

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MICHAEL ÉDISON KLEIN

Assinaturas acústicas históricas e culturais da região do Bixiga: estudo de mapeamento de ruído ambiental, análise psicofísica e paisagem sonora

São Paulo

2023

MICHAEL ÉDISON KLEIN

Assinaturas acústicas históricas e culturais da região do Bixiga: estudo de mapeamento de ruído ambiental, análise psicofísica e paisagem sonora

Versão corrigida

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura

Linha de Pesquisa: Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Ergonomia

Exemplar revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade do autor e anuência da orientadora. A versão original, em formato digital, ficará arquivada na Biblioteca da Faculdade. São Paulo, 18 de setembro de 2023

Orientadora: Profa. Dra. Ranny Loureiro Xavier Nascimento Michalski

São Paulo

2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço Técnico de Biblioteca
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Klein, Michael Edison

Assinaturas acústicas, históricas e culturais da região do Bixiga: estudo de mapeamento de ruído ambiental, análise psicofísica e paisagem sonora / Michael Edison Klein; orientadora Ranny Loureiro Nascimento Xavier Michalski. - São Paulo, 2023.

216.

Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura.

1. Paisagem Sonora. 2. Bixiga. 3. Marcas Sonoras. 4. Gravação Biauricular. 5. Avaliação Objetiva. 6. Avaliação Subjetiva. I. Michalski, Ranny Loureiro Nascimento Xavier, orient. II. Título.

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha imensa gratidão à minha orientadora, Ranny Michalski, pelo seu apoio fundamental ao longo de todo o processo de elaboração desta dissertação de mestrado. A sua orientação experiente, paciência e dedicação foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Você é uma inspiração como professora, orientadora e pesquisadora.

À minha parceira, Vanessa, por seu apoio incondicional ao longo desta jornada de mestrado. Sua presença e amor, junto ao nosso cão Otto Von, são uma fonte constante de motivação e força para enfrentar os desafios acadêmicos.

Agradeço aos meus pais, Omar e Edi, e aos meus irmãos, Kátia e Ediomar, pelo investimento, incentivo e amor em toda a trajetória. Essa vitória também é de vocês. Aos meus sobrinhos, Arthur, Maria, Miguel e Ana. Dando ama vocês, vocês são a fonte da minha alegria.

Também agradeço ao Miguel Michalski por sua valiosa contribuição mostrando os melhores caminhos de análises estatísticas a serem tomados neste trabalho.

Não posso deixar de agradecer a todos os colegas e amigos da acústica que se fizeram presentes em tantos momentos. Ao amigo e colega de pesquisa em paisagem sonora Rafael Andrade, ao amigo Thiago Belletti, ao amigo Bruno Fujita, que gentilmente emprestou seu sonômetro para a conclusão das medições sonoras e ao amigo e colega Marcelo Brites, que trabalhou de forma conjunta no desenvolvimento da validação do sistema Biauricular.

Aos amigos de longa data Emiliano, Geovani, Jeferson, Lucian, Gabriel, Rodrigo, sem a amizade de vocês isso não seria possível, e aos amigos mais recentes André e Maria pela amizade e acolhimento em São Paulo.

À Brüel & Kjaer pelo empréstimo dos equipamentos biauriculares para etapa de validação e ao amigo Fernando Diaz pelo profissionalismo e tempo dedicado em apoio a pesquisas acadêmicas.

À Universidade de São Paulo (USP) por oferecer um ambiente acadêmico excepcionalmente rico e propício à realização da minha pesquisa, fornecendo recursos de ponta, infraestrutura de alta qualidade e um corpo docente e técnico altamente qualificado.

A vocês, meus sinceros agradecimentos.

“A felicidade só é real quando compartilhada.”

“Se você admite que não há esperança, então você garante que não haverá esperança. Se você admite que há um instinto para a liberdade, que existem oportunidades de mudar as coisas, então há a possibilidade de que possa contribuir para a construção de um mundo melhor.”

(Noam Chomsky)

Resumo

Assinaturas acústicas, históricas e culturais da região do Bixiga: estudo de mapeamento de ruído ambiental, análise psicofísica e paisagem sonora

Autor: Michael Edison Klein

Quando se trata de planejamento urbano, as abordagens tradicionais limitam-se à elaboração de análises quantitativas de ruído, ignorando outras dimensões associadas à sua subjetividade. Para uma avaliação completa, deve-se considerar a atividade humana e sua relação com os sons do ambiente, a fim de compreender a historicidade e a cultura das marcas sonoras. O presente trabalho procura trazer uma caracterização tanto quantitativa como qualitativa da paisagem sonora do bairro Bixiga, na região central da cidade de São Paulo. O Bixiga é considerado um dos bairros mais tradicionais de São Paulo, popularmente lembrado pelo forte sotaque italiano e pela rica atividade musical e cultural. A avaliação sonora quantitativa se divide em duas etapas: na primeira foram realizadas medições em pontos estratégicos do bairro, buscando registrar diferentes parâmetros de níveis sonoros para servir como dado de entrada para simulação em modelo computacional do ruído ambiental urbano e elaboração de mapas de ruído das áreas selecionadas. Na segunda etapa foram realizadas medições de níveis sonoros e, de forma simultânea, foram realizadas gravações biauriculares dos eventos culturais do bairro para a aplicação de modelos psicoacústicos que caracterizam as sensações auditivas. Enquanto a caracterização quantitativa é importante para o entendimento de como a população local é afetada por determinados níveis sonoros, a caracterização qualitativa dos sons produzidos por eventos e atividades humanas pode registrar suas marcas sonoras, ou seja, sons que possuem qualidades únicas que os tornem especialmente significativos ou notados pela população que habita o local. A avaliação sonora qualitativa constituiu na aplicação de questionários quanto à caracterização das fontes sonoras locais e a percepção sonora dos participantes. Por fim, foi realizada uma análise estatística adequada para o contexto pela qual foi possível relacionar as respostas quantitativas e qualitativas da paisagem sonora do Bixiga com o intuito de obter uma melhor compreensão da historicidade e do apego afetivo ao meio ambiente a ponto de estabelecer um enaltecimento patrimonial do intangível. A partir desses registros sonoros é possível auxiliar na concepção de projetos de espaços públicos, na análise do impacto sonoro de determinadas construções e no planejamento de intervenções urbanas que considerem a qualidade acústica do ambiente.

Palavras-chave: Paisagem sonora, Bixiga, Marcas sonoras, Gravação biauricular, Avaliação objetiva, Avaliação subjetiva.

Abstract

Acoustic, historical and cultural signatures of the Bixiga region: environmental noise mapping study, psychophysical analysis and soundscape

Author: Michael Edison Klein

When it comes to urban planning, traditional approaches are limited to the development of quantitative analysis of noise, ignoring other dimensions associated with its subjectivity. For a complete evaluation, it is necessary to consider human activity and their relationship with environmental sounds, in order to understand the historicity and culture of sound marks. The present study seeks to bring both a quantitative and qualitative characterization of the soundscape of the Bixiga neighborhood in the central region of São Paulo. Bixiga is considered one of the most traditional neighborhoods of São Paulo, popularly remembered for the strong Italian accent and rich musical and cultural activity. The quantitative noise assessment is divided into two stages: in the first stage, measurements were taken at strategic points in the neighborhood, seeking to record different parameters of sound levels to serve as input data for simulation in a computer model of urban environmental noise and preparation of noise maps of the selected areas. In the second step, sound level measurements were taken and simultaneously binaural recordings of the neighborhood cultural events were made for the application of psychoacoustic models that characterize the auditory sensations. While quantitative characterization is important for understanding how the local population is affected by certain sound levels, qualitative characterization of the sounds produced by human events and activities can register their sound marks, that is, sounds that have unique qualities that make them especially significant or noticed by the population that inhabits the place. The qualitative sound assessment consisted of questionnaires applied to the characterization of local sound sources and the sound perception of the participants. Finally, a statistical analysis adequate for the context was performed in which it was possible to relate the quantitative and qualitative responses of the Bixiga soundscape in order to obtain a better understanding of the historicity and affective attachment to the environment to the point of establishing a patrimonial enhancement of the intangible. These sound recordings can be used to help design public spaces, analyze the sound impact of certain buildings and plan urban interventions that take into account the acoustic quality of the environment

Keywords: Soundscape, Bixiga, Soundmarks, Binaural recording, Objective evaluation, Subjective evaluation.

Lista de figuras

Figura 1 – Localização do Bixiga na cidade de São Paulo, com destaque para a área de estudo.	25
Figura 2 – Vila Itororó e Escadaria do Bixiga.	26
Figura 3 – Tubo infinito com um pistão em uma das extremidades oscilando em movimento harmônico simples.	31
Figura 4 – Relação entre pressão sonora e nível de pressão sonora para diferentes fontes sonoras.	33
Figura 5 – Mecanismos mais significativos de atenuação sonora ao ar livre.	36
Figura 6 – Esquema de três gradientes de temperatura e trajetórias dos raios sonoros a partir da fonte sonora.	39
Figura 7 – Influência do vento na trajetória dos raios sonoros a partir da fonte sonora.	39
Figura 8 – Gravidade dos efeitos do ruído.	40
Figura 9 – Mapa da espacialização dos mapas sonoros elaborados no Brasil.	44
Figura 10 – Mapa de ruído da região central de São Paulo visto pelo Google <i>Earth</i>	46
Figura 11 – Mapa de ruído da região central de São Paulo.	46
Figura 12 – Sistema auditivo periférico.	47
Figura 13 – Par de funções de transferência relacionadas à cabeça (HRTFs).	49
Figura 14 – Esquema das vias auditivas primárias.	52
Figura 15 – Relação entre a frequência Hertz e a frequência Bark.	54
Figura 16 – Exemplo do histórico temporal do <i>loudness</i> e <i>loudness</i> específico.	56
Figura 17 – Exemplo do histórico temporal do <i>roughness</i> e <i>roughness</i> específico.	57
Figura 18 – Exemplo do histórico temporal do <i>sharpness</i>	59
Figura 19 – Exemplo do histórico temporal do <i>fluctuation strength</i> e <i>fluctuation strength</i> específico.	61
Figura 20 – Elementos na construção perceptiva da paisagem sonora.	67
Figura 21 – Representação bidimensional de paisagem sonora com base em respostas de qualidade afetiva percebida.	70
Figura 22 – Manchete de jornal e planta dos terrenos do Bixiga.	72
Figura 23 – Fotos da década de 1930 de ruas do bairro do Bixiga.	72

