIRA, D. P. Incorporação da saúde ocupacional à rede primária de saúde. **Rev. Saúde pública**, S. Paulo, 18:495-509, 1984.
- OTENIO, M. *et al.* Intensidade de ruído em hospital de 222 leitos na 18ª Regional de Saúde—PR (Noise Level in a 222 Bed Hospital in the 18th Regional Health Department—PR). **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia** , 73, 245-250, 2007. <<https://doi.org/10.1590/S0034-72992007000200016>>

PALHARES, D. A. G., *et al.* Mapeamento sonoro do ruído do tráfego viário nas grandes cidades. In: Simpósio Brasileiro de Metrologia em Acústica e Vibrações, 1.; Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, 17., 1996, Petrópolis. **Anais...** Petrópolis: SOBRAC, 1996. p. 215-218.

PASSCHIER-VERMEER, W. PASSCHIER, W. F. Noise exposure and public health. **Environmental Health Perspectives**. V. 108, nº 1, p. 123-131, 2000.

PAZ, E. C. **Estudo de um modelo de avaliação e predição acústica para o ruído de tráfego**. 2004. Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Universidade Federal do Paraná, 417 p.

PEREIRA, R. P; TOLEDO, R. N; DO AMARAL, J. L. G; GUILHERME, A. Qualificação e quantificação da exposição sonora ambiental em uma unidade de terapia intensiva geral. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, V.69, nº 6, p. 766-771, 2003. <<https://doi.org/10.1590/S0034-72992003000600007>>

PÉREZ, J. M. **Estúdio de la influencia de determinadas variables en el ruido urbano producido por el tráfico de vehículos**. 2009. Tesis (Doctoral Ingeniería Civil) – Departamento de Ingeniería Civil, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales Y Puertos, Madrid, 2009.

PICAUT, J.; POLLE`S, T. L.E.; LÕHERMITE, P.; GARY, V. Experimental study of sound propagation in a street. **Applied Acoustics**, v. 66, p.149–173, 2005.

PINHEIRO, C. R.; DE SOUZA, D. D. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 67-82, 2017.

PINTO, D. N. **Mapeamento acústico como ferramenta para predição de ruído urbano na área de influência do Estádio Arena das Dunas, Natal/ RN**. 2013. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós- Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

PMU. Lei Complementar nº065, de 22 de nov. de 1999. **Controle e Fiscalização das atividades geradoras de poluição sonora**. Umuarama, PR, 1999.

PMU. Lei Complementar nº445, de 07 de maio de 2018. **Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Umuarama e dá outras providências**.Umuarama, PR, 2018.

PMU. Lei Complementar nº126, de 22 de dez. de 2004. **Dispõe sobre o Sistema Viário de Umuarama e dá outras providências**.Umuarama, PR, 2004.

PMU. Lei Complementar nº446, de 07 de maio de 2018. **Dispõe sobre o Sistema Viário de Umuarama e dá outras providências**.Umuarama, PR, 2018.

PMU. Lei Complementar nº125, de 22 de dez. de 2004. **Dispõe sobre o Zoneamento, o Uso do Solo e a Ocupação do Solo do Município de Umuarama e dá outras providências**.Umuarama, PR, 2004.

PMU. Lei Complementar nº441, de 19 de dez. de 2017. **Dispõe sobre o Uso e Ocupação do Solo- Zoneamento, e dá outras providências**.Umuarama, PR, 2017.

- PMU. Lei Complementar nº127, de 22 de dez. de 2004. **Dispõe Sobre o Código de Posturas do Município de Umuarama.** Umuarama, PR, 2004.
- PMU. Lei Complementar nº439, de 06 de jul. de 2017. **Dispõe Sobre o Código de Posturas do Município de Umuarama-PR.** Umuarama, PR, 2017.
- PORTUGAL. Agência portuguesa do ambiente. **Guia prático para medições de ruído ambiente no contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996.** Ed. Amadora, Portugal, 2011.
- ROMANO, R. T. **Poluição Sonora: Aspectos Ambientais, Administrativos E Penais.** Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/61542/poluicao-sonora-aspectos-ambientais-administrativos-e-penais>>. Acesso em: 22 ago. 2018;
- SAMARRA, F. *et al.* Background noise constrains communication: acoustic masking of courtship song in the fruit fly *Drosophila montana*. **Behaviour**, v. 146, n. 12, p. 1635-1648, 2009.
- SILVA, Prof. Pérides. **Acústica Arquitetônica & Condicionamento de AR.** 6ª ed. Belo Horizonte: Empresa Termo Acústica LTDA, 2011.
- SIMÕES, F. M.; VILLANOVA, L. **A influência do desenho urbano na qualidade acústica das cidades—recuos urbanos.** VI ENCONTRO NACIONAL SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Natal, p. 136-145, 2009.
- SINGAL, S. P. Noise pollution and control strategy. **Alpha Science International Ltd.**, New Delhi, India, 2005.
- SOARES, P.; RIBEIRO, R.; DOS SANTOS, G.; CONSTANTINI, A.; ZANNIN, P. H. T. **Análise espectral do ruído no entorno do Campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná.** RA'E GA: O Espaço Geográfico em Análise. V. 32, p. 73-94, 2014.
- SOUZA, T. P. C. **Crescimento do Ruído Urbano e seus Impactos no Conforto Acústico de Espaços Hospitalares.** Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano da Universidade da Amazônia, Universidade da Amazônia, 2011.
- SOUZA, D. F. M. de. **Mapeamento acústico do ruído de tráfego rodoviário do bairro Imbuí, Salvador-BA.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2012.
- SUÁREZ, E.; BARROS, J.L. Traffic Noise Mapping of the City of Santiago de Chile. **Science of the Total Environment.** 2014.
- SYGNA, K. *et al.* Traffic noise, sleep and mental health. **Environmental Research.** Vol. 131. Pg 17- 24. 2014
- SZEREMETA, B.; ZANNIN, P. H. A percepção dos praticantes de atividade física sobre a qualidade ambiental sonora dos parques públicos de Curitiba-Paraná. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 33, p. 7-43, 2015.
- TORIJA, A. J.; RUIZ, D. P.; RAMOS, A. Influence of the type of route in the acoustic emission of different types of vehicles in traffic. In: International Congress on Acoustics, 19.,

2007a, Madrid. **Anais eletrônicos...** Madrid: IIE, 2007a. Disponível em: <http://bdig.iie.org.mx/BibDig/P07-0829/ICA_07/fchrs/papers/env-08-015.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2011.

TRIPATHY, D. P. Noise Pollution. **APH Publishing Corporation**, New Delhi, India, 2008.

TROJANOWSKI, M. *et al.* Effects of traffic noise on tree frog stress levels, immunity, and color signaling. **Conservation biology**, v. 31, n. 5, p. 1132-1140, 2017.

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

VALLE, S. do. **Manual prático de acústica**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Música & Tecnologia, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for Community Noise**. Geneva, 1999. <<http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Résumé D'orientation Des Directives De l'oms Relatives Au Bruit Dans l'environnemental**, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe**, 2011. <http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2018.

X.; BARROW, T. M.; CAYIR, A.; BACCARELLI, A. A.; BYUN, H. Effects of environmental noise exposure on DNA methylation in the brain and metabolic health. **Environmental Research**. Vol. 153. Pg. 73-82. 2017.

ZANNIN, P. H. T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; FERREIRA, J. A. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n. 4, p. 521-524, 2002.

ZANNIN, P. H. T.; SZEREMETTA, B. Avaliação da poluição sonora no parque Jardim Botânico de Curitiba, Paraná, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, p. 683-686, 2003.

ZANNIN, P. H. T.; SANT'ANA, D. Q. Noise Mapping at Different Stages of a Freeway redevelopment project – a case study in Brazil. **Applied Acoustics**, Volume 72, Issue 8, July 2011, Pages 479-486, <<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.09.014>>.

ZANNIN, P. H. T. Noise Pollution in Urban and Industrial Environments: Measurements and Noise Mapping. **Nova Science Publishers**. 2016.

ZANNIN, P. H. T.; FERRAZ, F. Assessment of indoor and outdoor noise pollution at a university hospital based on acoustic measurements and noise mapping. **Open Journal of Acoustics**, v. 6, n. 4, 2016.

ZANNIN, P.H.T., ENGEL, M., FIEDLER, P.E.K.; BUNN, F. Characterization of Environmental Noise Based on Noise Measurements, Noise Mapping and Interviews: A Case

Study at a University Campus in Brazil. **Cities**, Vol. 31, 317-327, 2013 <<https://doi.org/10.1016/j.cities.2012.09.008>>.

ANEXOS

ANEXO1-CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO SONÔMETRO DEC-460



LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM

Certificado de Calibração

Nº 85819/18

Folha 01/01

Cliente: SAMANTHA JUNQUEIRA MOREIRA
Endereço: AV. T-9, 4229 Bairro: JARDIM PLANALTO Cep: 74333-010 GOIANIA - GO
Item Calibrado: DECIBELIMETRO **Nº Código de barra / Nº Série:** 17111401234324 / 170829184
Marca: INSTRUTHERM **Modelo:** DEC-490
O.S. Nº: 177924 **Data de Calibração:** 2/3/2018

Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração

Temperatura durante a calibração: 23±3°C **Umidade relativa durante a calibração:** 45 a 55% (U.R)

Metodologia de Calibração

Procedimento de Calibração: PCI - 002 - Rev. 4 - Foi realizada a calibração através do processo de comparação com um padrão rastreado.

Padrões Utilizados

LCI 51 - Instrutherm MDD-450 - 18138 - Certificado de Calibração nº R2182/2017 - RBC CAL 0053 Validade até 10/2018
 LCI 34 - Agilent 33220A - MY44038486 - Certificado de Calibração nº R0957/2017 - RBC CAL 0053 Validade até 04/2018
 LCI 31 - Instrutherm DEC-416 - R 141833 - Certificado de Calibração nº 84207R/18 - RBC CAL 0568 Validade até 01/2019
 LCI 32 - Instrutherm FD-900 - 07011500216213 - Certificado de Calibração nº R0960/2017 - REC CAL 0053 Validade até 04/2018
 LCI 164 - Instrutherm CAL-4000 - 140526504 - Certificado de Calibração nº 85788R/18 - RBC CAL 0568 Validade até 03/2019