Figura 24 – Fotos da década de 1950 e 1980 de ruas do bairro do Bixiga.	73
Figura 25 – Fotos da Festa de Nossa Senhora Achiropita em 1956 e 2022.	75
Figura 26 – Fotos da Escadaria do Bixiga e do evento Escadaria do Jazz.	75
Figura 27 – Fotos de ensaios da escola de samba Vai-Vai em 1986 e 2023.	76
Figura 28 – Diferentes conjuntos de equipamentos de medição de nível de pressão sonora e condições ambientais.	79
Figura 29 – Esquemas de medição dos diferentes sistemas binaurais.	82
Figura 30 – Estúdio de gravação utilizado para as medições binaurais.	83
Figura 31 – Posição do manequim e da fonte sonora dentro do estúdio de gravação.	84
Figura 32 – Sistema utilizado nas gravações binaurais.	84
Figura 33 – Tempo de reverberação e ruído residual do estúdio de gravação.	92
Figura 34 – L_{eq} e <i>boxplot</i> do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 0°	93
Figura 35 – L_{eq} e <i>boxplot</i> do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 45°	94
Figura 36 – L_{eq} e <i>boxplot</i> do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 90°	95
Figura 37 – L_{eq} e <i>boxplot</i> do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 135°	96
Figura 38 – L_{eq} e <i>boxplot</i> do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 180°	97
Figura 39 – L_{eq} e <i>boxplot</i> do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 225°	98
Figura 40 – L_{eq} e <i>boxplot</i> do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 270°	99
Figura 41 – L_{eq} e <i>boxplot</i> do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 315°	100
Figura 42 – Pontos de medição do plano piloto.	101
Figura 43 – Mapa de ruído do plano piloto.	103
Figura 44 – <i>Soundwalk</i> destacando os pontos de análise e o caminho percorrido (linha vermelha).	105
Figura 45 – Diagrama de caixas das respostas para diferentes sensações para o Ponto 01 do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	108
Figura 46 – Diagrama de caixas das respostas para diferentes sensações para o Ponto 02 do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	109
Figura 47 – Diagrama de caixas das respostas para diferentes sensações para o Ponto 03 do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	110
Figura 48 – Mediana das respostas qualitativas com os valores quantitativos mensu- rados para os pontos de medição.	111
Figura 49 – Pontos de medição do mapa de ruído do Bixiga.	113

Figura 50 – Mapa de ruído do Bixiga destacando alterações devido à obra do metrô e vias de altos fluxos de veículos.	116
Figura 51 – Mapa de ruído do Bixiga destacando locais de estudo de paisagem sonora.	117
Figura 52 – Zoneamento do bairro do Bixiga e mapa de ruído do Bixiga com limites normativos	118
Figura 53 – Pontos de medição da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	119
Figura 54 – Mapa de ruído do Bixiga com a influência da Festa Nossa Senhora Achiropita.	121
Figura 55 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 01 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	123
Figura 56 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 02 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	125
Figura 57 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 03 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	127
Figura 58 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 04 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	128
Figura 59 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 05 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	130
Figura 60 – Diagrama de caixas das respostas para identificação da fonte sonora da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	132
Figura 61 – Diagrama de caixas das respostas para qualidade afetiva percebida da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	134
Figura 62 – Diagrama bidimensional da percepção sonora dos participantes da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	134
Figura 63 – Diagrama de caixas das respostas para o ambiente sonoro circundante da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	135
Figura 64 – Correlação entre variáveis quantitativas e qualitativas da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	137
Figura 65 – Ponto de medição da Escadaria do Bixiga.	139
Figura 66 – Mapa de ruído do Bixiga com a influência da Escadaria do Bixiga. . . .	140
Figura 67 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos da Escadaria do Bixiga.	142
Figura 68 – Diagrama de caixas das respostas para identificação da fonte sonora da Escadaria do Bixiga.	144

Figura 69 – Diagrama de caixas das respostas para qualidade afetiva percebida da Escadaria do Bixiga.	145
Figura 70 – Diagrama bidimensional da percepção sonora dos participantes da Escadaria do Bixiga	145
Figura 71 – Diagrama de caixas das respostas para o ambiente sonoro circundante da Escadaria do Bixiga.	146
Figura 72 – Correlação entre variáveis quantitativas e qualitativas da Escadaria do Bixiga.	148
Figura 73 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos da escola de samba Vai-Vai.	151
Figura 74 – Diagrama de caixas das respostas para identificação da fonte sonora do ensaio da escola de samba Vai-Vai.	152
Figura 75 – Diagrama de caixas das respostas para qualidade afetiva percebida do ensaio da escola de samba Vai-Vai.	153
Figura 76 – Diagrama bidimensional da percepção sonora dos participantes do ensaio da escola de samba Vai-Vai.	154
Figura 77 – Diagrama de caixas das respostas para o ambiente sonoro circundante do ensaio da escola de samba Vai-Vai.	155
Figura 78 – Correlação entre variáveis quantitativas e qualitativas do ensaio da escola de samba Vai-Vai.	157
Figura 79 – Autocorrelação das variáveis quantitativas e qualitativas para os diferentes eventos do bairro do Bixiga.	160
Figura 80 – Imagem do Ponto 01 do mapa de ruído do plano piloto.	173
Figura 81 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 01 do mapa de ruído do plano piloto.	173
Figura 82 – Imagem do Ponto 02 do mapa de ruído do plano piloto.	174
Figura 83 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 02 do mapa de ruído do plano piloto.	174
Figura 84 – Imagem do Ponto 03 do mapa de ruído do plano piloto.	175
Figura 85 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 03 do mapa de ruído do plano piloto.	175
Figura 86 – Imagem do Ponto 04 do mapa de ruído do plano piloto.	176

Figura 87 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 04 do mapa de ruído do plano piloto.	176
Figura 88 – Imagem do Ponto 05 do mapa de ruído do plano piloto	177
Figura 89 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 05 do mapa de ruído do plano piloto.	177
Figura 90 – Imagem do Ponto 06 do mapa de ruído do plano piloto.	178
Figura 91 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 06 do mapa de ruído do plano piloto.	178
Figura 92 – Imagem do Ponto 07 do mapa de ruído do plano piloto.	179
Figura 93 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 07 do mapa de ruído do plano piloto.	179
Figura 94 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 01 do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	180
Figura 95 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 01 do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	181
Figura 96 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 02 do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	182
Figura 97 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 02 do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	183
Figura 98 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 03 do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	184
Figura 99 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 03 do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	185
Figura 100 – Imagem do Ponto 01 do mapa de ruído do Bixiga.	186
Figura 101 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 01 do mapa de ruído do Bixiga.	186
Figura 102 – Imagem do Ponto 02 do mapa de ruído do Bixiga.	187
Figura 103 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 02 do mapa de ruído do Bixiga.	187
Figura 104 – Imagem do Ponto 03 do mapa de ruído do Bixiga.	188
Figura 105 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 03 do mapa de ruído do Bixiga.	188
Figura 106 – Imagem do Ponto 04 do mapa de ruído do Bixiga.	189

Figura 107–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 04 do mapa de ruído do Bixiga.	189
Figura 108–Imagem do Ponto 05 do mapa de ruído do Bixiga.	190
Figura 109–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 05 do mapa de ruído do Bixiga.	190
Figura 110–Imagem do Ponto 06 do mapa de ruído do Bixiga.	191
Figura 111–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 06 do mapa de ruído do Bixiga.	191
Figura 112–Imagem do Ponto 07 do mapa de ruído do Bixiga.	192
Figura 113–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 07 do mapa de ruído do Bixiga.	192
Figura 114–Imagem do Ponto 08 do mapa de ruído do Bixiga.	193
Figura 115–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 08 do mapa de ruído do Bixiga.	193
Figura 116–Imagem do Ponto 09 do mapa de ruído do Bixiga.	194
Figura 117–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 09 do mapa de ruído do Bixiga.	194
Figura 118–Imagem do Ponto 10 do mapa de ruído do Bixiga.	195
Figura 119–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 10 do mapa de ruído do Bixiga.	195
Figura 120–Imagem do Ponto 11 do mapa de ruído do Bixiga.	196
Figura 121–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 11 do mapa de ruído do Bixiga.	196
Figura 122–Imagem do Ponto 12 do mapa de ruído do Bixiga.	197
Figura 123–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 12 do mapa de ruído do Bixiga.	197
Figura 124–Imagem do Ponto 13 do mapa de ruído do Bixiga.	198
Figura 125–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 13 do mapa de ruído do Bixiga.	198
Figura 126–Imagem do Ponto 14 do mapa de ruído do Bixiga.	199
Figura 127–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 14 do mapa de ruído do Bixiga.	199
Figura 128–Imagem do Ponto 15 do mapa de ruído do Bixiga.	200

Figura 129–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 15 do mapa de ruído do Bixiga.	200
Figura 130–Imagem do Ponto 16 do mapa de ruído do Bixiga.	201
Figura 131–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 16 do mapa de ruído do Bixiga.	201
Figura 132–Imagem do Ponto 17 do mapa de ruído do Bixiga.	202
Figura 133–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 17 do mapa de ruído do Bixiga.	202
Figura 134–Imagem do Ponto 18 do mapa de ruído do Bixiga.	203
Figura 135–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 18 do mapa de ruído do Bixiga.	203
Figura 136–Imagem do Ponto 19 do mapa de ruído do Bixiga.	204
Figura 137–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 19 do mapa de ruído do Bixiga.	204
Figura 138–Imagem do Ponto 20 do mapa de ruído do Bixiga.	205
Figura 139–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 20 do mapa de ruído do Bixiga.	205
Figura 140–Imagem do Ponto 21 do mapa de ruído do Bixiga.	206
Figura 141–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 21 do mapa de ruído do Bixiga.	206
Figura 142–Imagem do Ponto 22 do mapa de ruído do Bixiga.	207
Figura 143–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 22 do mapa de ruído do Bixiga.	207
Figura 144–Imagem do Ponto 23 do mapa de ruído do Bixiga.	208
Figura 145–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 23 do mapa de ruído do Bixiga.	208
Figura 146–Imagem do Ponto 24 do mapa de ruído do Bixiga.	209
Figura 147–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 24 do mapa de ruído do Bixiga.	209
Figura 148–Imagem do Ponto 01 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	210
Figura 149–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 01 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	210
Figura 150–Imagem do Ponto 02 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	211

Figura 151–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 02 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	211
Figura 152–Imagem do Ponto 03 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	212
Figura 153–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 03 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	212
Figura 154–Imagem do Ponto 04 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	213
Figura 155–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 04 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	213
Figura 156–Imagem do Ponto 05 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	214
Figura 157–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 05 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	214
Figura 158–Imagem do Ponto 01 da escadaria do Bixiga. Fonte: Elaborado pelo autor.	215
Figura 159–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 01 da Escadaria do Bixiga.	215
Figura 160–Imagem do Ponto 01 da escadaria do Bixiga. Fonte: Elaborado pelo autor.	216
Figura 161–Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 01 da escola de samba Vai-Vai.	216

Lista de tabelas

Tabela 1 – Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período	62
Tabela 2 – Níveis de ruído de acordo com a classificação da área.	64
Tabela 3 – Parâmetros de incomodidade por zona.	65
Tabela 4 – Instrumentação utilizada para as medições de nível de pressão sonora. .	78
Tabela 5 – Instrumentação utilizada para a validação do sistema biauricular. . . .	82
Tabela 6 – Parâmetros psicoacústicos, métricas e referências mensuradas.	86
Tabela 7 – Questionário aplicado no <i>soundwalk</i> do plano piloto com base no método B da ISO/TS 12913-2.	87
Tabela 8 – Questionário aplicado nos eventos do bairro do Bixiga com base no método A da ISO/TS 12913-2.	88
Tabela 9 – Resultados dos valores globais, estatísticos e contagem de veículos das medições do plano piloto.	102
Tabela 10 – Comparação das medições realizadas com os valores de simulação nos receptores do plano piloto.	103
Tabela 11 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 01 do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	107
Tabela 12 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 02 do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	108
Tabela 13 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 03 do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	110
Tabela 14 – Resultados dos valores globais, estatísticos e contagem de veículos das medições do bairro do Bixiga.	114
Tabela 15 – Comparação das medições realizadas com os valores de simulação nos receptores.	115
Tabela 16 – Resultados dos valores globais, estatísticos e das medições na Festa de Nossa Senhora Achiropita.	120
Tabela 17 – Comparação das medições realizadas com os valores de simulação nos receptores para a Festa de Nossa Senhora Achiropita.	121
Tabela 18 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 01 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	122
Tabela 19 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 02 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	124

Tabela 20 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 03 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	126
Tabela 21 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 04 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	129
Tabela 22 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 05 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.	129
Tabela 23 – Resultados dos valores globais, estatísticos e da medição da Escadaria do Bixiga.	139
Tabela 24 – Comparação das medições realizadas com os valores de simulação no receptor para a Escadaria do Bixiga.	139
Tabela 25 – Parâmetros e métricas obtidas na Escadaria do Bixiga.	141
Tabela 26 – Parâmetros e métricas obtidas no ensaio da Escola de Samba Vai-Vai.	150
Tabela 27 – Resultados do Ponto 01 do mapa de ruído do plano piloto.	173
Tabela 28 – Resultados do Ponto 02 do mapa de ruído do plano piloto.	174
Tabela 29 – Resultados do Ponto 03 do mapa de ruído do plano piloto.	175
Tabela 30 – Resultados do Ponto 04 do mapa de ruído do plano piloto.	176
Tabela 31 – Resultados do Ponto 05 do mapa de ruído do plano piloto.	177
Tabela 32 – Resultados do Ponto 06 do mapa de ruído do plano piloto.	178
Tabela 33 – Resultados do Ponto 07 do mapa de ruído do plano piloto.	179
Tabela 34 – Resultados do Ponto 01 de medição do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	180
Tabela 35 – Resultados do Ponto 02 de medição do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	182
Tabela 36 – Resultados do Ponto 03 de medição do <i>soundwalk</i> do plano piloto.	184
Tabela 37 – Resultados do Ponto 01 do mapa de ruído do Bixiga.	186
Tabela 38 – Resultados do Ponto 02 do mapa de ruído do Bixiga.	187
Tabela 39 – Resultados do Ponto 03 do mapa de ruído do Bixiga.	188
Tabela 40 – Resultados do Ponto 04 do mapa de ruído do Bixiga.	189
Tabela 41 – Resultados do Ponto 05 do mapa de ruído do Bixiga.	190
Tabela 42 – Resultados do Ponto 06 do mapa de ruído do Bixiga.	191
Tabela 43 – Resultados do Ponto 07 do mapa de ruído do Bixiga.	192
Tabela 44 – Resultados do Ponto 08 do mapa de ruído do Bixiga.	193
Tabela 45 – Resultados do Ponto 09 do mapa de ruído do Bixiga.	194
Tabela 46 – Resultados do Ponto 10 do mapa de ruído do Bixiga.	195
Tabela 47 – Resultados do Ponto 11 do mapa de ruído do Bixiga.	196

Tabela 48 – Resultados do Ponto 12 do mapa de ruído do Bixiga.	197
Tabela 49 – Resultados do Ponto 13 do mapa de ruído do Bixiga.	198
Tabela 50 – Resultados do Ponto 14 do mapa de ruído do Bixiga.	199
Tabela 51 – Resultados do Ponto 15 do mapa de ruído do Bixiga.	200
Tabela 52 – Resultados do Ponto 16 do mapa de ruído do Bixiga.	201
Tabela 53 – Resultados do Ponto 17 do mapa de ruído do Bixiga.	202
Tabela 54 – Resultados do Ponto 18 do mapa de ruído do Bixiga.	203
Tabela 55 – Resultados do Ponto 19 do mapa de ruído do Bixiga.	204
Tabela 56 – Resultados do Ponto 20 do mapa de ruído do Bixiga.	205
Tabela 57 – Resultados do Ponto 21 do mapa de ruído do Bixiga.	206
Tabela 58 – Resultados do Ponto 22 do mapa de ruído do Bixiga.	207
Tabela 59 – Resultados do Ponto 23 do mapa de ruído do Bixiga.	208
Tabela 60 – Resultados do Ponto 24 do mapa de ruído do Bixiga.	209
Tabela 61 – Resultados do Ponto 01 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	210
Tabela 62 – Resultados do Ponto 02 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	211
Tabela 63 – Resultados do Ponto 03 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	212
Tabela 64 – Resultados do Ponto 04 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	213
Tabela 65 – Resultados do Ponto 05 da Festa Nossa Senhora Achiropita.	214
Tabela 66 – Resultados do Ponto 01 da Escadaria do Bixiga.	215
Tabela 67 – Resultados do Ponto 01 da escola de samba Vai-Vai.	216

Sumário

1	Introdução	21
1.1	Perspectiva visual e auditiva	21
1.1.1	Paisagem sonora e planejamento urbano	22
1.1.2	Espaço e território	24
1.1.3	Bairro do Bixiga	25
1.2	Objetivos	28
1.2.1	Objetivo principal	28
1.2.2	Objetivos específicos	28
1.3	Estrutura do trabalho	29
2	Embasamento teórico - Fundamentos	30
2.1	Som e Ruído	30
2.1.1	Definições de som e ruído	30
2.1.2	Características do som	31
2.2	Acústica ambiental	35
2.2.1	Propagação sonora ao ar livre	36
2.2.2	Poluição sonora e mapeamento de ruído	40
2.3	Anatomia do sistema auditivo	45
2.3.1	Anatomia do sistema periférico de audição	47
2.3.2	Anatomia do sistema central de audição	51
2.4	Parâmetros psicoacústicos	52
2.4.1	<i>Loudness</i>	54
2.4.2	<i>Roughness</i>	55
2.4.3	<i>Sharpness</i>	58
2.4.4	<i>Fluctuation strength</i>	59
2.5	Normativas e regulamentações	60
2.5.1	Normativa internacional ISO 9613	61
2.5.2	Normativa internacional ISO 1996	61
2.5.3	Resolução federal e Norma Técnica Brasileira ABNT NBR 10151	62
2.5.4	Esfera estadual	63

2.5.5	Esfera municipal	64
2.6	Paisagem sonora	65
2.7	Resgate histórico do Bairro do Bixiga	71
3	Procedimentos metodológicos	77
3.1	Avaliação quantitativa	78
3.1.1	Medições de nível de pressão sonora e mapa de ruído	78
3.1.2	Gravações binaurais e parâmetros psicoacústicos	80
3.2	Avaliação qualitativa	86
3.3	Análise estatística e relação entre os resultados	90
4	Resultados	92
4.1	Validação do sistema biauricular	92
4.1.1	Medições dos sistemas binaurais para 0°	93
4.1.2	Medições dos sistemas binaurais para 45°	94
4.1.3	Medições dos sistemas binaurais para 90°	94
4.1.4	Medições dos sistemas binaurais para 135°	95
4.1.5	Medições dos sistemas binaurais para 180°	96
4.1.6	Medições dos sistemas binaurais para 225°	97
4.1.7	Medições dos sistemas binaurais para 270°	98
4.1.8	Medições dos sistemas binaurais para 315°	99
4.1.9	Análise dos resultados de validação do sistema biauricular	100
4.2	Plano Piloto	100
4.2.1	Mapa de ruído do plano piloto	101
4.2.2	<i>Soundwalk</i>	104
4.3	Mapa de ruído do Bixiga	112
4.4	Festa de Nossa Senhora Achiropita	118
4.4.1	Festa de Nossa Senhora Achiropita - Mapa de Ruído	120
4.4.2	Festa de Nossa Senhora Achiropita - Gravações Binaurais	122
4.4.3	Festa de Nossa Senhora Achiropita - Análise qualitativa	131
4.4.4	Relação entre a análise quantitativa e a análise qualitativa	136
4.5	Escadaria do Bixiga	138
4.5.1	Escadaria do Bixiga - Mapa de Ruído	139

4.5.2	Escadaria do Bixiga - Gravações Binaurais	140
4.5.3	Escadaria do Bixiga - Análise qualitativa	141
4.6	Escola de samba Vai-Vai	149
4.6.1	Gravações binaurais	149
4.6.2	Escola de Samba Vai-Vai - Análise qualitativa	150
4.7	Relação dos eventos culturais do Bixiga	158
5	Conclusão	161
	Referências	164
	 APÊNDICES	 172
	Apêndice A – Medições do plano piloto	173
A.1	Medições do mapa de ruído do plano piloto	173
A.2	Medições do <i>soundwalk</i> do plano piloto	180
	Apêndice B – Medições do Mapa de Ruído do Bixiga	186
	Apêndice C – Medições da Festa Nossa Senhora Achiropita	210
	Apêndice D – Medições da Escadaria do Bixiga	215
	Apêndice E – Medições da Escola de samba Vai-Vai	216

1 Introdução

Este capítulo apresenta a contextualização da pesquisa proposta, seus objetivos e uma apresentação do conteúdo de cada capítulo desenvolvido neste trabalho.

Na contextualização sobre a pesquisa serão apresentados um breve debate entre as perspectivas visual e auditiva do ser humano, definições de paisagem sonora, de espaço e território, e por fim o objeto de estudo: o bairro do Bixiga, localizado na região central do município de São Paulo.

1.1 Perspectiva visual e auditiva

Para um planejamento urbano bem sucedido, além de avaliar as relações custo-benefício, é necessário compreender os processos de produção, estruturação e apropriação dos espaços, visando melhorar a qualidade de vida da população. Portanto, em um processo de criação e desenvolvimento urbano, é necessário considerar que a percepção de seus sujeitos em relação ao ambiente tem um impacto crítico e profundo no bem-estar.

A percepção é resultado de processos fisiológicos baseados em princípios biológicos inerentes ao ser humano (WEBER, 1995). Dentre as diferentes percepções possíveis, a percepção visual vem sendo evidenciada como dominante em relação à percepção através dos outros sentidos (audição, odor e tato), sendo responsável por mais de 80% do estímulo sensorial (BERGER, 1996). John Berger destaca em sua obra “Modos de Ver”, que ver precede as palavras. Uma criança olha e reconhece, antes mesmo de poder falar. A visão dá o poder de ver as coisas e interpretá-las conforme a vivência de cada indivíduo (BERGER, 1999).