Resultados Obtidos

Escala	Valor Indicado no Instrumento Calibrado (dB)	Valor Convencional (dB)	Erro (dB)	Incerteza (± dB)	k
Slow A	93,6	93,6	0,0	0,4	2,00
Fast A	93,6	93,6	0,0	0,4	2,00
Slow A	114,0	114,0	0,0	0,4	2,00
Fast A	114,0	114,0	0,0	0,4	2,00
Slow C	93,7	93,6	0,1	0,4	2,00
Fast C	93,7	93,6	0,1	0,4	2,00
Slow C	114,4	114,0	0,4	0,4	2,00
Fast C	114,4	114,0	0,4	0,4	2,00

Ajuste

Valor anterior:	93,6 dB	Valor anterior:	114,0 dB
Após ajuste:	93,6 dB	Após ajuste:	114,0 dB
Frequência de ajuste:	1,00 kHz		

Notas

A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada e multiplicada pelos fatores de abrangência "k" informados nos tabelas, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao item calibrado e às condições supra mencionadas. Os serviços de calibração são realizados e controlados pela INSTRUTHERM-Instrumentos de Medição Ltda. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de emissão do certificado: 2/3/2018

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM

INSTRUTHERM INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO LTDA.
 Rua Jorge de Freitas, 264 - Freguesia do Ó - São Paulo - SP - CEP 02911-030
 Tel: (11) 2144-2800 Fax: (11) 2144-2801

Cristiano José Molica
 Gerente Técnico

ANEXO 2- CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR (CAL-5000)



LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM

Certificado de Calibração

Nº 85816/18

Folha 01/01

Cliente: SAMANTHA JUNQUEIRA MOREIRA
Endereço: AV. T-9, 4229 Bairro: JARDIM PLANALTO Cep: 74333-010 GOIANIA - GO
Item Calibrado: CALIBRADOR **Nº Código de barra / Nº Série:** 17092801229100 / N824314
Marca: INSTRUTHERM **Modelo:** CAL-5000
O.S. Nº: 177929 **Data de Calibração:** 2/3/2018

Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração

Temperatura durante a calibração: 23±3°C Umidade relativa durante a calibração: 45 a 65% (U.R)

Metodologia de Calibração

Procedimento de Calibração: PCI - 001 - Rev. 0 - Foi realizada a calibração através do processo de comparação com um padrão rastreado.

Padrões Utilizados

LCI 51 - Instrutherm MDB-450 - 16138 - Certificado de Calibração nº R2182/2017 - RBC CAL 0053 Validade até 10/2018
 LCI 32 - Instrutherm FD-900 - 07011500216213 - Certificado de Calibração nº R0960/2017 - RBC CAL 0053 Validade até 04/2018
 LCI 30 - Instrutherm DEC-416 - R.147579 - Certificado de Calibração nº 84206R/18 - RBC CAL 0568 Validade até 01/2019
 LCI 34 - Agilent 33220A - MY44038488 - Certificado de Calibração nº R0957/2017 - RBC CAL 0053 Validade até 04/2018
 LCI 164 - Instrutherm CAL-4000 - 140526504 - Certificado de Calibração nº 85788R/18 - RBC CAL 0568 Validade até 03/2019

Resultados Obtidos

Valor Indicado no Instrumento Calibrado (dB)	Valor Convencional (dB)	Erro (dB)	Incerteza (± dB)	k
94,0	94,0	0,0	0,4	2,00
113,9	114,0	0,1	0,4	2,00

Ajuste

Valor anterior:	94,0 dB	Valor anterior:	113,9 dB
Após ajuste:	94,0 dB	Após ajuste:	113,9 dB
Frequência de ajuste:	1,00 kHz		

Notas

A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada e multiplicada pelos fatores de abrangência "k" informados nas tabelas, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao item calibrado e às condições supra mencionadas. Os serviços de calibração são realizados e controlados pela INSTRUTHERM-Instrumentos de Medição Ltda. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de emissão do certificado: 2/3/2018

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM


 Cristiano José Mollica
 Gerente Técnico

INSTRUTHERM INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO LTDA.

Rua Jorge de Freitas, 264 - Freguesia do Ó - São Paulo - SP - CEP 02911-030

APÊNDICES

APÊNDICE A- Dados quanto à população e frota, referente aos 23 municípios com população entre 100 e 110.000 habitantes em 2010.

Município	Estado	2010			2018			Aumento (%)
		Habitantes	Frota	Relação V x Hab	População estimada	Frota	Relação V x Hab	
Açailândia	MA	104.013	17607	0,17	111757	41258	0,37	134%
Almirante Tamandaré	PR	103.245	34210	0,33	117168	57474	0,49	68%
Altamira	PA	105.030	23985	0,23	113195	61.868	0,55	158%
Arapongas	PR	104.161	60060	0,58	121198	85.990	0,71	43%
Caraguatatuba	SP	100.899	37103	0,37	119625	66.889	0,56	80%
Coronel Fabriciano	MG	103.797	33954	0,33	109405	48.887	0,45	44%
Corumbá	MS	103.772	26318	0,25	110806	40.862	0,37	55%
Eunápolis	BA	100.246	25865	0,26	112318	46.789	0,42	81%
Formosa	GO	100.084	45523	0,45	119506	72.479	0,61	59%
Igarassu	PE	101.987	1346	0,01	115640	2.440	0,02	81%
Itatiba	SP	101.450	56.114	0,55	119090	81.237	0,68	45%
Muriae	MG	100.861	35.557	0,35	108113	54.917	0,51	54%
Ourinhos	SP	103.026	52.957	0,51	112711	76.519	0,68	44%
Paço do Lumiar	MA	104.881	11.369	0,11	120621	25.924	0,21	128%
Paritins	AM	102.066	9.750	0,10	113168	18.090	0,16	86%
Patos	PB	100.695	28.850	0,29	106984	49.152	0,46	70%
Santana	AP	101.203	14.105	0,14	119610	26.337	0,22	87%
São Lourenço da Mata	PE	102.956	12.128	0,12	112362	24.375	0,22	101%
Três Lagoas	MS	101.722	50.025	0,49	119465	86.832	0,73	74%
Trindade	GO	104.506	31.127	0,30	125328	61.816	0,49	99%
Ubá	MG	101.466	40.398	0,40	114265	65.883	0,58	63%
Umuarama	PR	100.716	57.022	0,57	110590	84.733	0,77	49%
Vespasiano	MG	104.612	23.626	0,23	125376	44.660	0,36	89%

APÊNDICE B- Tabulação dos dados acústicos e de tráfego

APÊNDICE B.1- Dados referentes ao período diurno (07h00-09h00), dias úteis.

Zona de Silêncio	Ponto	1º dia de medições			2º dia de medições			3º dia de medições					
		Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)	Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)	Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)
Hospital A	1	14/08/2018	58,81	70,60	46,20	16/08/2018	53,93	62,30	45,00	21/03/2019	54,88	41,1	52,9
	2	14/08/2018	68,84	85,10	49,70	16/08/2018	75,53	92,50	52,30	21/03/2019	56,85	48,4	56,5
	3	14/08/2018	57,89	70,00	49,90	16/08/2018	75,53	92,50	52,30	21/03/2019	59,15	49,2	59
	4	14/08/2018	65,85	77,50	54,20	16/08/2018	68,18	80,10	56,20	21/03/2019	64,57	54,5	64,4
	5	14/08/2018	64,96	69,40	53,40	16/08/2018	66,92	75,70	55,20	21/03/2019	64,01	53,4	63,5
	6	14/08/2018	64,40	72,60	54,20	16/08/2018	67,02	77,30	56,10	21/03/2019	69,29	57	68,5
Hospital B	7	21/08/2018	66,25	74,40	52,60	09/11/2018	66,24	82,00	53,80	15/03/2019	63,13	55,6	64,5
	8	21/08/2018	62,47	72,60	50,50	09/11/2018	67,22	78,00	52,80	15/03/2019	60,46	70,80	45,40
	9	21/08/2018	84,64	102,30	50,50	09/11/2018	59,67	67,30	54,10	15/03/2019	63,02	75,5	49,9
	12	21/08/2018	67,38	78,50	51,30	09/11/2018	66,51	74,90	52,60	15/03/2019	66,29	76,8	51,4
	15	16/08/2018	67,30	80,10	54,20	21/08/2018	66,87	77,90	55,10	15/03/2019	65,48	75,5	52,6
Hospital C	10	16/08/2018	58,55	68,70	48,40	21/08/2018	61,81	69,60	49,90	15/03/2019	59,15	68,1	51,9
	11	16/08/2018	68,20	72,20	67,00	21/08/2018	71,64	78,40	68,60	15/03/2019	73,26	90	56,9
	13	16/08/2018	60,95	68,10	53,40	21/08/2018	64,84	71,80	51,40	15/03/2019	63,48	73,6	51,4
	14	16/08/2018	63,77	70,00	55,20	21/08/2018	67,10	80,10	54,90	15/03/2019	65,12	76,5	56,5
	15	16/08/2018	67,30	80,10	54,20	21/08/2018	66,87	77,90	55,10	15/03/2019	65,48	75,5	52,6

APÊNDICE B.2- Dados referentes ao período diurno (11h30-13h30), dias úteis.