Berger destaca a hegemonia da visão, ao afirmar que esta determina nosso lugar no mundo circundante (BERGER, 1999). Porém, esse pensamento foi questionado por David Topp, tendo em vista a importância atribuída aos outros sentidos, argumentando que, dada a posição frontal dos olhos, a visão não é tão capaz quanto os outros sentidos de interpretar o ambiente circundante. “A audição, o olfato, o tato, a termorrecepção, a propriocepção [...] podem dar uma resposta mais abrangente” (TOPP, 2013).

É nesse sentido que é possível afirmar que não há uma sensação isolada de outras, mas apenas sensações na forma de percepções, ou seja, como um conjunto de várias

sensações. A percepção seria, portanto, uma síntese de sensações simultâneas (YOUNG; BRUCE, 2011).

Desta forma, pode-se destacar a percepção auditiva pelo compositor Murray Schafer na sua obra “A Afinação do Mundo”, onde afirma que

antes dos dias da escrita, nos dias dos profetas e épicos, o sentido da audição era mais vital que a visão. A palavra de Deus, a história de tribo e todas as outras informações importantes eram escutadas, e não vistas (SCHAFER, 1977).

É possível considerar que o som é um fator ambiental fundamental na paisagem urbana, atuando como um mediador entre o ambiente em que o sujeito se encontra e a sua percepção neste ambiente. Relacionando essa ideia de som e ambiente, Schafer questiona sobre qual é a relação entre os homens e os sons de seu ambiente e o que acontece quando esses sons se modificam.

1.1.1 Paisagem sonora e planejamento urbano

O campo que define som como sendo um elemento da paisagem, foi sugerido por Schafer, no início da década de 1970, quando fundou o *World Soundscape Project* (WSP) no Canadá. Schafer propôs o estudo do ambiente sonoro ao cunhar o termo *soundscape*, ou paisagem sonora como um segmento do ambiente sonoro que, de uma perspectiva de escuta consciente, se torna o centro de nossa atenção. A gravação de áudio deste ambiente para fins estéticos ou de documentação também é considerada paisagem sonora (SCHAFER, 1977).

O termo paisagem sonora é definido pela norma internacional ISO 12913-1 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2014) como sendo um ambiente sonoro conforme percebido ou experimentado e/ou compreendido, no seu contexto, por uma ou mais pessoas.

Com décadas de desenvolvimento em pesquisas sobre paisagem sonora, é possível afirmar que o seu território básico de estudos está situado em meio caminho entre a ciência, a sociedade e as artes (SCHAFER, 1977).

O crescimento urbano tem como consequência o aumento significativo dos problemas ambientais nas grandes cidades. Um dos efeitos negativos da urbanização é o aumento do ruído, que se torna cada vez mais perturbador (CORTES, 2018).

Quando se trata de planejamento urbano, as abordagens tradicionais limitam-se à elaboração de análises quantitativas e mapeamento de ruído, ignorando outras dimensões associadas à subjetividade do sujeito.

O planejamento urbano por gerenciamento de ruídos já é realizado em países desenvolvidos há décadas. O marco inicial para o gerenciamento de ruídos e mitigação veio com o *Green Paper* (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1996) e a Diretiva Europeia 2002/49/CE (PARLAMENTO EUROPEU, 2002). Esta obrigatoriedade em realizar gerenciamento de ruído excessivo e sua mitigação surgiu de estudos onde foi constatado que “cerca de 20% da população europeia sofre com níveis de ruído que cientistas e especialistas em saúde consideram inaceitáveis” (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1996).

De forma geral, em locais onde já é desenvolvido o gerenciamento de ruídos, é necessário realizar a coleta de informações a partir de levantamentos de medições e cálculos do nível de potência sonora (L_w) das principais fontes de ruído existentes no local, como ruído rodoviário, aeroviário, metroviário e industrial. A partir das informações coletadas de L_w , são criados modelos tridimensionais nos quais estas fontes sonoras são inseridas, resultando em mapas que evidenciam áreas onde existe excesso de ruído, que causa perturbação humana. São então elaboradas estratégias e planos de ação para trazer os níveis de ruído a patamares aceitáveis (HOLTZ, 2012).

Porém, a caracterização de espaços urbanos, apenas de forma objetiva, por meio de abordagens quantitativas, não considera a atividade humana e a relação dessa atividade com os sons do ambiente. Com o entendimento de abordagens qualitativas, é possível obter uma melhor compreensão da historicidade e do apego afetivo ao meio ambiente a ponto de estabelecer um enaltecimento patrimonial do intangível. É útil examinar como as duas abordagens diferem e como elas se estendem e se complementam (TRUAX, 1998). Portanto, estudos voltados para a reinvenção desses espaços urbanos devem explorar o fenômeno sonoro em suas múltiplas complexidades, tanto objetivas quanto subjetivas.

Quando se trata de buscar uma perspectiva histórica, tanto visual quanto audível, é destacada uma desvantagem da busca pela relação do sujeito com os sons de seu ambiente, em que

podemos saber exatamente quantos edifícios foram construídos numa determinada área ao longo de uma década ou qual foi o crescimento da

população, mas não sabemos dizer em quantos decibéis (sic)¹ o nível de ruído ambiental pode ter aumentado em um período comparável (SCHAFER, 1977).

De outro modo, os sons podem ser alterados, desaparecer ou ser apenas relatados em breves comentários na história. Assim, são de interesse tanto para o desenvolvimento do planejamento urbano quanto para relatos históricos e culturais, o estudo e registros das marcas sonoras².

1.1.2 Espaço e território

O conceito de espaço é tradicionalmente entendido como uma construção geométrica e abstrata, porém, nas últimas décadas, esse conceito vem sendo modificado. Hoje o espaço é considerado um regime que inclui tanto a dimensão física como a social. O espaço é uma unidade relacional marcada pela indissolubilidade dos objetos naturais e sociais e pelo sopro de vida neles, a sociedade em mudança (SANTOS, 1996).

De forma complementar, o território pode ser apresentado

como um objeto dinâmico, vivo, repleto de inter-relações, e propõe o detalhamento das influências recíprocas do território com a sociedade, seu papel essencial sobre a vida do indivíduo e do corpo social (LIMA; YASUI, 2014).

Assim, há uma interligação entre a sociedade e o espaço geográfico. O território permite uma visão não fragmentada dos diversos processos sociais, econômicos e políticos. Neste mesmo raciocínio é enfatizado que

as discussões mais recentes sobre o território incorporam o componente cultural, considerando que o território carrega sempre, de forma indissociável, uma dimensão simbólica, ou cultural em sentido estrito, e uma dimensão material, de natureza predominantemente econômico-política (MIRANDA et al., 2008).

Essa definição deve ser complementada com uma variável sensorial, no entendimento de que o ambiente é um componente integrante do espaço. Como elemento do ambiente, o som atua como mediador entre o ser humano e a sua percepção do ambiente, levando a

¹ Conforme a Resolução Conmetro n° 12/1988, o plural dos nomes de unidades recebe a letra “s” no final de cada palavra. Assim, emprega-se decibels como plural de decibel (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

² Som de uma comunidade que seja único ou que possua determinadas qualidades que o tornem especialmente significativo ou notado pelo povo daquele lugar (SCHAFER, 1977).

uma mudança em seu significado. Logo, a existência de relações complexas fundamenta a utilização de conceitos como território, espaço e som como categorias adequadas para a análise de um local rico em diversidade, como é o caso do Bairro do Bixiga em São Paulo.

1.1.3 Bairro do Bixiga

O bairro do Bixiga, localizado no centro de São Paulo, é considerado um dos bairros mais tradicionais da cidade, mesmo não estando na divisão administrativa do município. Conforme mostrado na Figura 1, fica localizado entre a Rua Major Diogo, Avenida Nove de Julho, Rua Silvia e Avenida Brigadeiro Luís Antônio. O bairro é popularmente lembrado pelo forte sotaque italiano, pelas crianças jogando futebol na rua, idosos conversando na calçada e pequenos comércios familiares (VITOR et al., 2018). Porém, sua história se remete anterior à ocupação italiana. É destacado que

o Bixiga manteve-se como um bairro popular em meio à cidade, mas sua história é marcada pelas intervenções que tentaram “enobrecer” o centro da cidade. A resistência a este processo pode ser vista inclusive no nome, pois oficialmente a área que compreende o Bixiga é chamada de Bela Vista (VITOR et al., 2018).



Figura 1 – Localização do Bixiga na cidade de São Paulo, com destaque para a área de estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Originalmente o espaço do bairro foi ocupado por comunidades negras e indígenas, onde a partir do início do século XX os barões do café fizeram pequenos lotes com o intuito de higienizar a região e colocá-la no contexto da *Belle Époque* paulistana. A partir desse processo de gentrificação, a população negra que a ocupava migrou para a região da Barra Funda.

Historicamente são poucos os registros referentes à paisagem sonora do bairro antes da ocupação italiana no local, e poucas resistências se mantiveram após a gentrificação das comunidades negra e indígena, sendo um desses redutos de resistência a sede da escola de samba Vai-Vai que até antes da pandemia do coronavírus realizava ensaios pelas ruas do bairro.

Após a ocupação italiana no início do século XX houve tanto a urbanização do bairro e mudanças arquitetônicas do espaço, que remetem a tipologias italianas, quanto mudanças na sua paisagem sonora. Caracterizações arquitetônicas do bairro podem ser observadas na Figura 2, como a Vila Itororó (Figura 2a), localizada entre a Rua Martiniano de Carvalho e Rua Maestro Cardim e a Escadaria do Bixiga (Figura 2b), localizada entre a Rua Treze de Maio e a Rua dos Ingleses.



(a) Vila Itororó.



(b) Escadaria do Bixiga.

Figura 2 – Vila Itororó e Escadaria do Bixiga.
Fonte: (BRISOLA, 2018) e (DORNICKE, 2008).

Da mesma forma que houve mudanças arquitetônicas e hoje vários pontos são referenciados como atrativos turísticos, iniciaram-se registros tanto escritos como ouvidos da paisagem sonora do local. A obra “Brás, Bexiga e Barra Funda” do autor Antônio de Alcântara Machado busca trazer ao leitor atual um pouco do que caracterizou cada um desses tradicionais bairros de São Paulo. A obra contém personagens como Gaetaninho com destaque para o sotaque italiano e a descrição da paisagem sonora do local:

Gaetaninho ficou banzando bem no meio da rua. O Ford quási o derrubou e êle não viu o Ford. O carroceiro disse um palavrão e êle não ouviu o palavrão.

- Eh! Gaetaninho! vem pra dentro

Grito materno sim: até filho surdo escuta (MACHADO, 1983).

Além de descrições visuais da paisagem sonora, a descrição musical do bairro é fortemente vinculada com sua posição de reduto da boemia paulistana, onde é destacado o compositor Adoniran Barbosa (BARBOSA, 1956) com a música Um Samba no Bixiga³:

Domingo nois fummo num samba no Bexiga // Na Rua Major, na casa do Nicola // À mezzanotte o'clock // Saiu uma baita duma briga // Era só pizza que avuava junto com as braciola (BARBOSA, 1956).

Além de Adoniran Barbosa, as fortes letras da escola de samba Vai-Vai sempre remetem ao bairro, destacando também o compositor e sambista Geraldo Filme. Da mesma forma, mantendo a posição de reduto boêmio, são destacados os teatros Oficina, Maria della Costa e Sérgio Cardoso. Para além das citações literárias e de musicalidade, o Bixiga é um território marcado culturalmente por festas, músicas, rituais, espetáculos, gastronomia e pelos modos de morar, como a festa de celebração de Nossa Senhora Achiropita que ocorre na Rua Treze de Maio (LUCENA, 2017).

Conforme no início da ocupação italiana, quando as comunidades negras e indígenas que habitavam o local foram forçadas a migrar para outras regiões, hoje tem-se a mesma transformação da comunidade italiana, causada por mudanças imobiliárias no bairro, levando à gentrificação da atual população. É destacado que

as transformações vertiginosas por que passam as grandes metrópoles acabam por descaracterizá-las quanto à sua origem e evolução urbana. São Paulo é uma cidade que se modifica constantemente. Década após década pode-se ver uma nova cidade surgir ao se implantar um novo bairro. (MACHADO, 1983).

A atual especulação imobiliária do centro de São Paulo contribui para o processo de gentrificação da comunidade (CONCLI, 2018). Construções históricas podem perpetuar ao longo de décadas e se manter como atrações turísticas, porém as informações da paisagem sonora dessa comunidade, de como o território é marcado culturalmente por suas festas, apresentações musicais, rituais e espetáculos, podem ser esquecidas.

³ Quando o texto se encontra em destaque na cor vermelha e sublinhado há um *hiperlink* no documento destinando a uma informação adicional.

Desta forma, a premissa da pesquisa é caracterizar a paisagem sonora da região do Bixiga, conhecendo seus sujeitos e a cultura do bairro por meio de abordagens objetivas e abordagens que tratam da subjetividade do sujeito.

1.2 Objetivos

Nesta seção serão relatados o objetivo principal e os objetivos secundários desta dissertação.

1.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal da pesquisa é explorar as diferentes relações entre objetos sonoros e seu papel acústico na dinâmica sociocultural do bairro do Bixiga. O estudo busca compreender as diversas complexidades da paisagem sonora do local de estudo, tanto de forma objetiva quanto de forma subjetiva. Ao identificar e caracterizar esses diferentes elementos, será possível definir a cultura na percepção de som-espaco-território por meio de estudos sonoros.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos estão listados a seguir:

- Identificar os parâmetros quantitativos e qualitativos a serem avaliados na caracterização da paisagem sonora;
- Validar um sistema biauricular de baixo custo;
- Realizar plano piloto para validação da metodologia;
- Realizar medições quantitativas (nível de pressão sonora e parâmetros psicoacústicos) e qualitativas (entrevistas) em diferentes eventos do bairro;
- Desenvolver o mapa de ruído e comparar com limites normativos;
- Analisar a percepção dos sujeitos transeuntes do local quanto à paisagem sonora a partir das entrevistas e dos parâmetros psicoacústicos.

1.3 Estrutura do trabalho

A pesquisa se encontra estruturada em 5 capítulos:

1. O Capítulo 1 apresenta o conteúdo mostrado até o momento, composto de contextualização e justificativa, objetivos e estrutura do trabalho.
2. O Capítulo 2 trata sobre o embasamento teórico de estudos relevantes para a pesquisa. São abordados conceitos fundamentais de acústica, propagação sonora, anatomia do sistema auditivo do ser humano, parâmetros psicoacústicos, normativas e regulamentações, paisagem sonora e resgate histórico do Bixiga.
3. O Capítulo 3 apresenta a metodologia aplicada aos objetivos da pesquisa.
4. O Capítulo 4 apresenta a discussão dos resultados e a análise das medições, simulações e entrevistas realizadas durante a pesquisa.
5. O Capítulo 5 apresenta as considerações finais e o fechamento do estudo.

Ao final são apresentadas as referências bibliográficas citadas na dissertação, além dos respectivos anexos e apêndices.

2 Embasamento teórico - Fundamentos

O presente capítulo apresenta o embasamento teórico utilizado para o desenvolvimento deste trabalho. São abordadas as definições e propriedades de som e ruído, acústica ambiental, percepção sonora pelo ser humano, parâmetros psicoacústicos, normativas internacionais e regulamentações nacionais desde a esfera federal à municipal, paisagem sonora e um breve resgate histórico do Bixiga.

2.1 Som e Ruído

Existem diferentes maneiras de definir os termos som e ruído, tanto de forma científica quanto na linguagem popular. Abaixo são apresentadas algumas definições e características.

2.1.1 Definições de som e ruído

Por linguagem popular, o som é compreendido como tudo aquilo que é audível, porém definições dessa espécie sofrem por uma falta de exatidão. Mesmo em estudos científicos, na literatura, há diversas definições e controvérsias (PAUL, 2010).

De forma simples, o som é entendido como flutuações de pressão em torno da pressão ambiente nas frequências compreendidas entre 20 Hz e 20 kHz¹ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014). Por uma definição mais completa, o som é um movimento ondulatório de partículas (moléculas/átomos) de um meio elástico. Esse movimento ondulatório das partículas se propaga dentro do meio (sólido, líquido ou gasoso), transportando-se apenas energia. Assim, o som é uma onda mecânica e longitudinal (PAUL, 2010).

O movimento de partículas gera regiões de compressão e rarefação. Na Figura 3 é possível observar o exemplo de um tubo com um pistão produzindo um movimento harmônico simples, resultando em regiões de compressão e rarefação (BRANDAO, 2016).

¹ Definições de frequência e limites do som em relação à sensação auditiva humana serão abordados na Seção 2.1.2.

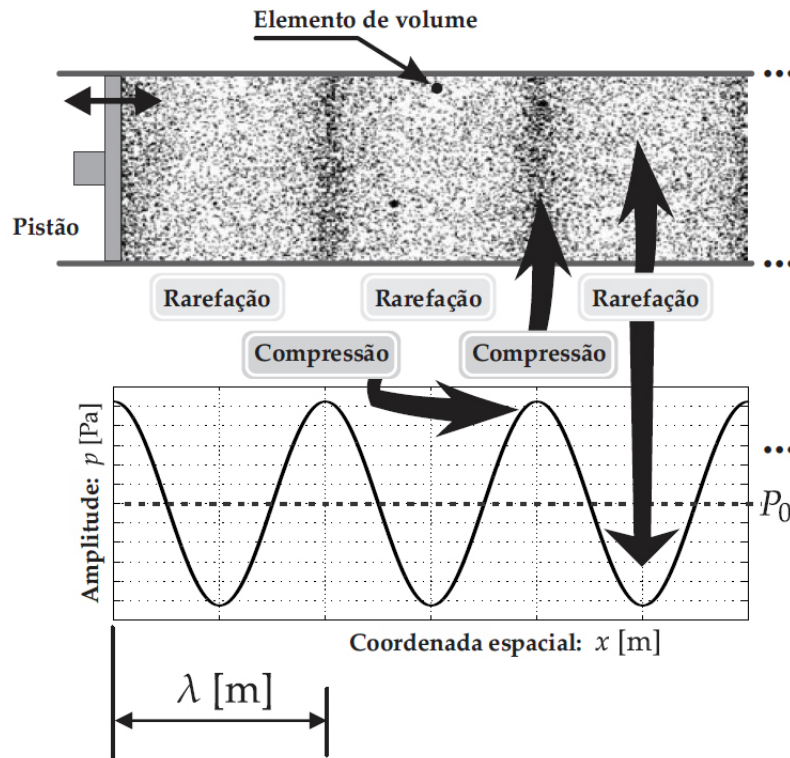


Figura 3 – Tubo infinito com um pistão em uma das extremidades oscilando em movimento harmônico simples.

Fonte: (BRANDAO, 2016).

As regiões de compressão e rarefação são regiões de picos e vales de uma variação incremental na pressão do ar (VER; BERANEK, 2005). Esta variação de pressão é transmitida por meio das partículas do ar até a chegada ao aparelho auditivo humano.

Já o ruído é popularmente definido como som não desejado. Isso torna o ruído um termo subjetivo, pois é dependente da sensação do ser humano e do contexto cultural (SCHAFER, 1977). Numa abordagem mais completa, o termo ruído é usualmente associado a sons que podem causar incômodos, ser indesejáveis ou não inteligíveis (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

2.1.2 Características do som

Na Seção 2.1.1 foi definido o som pelos seus aspectos físicos. Para o presente estudo serão considerados os limites do som audível, ou seja, que evocam uma sensação auditiva nos seres humanos. Para que um som se torne audível, as variações da pressão sonora devem compreender uma faixa dinâmica e uma faixa de frequência que possa ser processada pelo sistema auditivo. Além disso, a direção do som é um fator complementar

importante. A faixa dinâmica em que os sons são audíveis compreende pressões sonoras entre aproximadamente $2 \cdot 10^{-5}$ Pa e 200 Pa, sendo essa uma faixa de sete potências decimais (PAUL, 2012). A faixa de frequência em que os seres humanos são capazes de escutar sons com uma amplitude adequada varia aproximadamente entre 20 Hz a 20 kHz (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014). Sons com frequências baixas são entendidos como sons graves (p. ex., o bumbo de uma bateria, o baixo em uma orquestra). Sons com frequências altas são entendidos como sons agudos (p. ex., o chimbau de uma bateria, o violino de uma orquestra).

De forma complementar, é possível determinar um último aspecto subjetivo a ser considerado, que é a percepção da direção do som. É possível que o ser humano perceba a direção do som pelo fato dele possuir duas orelhas e pelo córtex auditivo ser capaz de perceber diferenças de amplitude e de tempo de chegada da onda sonora entre as orelhas direita e esquerda (RUMSEY, 2001). De forma didática, esse fenômeno pode ser experimentado por meio do exercício de Rousseau, que consiste em vendar estudantes, em uma sala, e, começando na porta, cada estudante deve encontrar o centro da sala, batendo palmas e ouvindo as respostas sonoras (SCHAFER, 2018).

Pressão sonora e Nível de pressão sonora

A faixa de valores de pressão sonora entre os limiares da audição (inferior e superior) é de cerca de sete potências decimais. Devido a essa variação numérica ser muito grande, é fácil perder o senso de quais valores representam um alto, médio e baixo volume sonoro. Além disso, a percepção de volume sonoro do ser humano não é linear, mas logarítmica (BRANDAO, 2016).