Zona de Silêncio	Ponto	1º dia de medições				2º dia de medições				3º dia de medições			
		Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)	Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)	Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)
Hospital A	1	14/ago	53,15	63,40	42,30	21/ago	53,28	66,00	42,30	21/03/2019	53,18	38,8	50,4
	2	14/ago	55,98	68,60	51,20	21/ago	59,79	71,40	48,90	21/03/2019	59,73	45,4	56,9
	3	14/ago	59,92	73,60	48,70	21/ago	58,57	65,00	48,30	21/03/2019	57,38	47,5	56,3
	4	14/ago	62,85	70,20	54,60	21/ago	66,79	81,20	52,80	21/03/2019	67,03	56,1	66
	5	14/ago	68,50	83,10	55,40	21/ago	73,31	86,50	58,10	21/03/2019	67,21	55,9	65,8
	6	14/ago	65,87	75,30	54,10	21/ago	68,18	78,00	56,70	21/03/2019	68,56	55,3	68,2
Hospital B	7	14/ago	64,99	81,10	46,20	16/ago	61,63	68,50	53,00	15/03/2019	63,77	72,4	56,9
	8	14/ago	64,28	77,50	46,40	16/ago	64,32	74,10	51,30	15/03/2019	64,33	74,7	50,3
	9	14/ago	64,77	81,50	45,00	16/ago	63,38	77,80	50,70	15/03/2019	61,05	74,8	49,7
	12	14/ago	61,31	70,90	50,70	16/ago	65,38	76,40	52,40	15/03/2019	65,65	79,6	52,1
	15	14/ago	65,34	82,70	54,60	16/ago	71,11	86,30	52,50	15/03/2019	68,10	78,4	52,4
Hospital C	10	16/ago	64,25	76,30	50,80	21/ago	61,48	71,40	51,60	15/03/2019	61,46	73,4	50,6
	11	16/ago	68,37	76,00	57,50	21/ago	68,76	72,00	60,70	15/03/2019	68,32	81,4	59,7
	13	16/ago	63,79	74,20	53,20	21/ago	64,80	78,00	50,40	15/03/2019	65,45	76,3	54,2
	14	16/ago	64,88	72,00	55,00	21/ago	65,99	77,60	58,50	15/03/2019	66,31	72,1	55,6
	15	14/ago	65,34	82,70	54,60	16/ago	71,11	86,30	52,50	15/03/2019	68,10	78,4	52,4

APÊNDICE B.3- Dados referentes ao período diurno (17h00-19h00), dias úteis.

Zona de Silêncio	Ponto	1º dia de medições				2º dia de medições				3º dia de medições			
		Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)	Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)	Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)
Hospital A	1	14/08/2018	55,56	67,70	44,70	07/11/2018	54,69	68,60	39,60	15/03/2019	52,34	63,4	40,1
	2	14/08/2018	62,68	75,50	50,40	07/11/2018	59,12	73,40	47,10	15/03/2019	57,20	68,7	46,8
	3	14/08/2018	59,73	67,30	48,40	07/11/2018	56,20	69,30	46,60	15/03/2019	58,33	68,1	47
	4	14/08/2018	80,92	97,20	53,80	07/11/2018	66,76	79,30	53,80	15/03/2019	75,65	90,3	49,8
	5	14/08/2018	71,33	86,40	59,30	07/11/2018	66,28	74,40	53,40	15/03/2019	64,74	75,3	55,4
	6	14/08/2018	71,63	85,00	52,50	07/11/2018	63,71	72,60	51,50	15/03/2019	66,05	75,7	53,3
Hospital B	7	16/08/2018	68,18	76,10	62,80	07/11/2018	66,03	74,60	61,90	15/03/2019	67,20	74,1	59,1
	8	16/08/2018	67,43	82,60	50,30	07/11/2018	66,01	81,00	47,60	15/03/2019	71,17	84,7	51,3
	9	16/08/2018	59,55	74,30	47,90	07/11/2018	57,06	66,30	49,60	15/03/2019	61,02	74,9	48,8
	12	16/08/2018	67,33	77,80	52,80	07/11/2018	65,84	77,80	48,10	15/03/2019	63,38	74,9	49,9
	15	16/08/2018	71,72	85,90	52,00	07/11/2018	67,53	76,30	51,00	15/03/2019	70,03	83,6	50,5
Hospital C	10	16/08/2018	65,60	79,30	50,30	07/11/2018	60,94	68,60	49,90	15/03/2019	64,66	75,5	53
	11	16/08/2018	67,94	74,10	62,20	07/11/2018	65,45	74,90	54,40	15/03/2019	66,77	73,5	61
	13	16/08/2018	62,18	72,30	53,00	07/11/2018	64,92	73,30	54,60	15/03/2019	67,04	79,1	53,2
	14	16/08/2018	65,75	75,90	55,40	07/11/2018	65,21	73,40	55,50	15/03/2019	67,19	78	56,8
	15	16/08/2018	71,72	85,90	52,00	07/11/2018	67,53	76,30	51,00	15/03/2019	70,03	83,6	50,5

APÊNDICE B.4- Dados referentes ao período diurno (21h00-23h00), dias úteis.