Para solucionar a problemática em quantificar corretamente a sensação de volume sonoro, foi utilizada a Lei de Weber-Fechner, que relaciona, de forma logarítmica, a dependência entre um estímulo e uma sensação (BISTAFA, 2018). Esses fatos levaram à definição do nível de pressão sonora (L_p), sendo uma relação logarítmica entre o valor médio quadrático (RMS) da pressão sonora e o limiar da audição humana em 1000 Hz, conhecido como pressão sonora de referência ($P_{\text{ref}} = p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa ou $20 \mu\text{Pa}$). Assim, o nível de pressão sonora, expresso em decibels (dB), é definido pela Equação 1,

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p_{\text{RMS}}}{p_0} \right)^2 \text{ (dB)}, \quad (1)$$

onde:

- p_{RMS} é a pressão sonora eficaz, expressa em pascal [Pa];
- p_0 é a pressão sonora de referência [20 μPa].

A Figura 4 mostra a relação entre pressão sonora e nível de pressão sonora para diferentes fontes geradoras de sons.

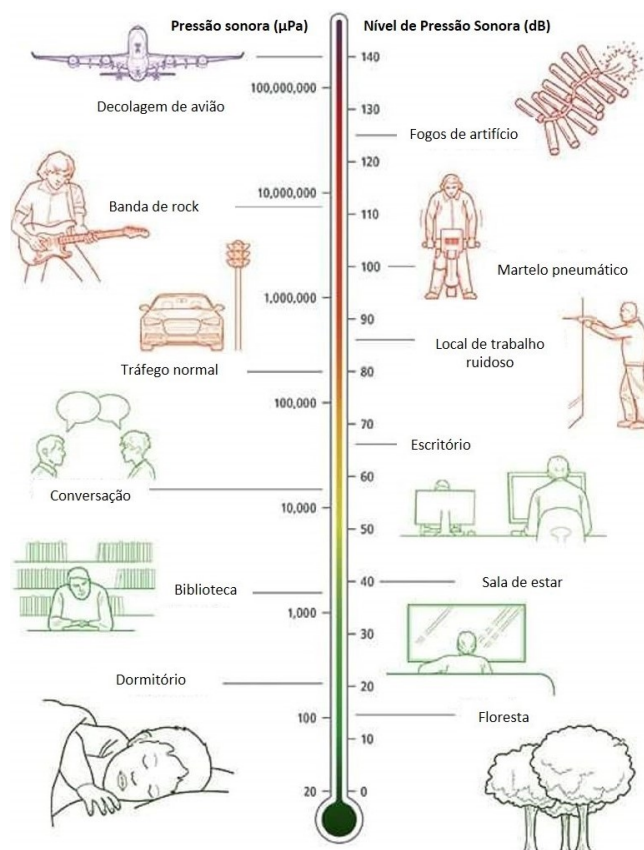


Figura 4 – Relação entre pressão sonora e nível de pressão sonora para diferentes fontes sonoras.

Fonte: (Brüel & Kjøer, 2021), traduzido pelo autor.

Nível de pressão sonora contínuo equivalente - $L_{\text{eq,T}}$

A medição do nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A, abrangendo o espectro completo e obtida através da integração ao longo de um período de tempo T (conhecida como ($L_{\text{eq,T}}$)), pode ser realizada por meio de medição direta ou pelo cálculo da média logarítmica ponderada a partir de valores integrados em intervalos

de tempo parciais. O resultado é expresso em decibels (dB), conforme a Equação 2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019).

$$L_{\text{eq},T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right] \text{ (dB)}, \quad (2)$$

onde:

- T é o tempo de integração;
- $p(t)$ é a pressão sonora instantânea no instante t , expressa em pascal [Pa].

Este parâmetro pode ser ajustado para diferentes curvas de ponderação. As mais usuais são as curvas de ponderação A e C. Através da aplicação da curva de ponderação A, esse descritor é empregado na avaliação de ruídos persistentes e intermitentes, sendo amplamente utilizado em medições de ruído com propósitos gerais. Já pela curva de ponderação C, se tem o nível de pressão sonora contínuo equivalente em C ($L_{\text{Ceq},T}$), esse descritor é utilizado para a avaliação para níveis de pressão sonora elevados e níveis de pico de pressão sonora, pois se relaciona melhor com a percepção humana a altos níveis de ruído e, portanto, à perda auditiva induzida por ruído.

Níveis estatísticos - L_5 , L_{10} , L_{90} e L_{95}

Ao longo do tempo de uma medição o som apresenta variações conforme as fontes sonoras, que podem ser estacionárias ou transitórias. Para isso, é de interesse calcular a porcentagem do tempo que um determinado som foi excedido durante o período de medição. Essa porcentagem é definida pelos níveis estatísticos, onde os mais usuais são o L_{10} e o L_{90} , que representam o nível sonoro excedido em 10% e em 90% do tempo de medição (BISTAFA, 2018).

O L_5 e o L_{10} representam bem a sensação de volume sonoro provocada por sinais transitórios (ou intrusivos) e o L_{90} e L_{95} representam bem a sensação de volume sonoro provocada pelo ruído residual (SOUZA, 2012). A diferença $L_{10} - L_{90}$ e $L_5 - L_{95}$ são indicadores da variabilidade do som durante a medição (BISTAFA, 2018). Desta forma, quanto mais afastado estiver o valor do L_{10} para o L_{90} , maior será o incômodo do ruído, devido a variações bruscas de nível, ou seja, grandes variações no nível de ruído, bem como sons isolados e de alta intensidade podem ser altamente incômodos, visto que são mais

facilmente perceptíveis (MICHALSKI; CAPARROZ, 2019). Esta diferença da amplitude de variação de ruído também é bem relacionada para o L_5 e o L_{95} embora, para os dois casos, ainda não haja consenso sobre os efeitos perceptivos (RICARDI et al., 2015).

2.2 Acústica ambiental

A acústica ambiental se preocupa com os efeitos do som e do ruído e com as medidas técnicas, administrativas e comportamentais para amenizar os efeitos negativos e reforçar os efeitos positivos. Tradicionalmente, a acústica ambiental concerne apenas aos efeitos negativos, mas deve-se considerar os efeitos positivos (PAUL, 2014).

Com o aumento da urbanização, surgiu nas cidades um congestionamento de sons. A invenção de equipamentos como a máquina a vapor (1781) e o motor a gasolina (1791), na Revolução Industrial, introduziu uma multidão de sons. Há tanta informação acústica que pouco dela pode-se emergir com clareza.

A superpopulação de sons pode ser definida como uma paisagem sonora *lo-fi*, ou baixa-fidelidade, onde os sinais acústicos individuais são obscurecidos em uma população de sons superdensa (SCHAFER, 1977). A paisagem sonora *lo-fi* é definida para ambientes urbanos, nos quais há razão sinal/ruído desfavorável e uma menor perspectiva de figura/fundo.

Possibilitar novas interações com o som mudou a compressão do homem, do tempo e do espaço (NEUMANN, 2018). A paisagem sonora se transformou definitivamente, pois não se trata apenas do surgimento de novos sons de equipamentos, mas sim, de uma mudança radical da relação entre o homem e os sons do ambiente. Desta forma, é destacado que

os benefícios da transmissão eletroacústica e reprodução de som são muito comemorados, mas não devem obscurecer o fato de que, precisamente no momento em que *hi-fi*² estava sendo organizada, a paisagem sonora mundial estava entrando em uma condição *lo-fi* permanente (SCHAFER, 1977).

Entre os séculos XVIII e XIX, à medida que a revolução industrial avançava, o ruído passou a ser percebido como uma forma de poder. Embora as novas máquinas tivessem gerado um aumento significativo nos níveis de ruído, era difícil encontrar pessoas que

² Uma paisagem sonora *hi-fi* é entendida como alta-fidelidade, possuindo uma razão sinal/ruído favorável, em que há uma menor sobreposição de sons e uma maior perspectiva figura/fundo.

se opusessem a ele. Apesar dessas questões, levou-se ainda um século para estabelecer e implementar critérios para o ruído ambiental. Durante esse período, foram desenvolvidas bases teóricas para a acústica ambiental, visando criar estratégias de gerenciamento de ruído urbano.

2.2.1 Propagação sonora ao ar livre

A propagação sonora ao ar livre é normalmente estudada em termo de três componentes: a fonte sonora, a trajetória de transmissão e o receptor. Desta forma, a premissa é desenvolver relações entre o nível de potência sonora (L_w) das fontes sonoras, níveis de pressão sonora (L_p) no receptor e a influência dos caminhos sonoros de propagação (BISTAFA, 2018).

Influências típicas ao longo do caminho sonoro podem acontecer por meio dos seguintes mecanismos: absorção do ar, reflexões nas superfícies, efeitos da vegetação, efeitos da topografia do solo, efeitos de barreiras e condições atmosféricas, como umidade relativa do ar e temperatura, como pode ser observado na Figura 5.

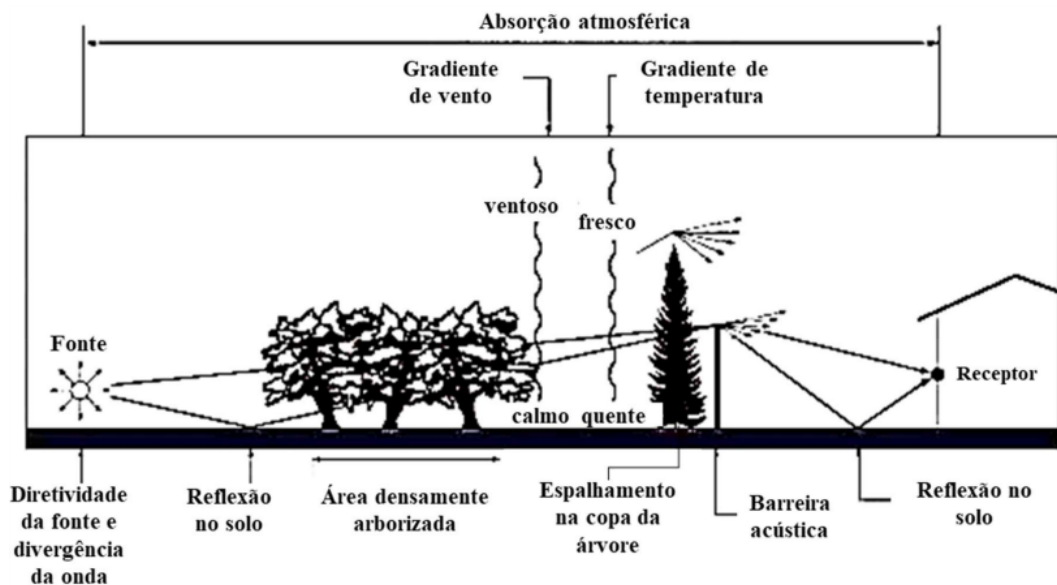


Figura 5 – Mecanismos mais significativos de atenuação sonora ao ar livre.
Fonte: (BISTAFA, 2018).

Em casos de propagação sonora provindos de uma fonte sonora pontual, ou seja, omnidirecional, há uma redução de 6 dB pelo dobro da distância em todas as direções. E a maioria das fontes podem ser consideradas pontuais quando o receptor está a uma distância suficientemente grande delas (ROSSING, 2007).

Se a fonte sonora for direcional, o nível de pressão sonora no receptor (L_p) pode ser definido pela Equação 3.

$$L_p(r, \theta) = L_w - 20 \log r + DI_\theta - 10 \log \frac{\Omega}{4\pi} + A_{\text{combinada}} - 11 \text{ (dB)}, \quad (3)$$

onde:

- $L_p(r, \theta)$ é o nível de pressão sonora no receptor a uma distância r e uma direção θ , expresso em dB;
- L_w é o nível de potência sonora da fonte sonora, expresso em dB;
- DI_θ é o índice de direcionalidade, expresso em dB;
- Ω é o ângulo sólido disponibilizado para a fonte para livre propagação;
- $A_{\text{combinada}}$ é a combinação de todos os mecanismos significativos de atenuação sonora entre a fonte e o receptor.

Em uma atmosfera real, a propagação do som altera-se devido a uma série de fatores, incluindo a absorção do som no ar, obstáculos sólidos (tais como barreiras), não-uniformidades do meio de propagação (tais como vegetação), interação com absorção do terreno e devido aos efeitos meteorológicos, conforme a Equação 4.

$$A_{\text{combinada}} = A_{\text{absorção do ar}} + A_{\text{barreiras}} + A_{\text{vegetação}} + A_{\text{solo}} + A_{\text{efeitos meteorológicos}} \quad (4)$$

A energia sonora é dissipada no ar por dois mecanismos principais: perdas viscosas e processos de relaxação. As perdas viscosas ocorrem devido à fricção entre as partículas de ar, que resultam na transformação da energia sonora em calor. Já os processos de relaxação consistem na energia sonora, momentaneamente absorvida nas moléculas de ar, fazendo com que essas moléculas de ar tendem a vibrar e girar (MAREZE, 2015).

Uma barreira acústica é qualquer estrutura ou obstáculo que impede a relação direta entre a fonte e o receptor (BISTAFA, 2018). O ruído atinge então o receptor apenas por difração em torno das bordas da barreira. O cálculo de atenuação da barreira depende da solução do problema de difração. Normalmente, isso envolve assumir que a fonte e o receptor estão a mais de um comprimento de onda da barreira e o receptor está na zona de sombra, o que é válido em quase todas as aplicações de barreiras acústicas (ROSSING, 2007).

Vegetações interferem no caminho de propagação do som conforme a largura do cinturão de vegetação, a sua localização entre a fonte e o receptor, a altura do cinturão e a configuração do plantio. Além disso, a configuração do solo e a tipologia de folhagem contribuem para a absorção sonora (MAREZE, 2015).

Os efeitos do solo são o resultado da interferência entre o som que viaja diretamente da fonte para o receptor e o som refletido pelo solo quando a fonte e o receptor estão próximos ao solo (ROSSING, 2007). Perto de superfícies de solo descritas como acusticamente duras, como concreto não poroso ou asfalto, a pressão sonora é mais ou menos dobrada em uma ampla faixa de frequências audíveis. As superfícies de solo porosas são às vezes chamadas de acusticamente macias (MAREZE, 2015).

Na presença de um gradiente de temperatura, o efeito é o de refração da onda na direção da velocidade do som menor (neste caso, a temperatura mais baixa). Uma ocorrência comum atmosférica é um gradiente de temperatura negativo (temperatura diminui com a altitude) (BISTAFA, 2018). Nesta situação, as ondas sonoras são refratadas para cima em todas as direções a partir da fonte, conforme mostrado na Figura 6. A situação inversa ocorre frequentemente durante a noite, quando um gradiente positivo é comum. Isso é chamado de inversão térmica e as ondas sonoras são refratadas para baixo (ROSSING, 2007).

Em terrenos abertos, substanciais gradientes de velocidade do vento existem devido ao atrito entre o movimento do ar e o solo. Perfis de velocidade do vento são fortemente dependentes da hora do dia, das condições climáticas e da natureza da superfície. Em geral, a velocidade do vento, na ausência de turbulência, varia de forma logarítmica até uma altura de 30 a 100 metros (BISTAFA, 2018). Como resultado deste gradiente de velocidade (e da alteração resultante na velocidade do som que ele causa), a propagação da onda na direção do vento será favorável. Na direção contra o vento, a velocidade do som diminui com a altitude, as ondas sonoras são direcionadas para cima, longe do chão, formando uma zona de sombra, conforme mostrado na Figura 7. Este processo é chamado de refração. O raio de curvatura do percurso da onda sonora é inversamente proporcional ao gradiente de velocidade do vento (MAREZE, 2015).

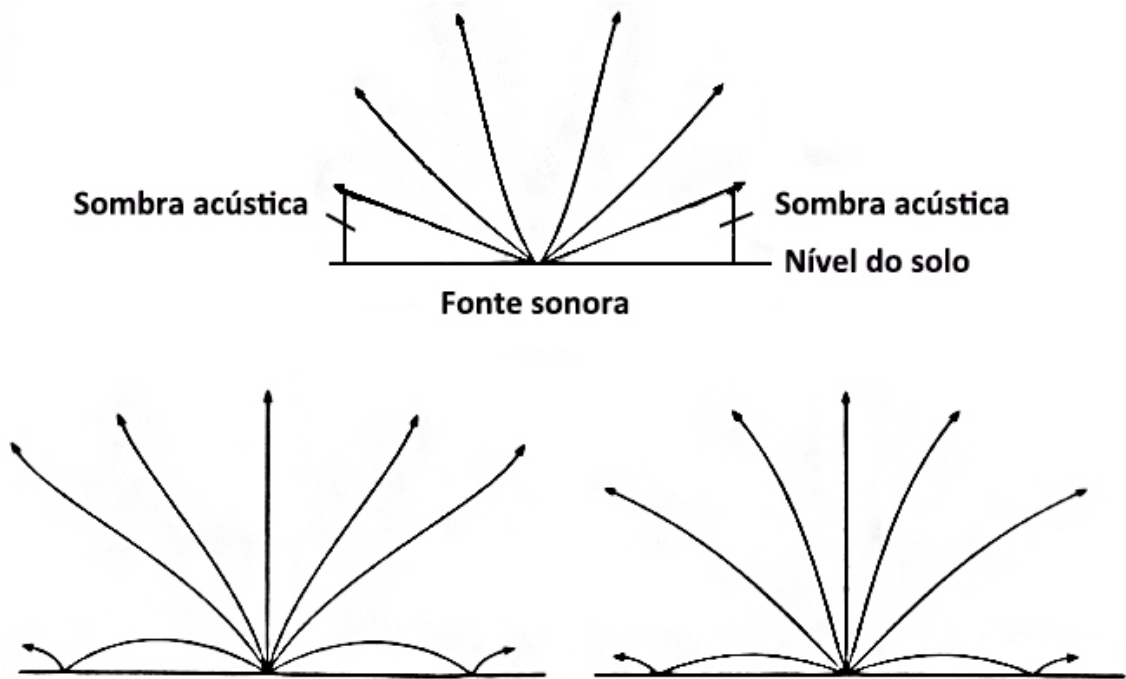


Figura 6 – Esquema de três gradientes de temperatura e trajetórias dos raios sonoros a partir da fonte sonora.

Fonte: (BISTAFA, 2018).

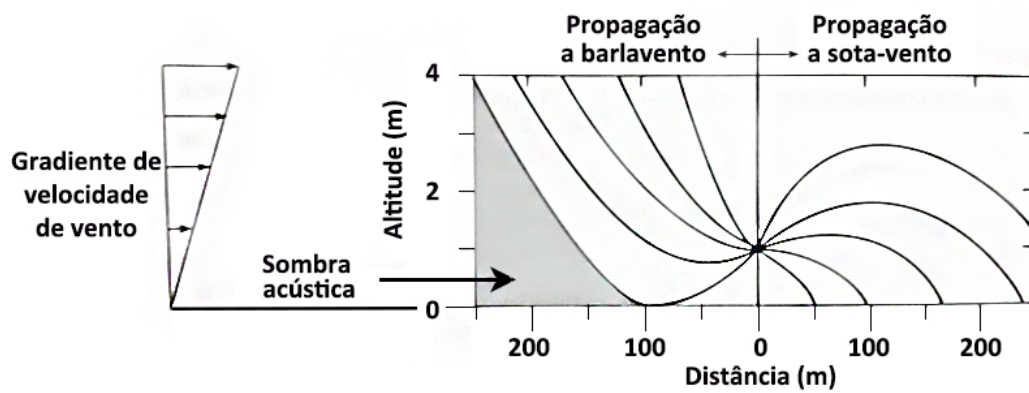


Figura 7 – Influência do vento na trajetória dos raios sonoros a partir da fonte sonora.

Fonte: (BISTAFA, 2018).

2.2.2 Poluição sonora e mapeamento de ruído

O aumento da urbanização e a invenção de novos equipamentos levaram as cidades a uma superpopulação de sons, também definido como ruído. Hoje, embora o ruído seja um produto de muitas atividades humanas, sua fonte sonora predominante é o transporte, sendo a poluição sonora a segunda causa ambiental mais significativa de problemas de saúde (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY , 2020). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a exposição prolongada ao ruído ambiental está associada a um risco aumentado de efeitos negativos para a saúde fisiológica e psicológica (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018).

Alguns efeitos do ruído podem ser desconforto, como perturbação e distúrbios do sono, indicadores de estresse, fatores de risco como pressão alta e mudanças no colesterol, doenças cardiovasculares e até a morte. A Figura 8 ilustra a gravidade dos efeitos causados pelo ruído.

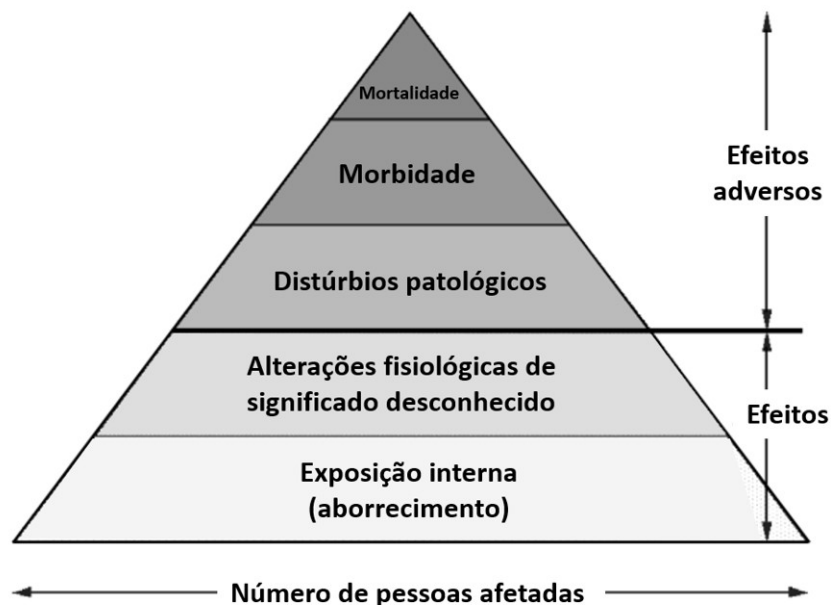


Figura 8 – Gravidade dos efeitos do ruído.
Fonte: (BABISH, 2002), traduzido pelo autor.