Zona de Silêncio	Ponto	1º dia de medições			2º dia de medições			3º dia de medições					
		Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)	Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)	Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)
Hospital A	1	21/08/2018	52,97	66,30	46,20	29/08/2018	50,62	60,50	45,10	14/03/2019	55,05	63,4	47
	2	21/08/2018	53,45	63,60	49,10	29/08/2018	55,41	66,40	48,40	14/03/2019	47,89	55,7	44,9
	3	21/08/2018	56,52	69,60	48,50	29/08/2018	53,30	58,50	48,40	14/03/2019	48,79	64,6	37,6
	4	21/08/2018	62,81	74,90	47,30	29/08/2018	62,97	72,60	48,40	14/03/2019	62,04	72,6	47,3
	5	21/08/2018	57,69	67,90	48,40	29/08/2018	57,47	69,30	47,40	14/03/2019	60,53	69,4	46
	6	21/08/2018	60,57	76,20	46,90	29/08/2018	62,97	71,20	51,50	14/03/2019	61,88	71,7	50,3
Hospital B	7	21/08/2018	60,76	71,60	48,90	29/08/2018	57,91	72,80	46,20	14/03/2019	58,14	69,4	48,3
	8	21/08/2018	67,20	84,70	42,40	29/08/2018	67,51	85,10	41,50	14/03/2019	67,15	84,7	40,1
	9	21/08/2018	62,86	79,90	46,70	29/08/2018	56,33	68,50	45,80	14/03/2019	55,76	67,1	49,3
	12	21/08/2018	62,57	76,30	47,70	29/08/2018	64,20	76,50	48,30	14/03/2019	55,71	68,6	44,2
	15	21/08/2018	62,99	74,10	45,80	29/08/2018	63,81	73,20	47,30	14/03/2019	63,31	72,5	46,6
Hospital C	10	21/08/2018	55,72	67,10	42,90	29/08/2018	50,74	59,90	41,10	14/03/2019	58,74	67,7	45,6
	11	21/08/2018	60,40	70,60	50,20	29/08/2018	64,98	73,40	47,80	14/03/2019	65,75	82	50,6
	13	21/08/2018	61,40	76,70	43,20	29/08/2018	57,08	67,10	47,00	14/03/2019	61,78	72,5	42,7
	14	21/08/2018	69,04	74,70	53,60	29/08/2018	60,03	70,60	50,80	14/03/2019	63,92	72,6	52,1
	15	21/08/2018	62,99	74,10	45,80	29/08/2018	63,81	73,20	47,30	14/03/2019	63,31	72,5	46,6

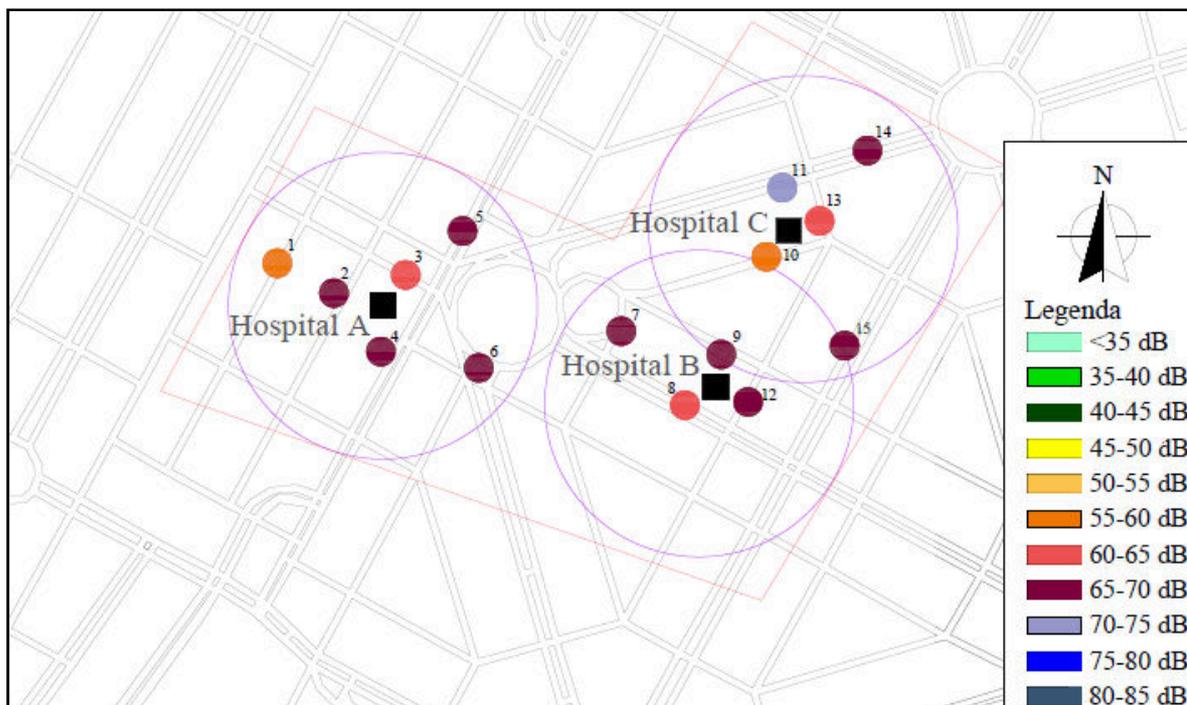
APÊNDICE B.5- Dados referentes ao período noturno (07h00-09h00), domingos.

Zona de Silêncio	Ponto	1º dia de medição			2º dia de medição			3º dia de medição					
		Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)	Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)	Data	Leq (A)	L máx (A)	L mín (A)
Hospital A	1	09/09/2018	54,19	47,20	53,20	24/03/2019	44,93	60,90	35,70	31/03/2019	47,85	58,70	40,00
	2	09/09/2018	53,12	45,20	53,90	24/03/2019	52,28	66,00	43,10	31/03/2019	50,57	59,40	46,80
	3	09/09/2018	54,61	52,90	60,30	24/03/2019	49,03	55,70	41,60	31/03/2019	55,92	70,80	43,10
	4	09/09/2018	58,86	66,50	67,50	24/03/2019	59,62	70,00	46,30	31/03/2019	71,78	89,40	45,80
	5	09/09/2018	58,06	46,80	56,90	24/03/2019	59,57	72,00	43,70	31/03/2019	55,32	66,90	44,70
	6	09/09/2018	60,80	44,40	51,90	24/03/2019	58,85	70,10	45,20	31/03/2019	59,99	71,60	46,70
Hospital B	7	19/08/2018	59,11	67,90	47,20	24/03/2019	60,22	68,20	43,90	17/03/2019	59,38	71,50	48,30
	8	19/08/2018	56,01	67,70	43,70	24/03/2019	56,40	73,40	41,60	17/03/2019	64,14	79,80	42,80
	9	19/08/2018	56,95	69,80	45,60	24/03/2019	50,15	60,90	47,20	17/03/2019	51,15	63,80	45,20
	12	19/08/2018	56,83	72,00	43,80	24/03/2019	57,40	68,60	42,90	17/03/2019	56,66	68,90	42,80
	15	19/08/2018	59,74	71,80	48,30	24/03/2019	59,82	69,40	42,70	17/03/2019	62,10	76,50	43,90
Hospital C	10	19/08/2018	50,95	59,90	43,60	24/03/2019	53,69	67,60	42,90	17/03/2019	58,74	72,00	44,60
	11	19/08/2018	66,80	71,80	47,50	24/03/2019	63,39	67,90	49,00	17/03/2019	58,73	69,40	42,20
	13	19/08/2018	59,52	69,00	46,70	24/03/2019	57,92	71,20	42,90	17/03/2019	54,14	66,10	41,90
	14	19/08/2018	59,72	71,70	49,90	24/03/2019	59,27	76,90	41,30	17/03/2019	60,08	68,40	49,80
	15	19/08/2018	59,74	71,80	48,30	24/03/2019	59,82	69,40	42,70	17/03/2019	62,10	76,50	43,90

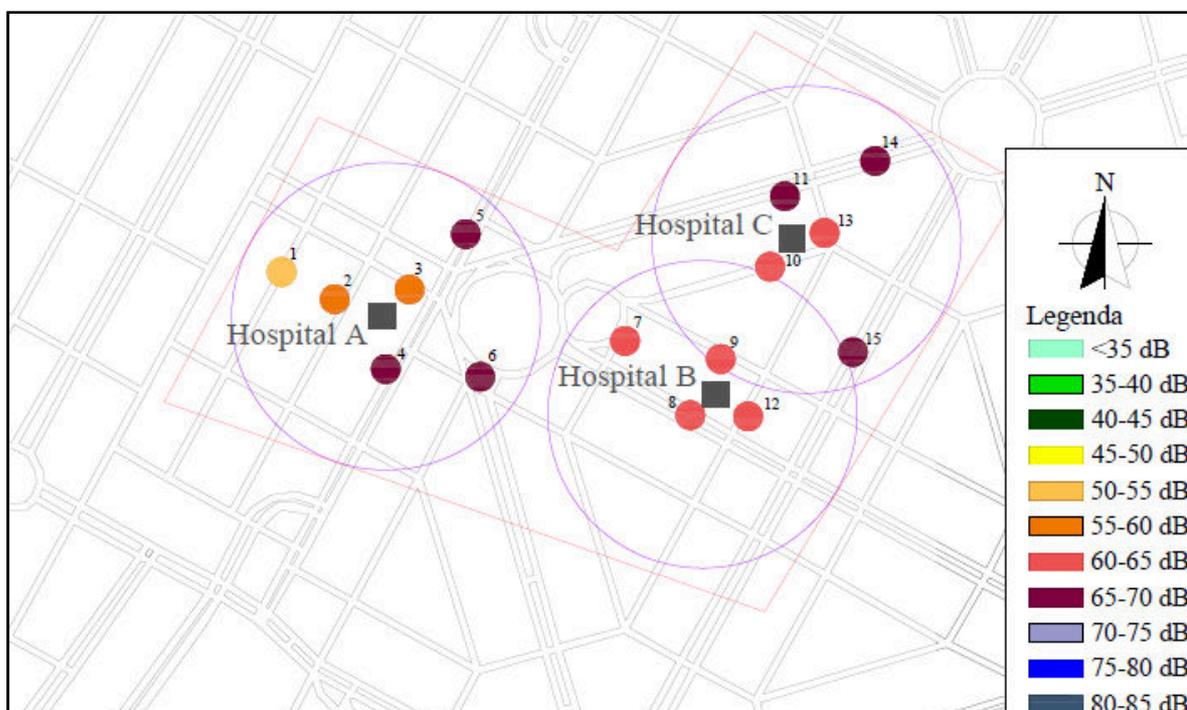
APÊNDICE B.6- Dados referentes ao período diurno(17h00-19h00), domingos.

Zona de Silêncio	Ponto	Dia 01			Dia 02			Dia 03						
		Data	Leq	L	L	Data	Leq	L	L	Data	Leq	L	L	
			(A)	máx	mín		(A)	máx	mín		(A)	máx	mín	
		(A)	(A)	(A)			(A)	(A)	(A)			(A)	(A)	(A)
Hospital A	1	19/08/2018	55,64	64,80	42,00	09/09/2018	53,20	63,60	47,20	31/03/2019	48,41	63,40	36,40	
	2	19/08/2018	52,07	58,30	48,40	09/09/2018	54,60	68,40	43,50	31/03/2019	55,84	67,90	45,60	
	3	19/08/2018	55,34	67,00	45,90	09/09/2018	50,18	59,60	42,50	31/03/2019	53,23	59,90	43,10	
	4	19/08/2018	64,14	76,80	49,60	09/09/2018	59,61	68,70	44,00	31/03/2019	58,90	67,10	46,40	
	5	19/08/2018	65,90	73,00	58,00	09/09/2018	62,10	74,20	46,10	31/03/2019	59,73	66,90	41,90	
	6	19/08/2018	67,11	77,20	50,40	09/09/2018	61,97	71,10	49,30	31/03/2019	62,46	71,00	48,70	
Hospital B	7	19/08/2018	61,36	67,70	46,60	09/09/2018	54,32	63,60	47,20	31/03/2019	56,39	71,30	45,10	
	8	19/08/2018	57,48	67,00	46,50	09/09/2018	56,18	68,40	43,50	31/03/2019	54,84	66,90	41,30	
	9	19/08/2018	52,24	64,40	42,80	09/09/2018	49,28	60,30	45,00	31/03/2019	50,40	64,30	43,50	
	12	19/08/2018	60,12	75,70	41,70	09/09/2018	55,05	71,30	43,50	31/03/2019	52,50	67,50	42,10	
	15	19/08/2018	63,94	74,40	44,60	09/09/2018	72,73	90,20	43,40	31/03/2019	63,51	73,80	46,00	
Hospital C	10	19/08/2018	55,70	71,10	43,90	09/09/2018	57,60	70,80	45,40	31/03/2019	59,13	72,80	45,20	
	11	19/08/2018	65,48	76,70	51,50	09/09/2018	68,40	81,10	43,70	31/03/2019	57,46	70,00	44,50	
	13	19/08/2018	56,19	63,80	45,20	09/09/2018	58,14	67,10	45,90	31/03/2019	54,25	67,40	44,70	
	14	19/08/2018	65,91	72,20	48,40	09/09/2018	62,24	74,30	49,70	31/03/2019	60,43	70,00	49,10	
	15	19/08/2018	63,94	74,40	44,60	09/09/2018	72,73	90,20	43,40	31/03/2019	63,51	73,80	46,00	

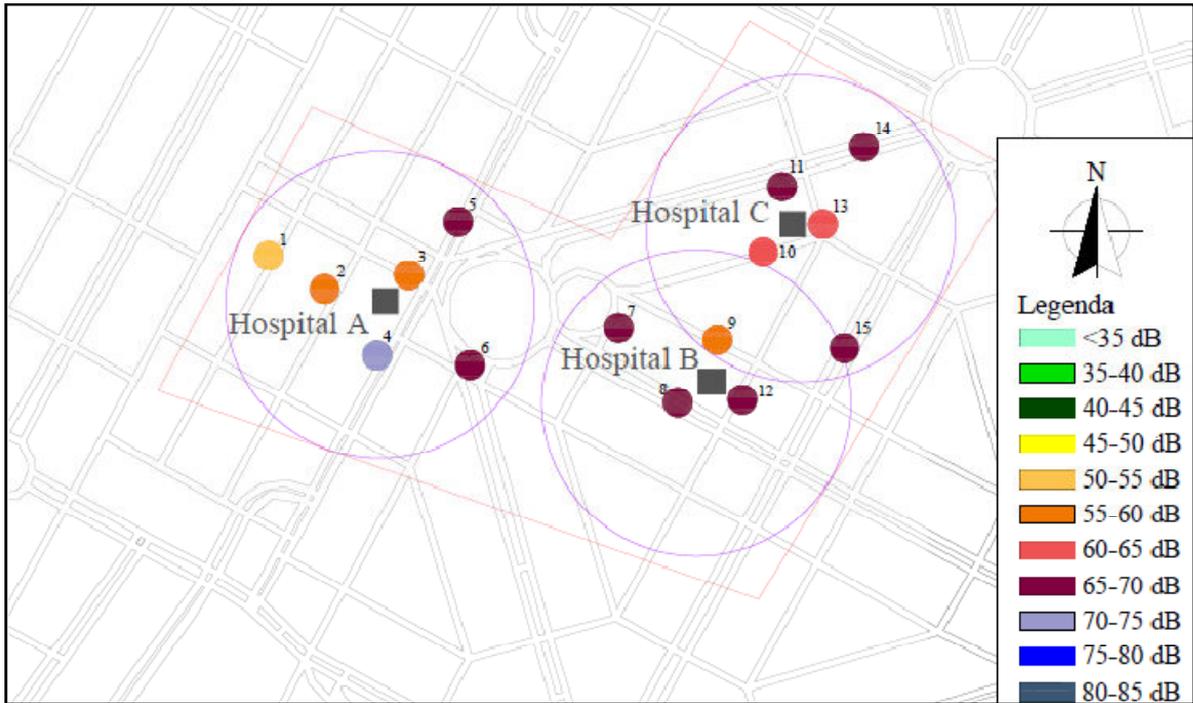
APÊNDICE C- Mapas Acústicos, período diurno, por horário.



Mapa Acústico referente ao horário 07h00-09h00, dias úteis.



Mapa Acústico referente ao horário 11h30-13h30, dias úteis.



Mapa Acústico referente ao horário 17h00-19h00, dias úteis.