Considerando o ruído um importante agente poluidor ambiental, foram desenvolvidas metodologias de modelagem computacional para um melhor entendimento da propagação sonora em grandes escalas. Órgãos públicos e particulares também se mobilizaram em relação à criação de legislações e elaboração de gestão de ruídos. Sem um enquadramento político adequado, uma legislação adequada, aplicação e execução ade-

quadas, é impossível manter um programa de gestão de ruídos bem-sucedido (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018).

Em 1996 foi elaborado, pela Comissão das Comunidades Europeias, o *green paper* (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1996), um documento que colocou a poluição sonora como um dos principais problemas ambientais da Europa (GERGELEY, 2010). Este documento destaca a baixa prioridade da poluição sonora em relação a outros tipos de poluição, como a do ar e da água. A elaboração do *green paper* é considerada um marco inicial da pesquisa em acústica das cidades em escala continental (HOLTZ, 2012).

Em continuação ao desenvolvimento de métodos de gestão de ruídos, em 2002 o parlamento europeu, juntamente com o Conselho da União Europeia, publicaram a Diretiva 2002/49/EC (PARLAMENTO EUROPEU, 2002). Neste documento se destaca o mapeamento de ruído (obrigatório para cidades com mais de 250 mil habitantes), um programa de ações e um sistema de informação ao público, como destacado em seus objetivos:

1. O objectivo da presente directiva é definir uma abordagem comum para evitar, prevenir ou reduzir, numa base prioritária, os efeitos prejudiciais da exposição ao ruído ambiente, incluindo o incómodo dela decorrente. Para esse efeito, serão progressivamente postas em prática as seguintes acções:
 - a) Determinação da exposição ao ruído ambiente, através da elaboração de mapas de ruído, com base em métodos de avaliação comuns aos Estados-Membros;
 - b) Informação do público sobre o ruído ambiente e seus efeitos;
 - c) Aprovação, pelos Estados-Membros, de planos de acção baseados nos resultados da elaboração de mapas de ruído, a fim de prevenir e reduzir o ruído ambiente, sempre que necessário e em especial quando os níveis de exposição forem susceptíveis de provocar efeitos nocivos para a saúde humana, e preservar a qualidade do ambiente acústico, quando seja boa (PARLAMENTO EUROPEU, 2002).

A utilização de mapeamentos de ruídos não é uma prática nova, sendo realizada em diversos países desde a década de 1960 (Imagine, 2004). Em linhas gerais, um mapa de ruído é uma ferramenta que fornece informações visuais sobre o comportamento acústico de uma determinada área geográfica em um momento específico (MARDONES, 2009). Esses mapas podem ser elaborados através de medições, modelagem matemática preditiva ou uma combinação de ambas (HOLTZ, 2012).

Um mapa de ruído é projetado para avaliar globalmente a exposição ao ruído em uma área específica, considerando diferentes fontes de ruído, ou para fazer previsões

abrangentes para essa área (Diretiva 2002/49/CE). Ele é uma representação gráfica do comportamento acústico de uma região em um determinado momento, o que facilita a compreensão dos resultados. Os níveis sonoros medidos ou calculados são representados em curvas isofônicas por meio de desenhos gráficos, que podem ter diferentes formatos, como perspectivas, cortes, fachadas e planos horizontais (CORTES, 2018).

A modelagem de ruído pode ser dividida em duas categorias: macroescala e microescala. A macroescala busca modelar o campo sonoro em áreas maiores, como bairros e cidades, utilizando métodos estatísticos e algoritmos simplificados. Por outro lado, a microescala determina detalhadamente o campo sonoro em uma região urbana limitada, como uma quadra ou rua, e emprega métodos como fontes imaginárias, traçado de raios e métodos híbridos (PAUL, 2014).

Mapas acústicos existem para diversos tipos de fontes sonoras, os mais comuns são para fontes de ruído rodoviário. Porém, pode-se modelar mapas de ruído aeronáutico, ferroviário, de atividades industriais (ROSSING, 2007), além de poder inserir fontes pontuais.

O procedimento mais comum para elaboração de mapas acústicos é a partir de medições de níveis de pressão sonora na região de interesse. É importante considerar a localização dos receptores e a divisão da área de interesse. Para isso, existem diferentes metodologias, dentre as quais as mais usuais são a de quadrículas, de vias ou tráfego, e de zonas específicas (SCHULTZ, 1982).

No Brasil, o método de vias ou tráfego é considerado o mais usual. Os pontos de medição se encontram ao longo das fontes sonoras mais importantes, correspondendo a ruas ou avenidas. Para isso, é necessário realizar um estudo urbanístico da área de interesse, definir as vias principais e secundárias e determinar os trechos de vias similares (PAUL, 2014).

A elaboração dos mapas é realizada por simulação baseada em procedimentos padronizados por normas nacionais e internacionais. É comum a utilização de *software* comerciais para a elaboração dos mapas de ruído, em que os mais usuais são:

- CadnaA;
- SoundPlan;
- Predictor-LIMA;
- IMMI.

Cada um possui suas particularidades, mas, em geral, para o desenvolvimento de um mapa é necessário seguir os seguintes passos:

1. Definir uma área de estudo;
2. Obter os dados da área de estudo (ex.: topografia, edificações e vias);
3. Gerar uma tabela de receptores para calibração;
4. Associar o nível de pressão sonora com as vias;
5. Analisar os valores e a propagação da fonte sonora para o receptor;
6. Criar o mapa de ruído;
7. Validar resultados simulados com resultados medidos.

A maioria desses *software* permite o uso de vários modelos de cálculo, tornando-os versáteis para utilização em diferentes países. Um exemplo notável de método de previsão de ruído de tráfego rodoviário é o RLS90, um modelo nacional alemão usado para estimar o nível de ruído do tráfego rodoviário e de estacionamento. Esse modelo tem se mostrado altamente eficiente e é amplamente adotado na Alemanha como a técnica principal para essa finalidade (ALAM et al., 2020).

Porém, considerando que diferentes países utilizam diferentes metodologias, a União Europeia financiou o projeto HARMONOISE. O objetivo do projeto foi desenvolver modelos de fontes para fontes de ruído rodoviário e ferroviário, modelos de propagação sonora de referência para diferentes condições meteorológicas e modelos simplificados com menor custo computacional (GERGELEY, 2010).

Em continuação ao HARMONOISE, foi desenvolvido o IMAGINE (*Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment*), onde foram refinados os modelos de predição desenvolvidos pelo HARMONOISE e também foram considerados modelos para fontes sonoras industriais e de aviários (HOLTZ, 2012).

Na sequência, a metodologia CNOSSOS EU (*Common Noise Assessment Methods in EU*) foi criado com o mesmo conceito dos projetos HARMONOISE e IMAGINE, porém, contou com o maior apoio dos países membros. Entretanto, os países membros concordaram que na rodada seguinte de mapeamentos (entregues em 2012), o CNOSSOS EU não deveria ser utilizado, uma vez que ainda estava em fase de ajustes (GERGELEY, 2010).

A metodologia apresenta características de vários outros métodos e possui as vantagens de pertencer à União Europeia, ser gratuita e transparente, ser o mais detalhado

dos métodos existentes atualmente, ser simplificado, permitir modelagem detalhada e flexível para planos de ação e avaliação de medidas para redução de ruídos e poder integrar qualquer base de dados europeia (PAVIOTTI, 2009).

No Brasil, ainda são poucos municípios com mapas de ruído elaborados ou que se encontram em desenvolvimento. A primeira cidade a ser mapeada foi Belém, no estado do Pará, por uma iniciativa do poder público (MORAES et al., 2007).

Em seguida foi elaborado o mapa da cidade de Fortaleza, no estado do Ceará. Esse projeto foi criado pela Prefeitura Municipal de Fortaleza em conjunto com a Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente e intitulado como “Tolerância Zero em Fortaleza” ou, simplesmente, “Carta Acústica em Fortaleza” (BRITO, 2013). Por iniciativas acadêmicas ou do poder público, já foram desenvolvidos mapas nas cidades de Porto Alegre - RS, Aracaju - SE, Santa Maria - RS, Salvador - BA, entre outros. Na Figura 9 é possível observar uma espacialização dos mapas sonoros elaborados no Brasil (MENESES, 2021).



Figura 9 – Mapa da espacialização dos mapas sonoros elaborados no Brasil.

Fonte: (MENESES, 2021).

Em 2016 foi sancionada a Lei 16.499/2016 pela Prefeitura da Cidade de São Paulo. Essa lei define a obrigatoriedade, com prazos e metas estabelecidos, sobre a elaboração do mapa sonoro de todo o município. O objetivo definido é identificar as áreas prioritárias

para atenuação do nível sonoro e incentivar a preservação das zonas com níveis de ruído apropriados (CRUZ; MAZIVIERO; SAMPAIO, 2017).

Até o momento já foram elaborados um mapa piloto e dois mapas da região central de São Paulo. O mapa piloto foi elaborado em uma região localizada entre as avenidas Paulista, Brasil, 9 de julho e 23 de maio, definida pela Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento (SMUL) da Prefeitura do Município de São Paulo. As medições de calibração do mapa foram realizadas pela ProAcústica (Associação Brasileira pela Qualidade Acústica), que utilizou como base o guia de boas práticas europeu com adaptação de cada parâmetro à realidade brasileira (EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP ASSESSMENT OF EXPOSURE TO NOISE, 2017). Foi utilizado o CNOSSOS EU por ser a metodologia que melhor representou a realidade, com dados de entrada como números de veículos por hora, veículos pesados e leves, além das velocidades das vias e tipos de pavimentos (INAD, 2018b).

Um dos mapas de ruído Centro São Paulo foi elaborado para a área de Operação Urbana Centro, abrangendo o Centro Velho, Novo e regiões históricas da cidade. Para a calibração do mapa, foram realizadas medições em 62 pontos, entre eles, uma parte da área do Minhocão (entre a Praça Roosevelt e o Largo do Arouche) (INAD, 2018a). O mapa considera ruído de tráfego urbano, para os períodos diurno e noturno em uma região específica da cidade de São Paulo. Na Figura 10 destaca-se o mapa de ruído do centro de São Paulo.

O segundo mapa de ruído foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do Estado de São Paulo com procedimento baseado na diretriz europeia para mapeamento sonoro de cidades como São Paulo (SALES et al., 2018). A Figura 11 mostra o mapa de ruído desenvolvido pelo IPT.

2.3 Anatomia do sistema auditivo

O sistema auditivo divide-se em sistema auditivo periférico e sistema auditivo central, onde são produzidas as sensações auditivas. Essas sensações são transformadas em percepções sonoras no cérebro e esta transformação é moderada por processos psicológicos (cognitivos e afetivos) sendo assim altamente individuais (PAUL, 2012). Nas seções a seguir serão detalhados esses dois sistemas.

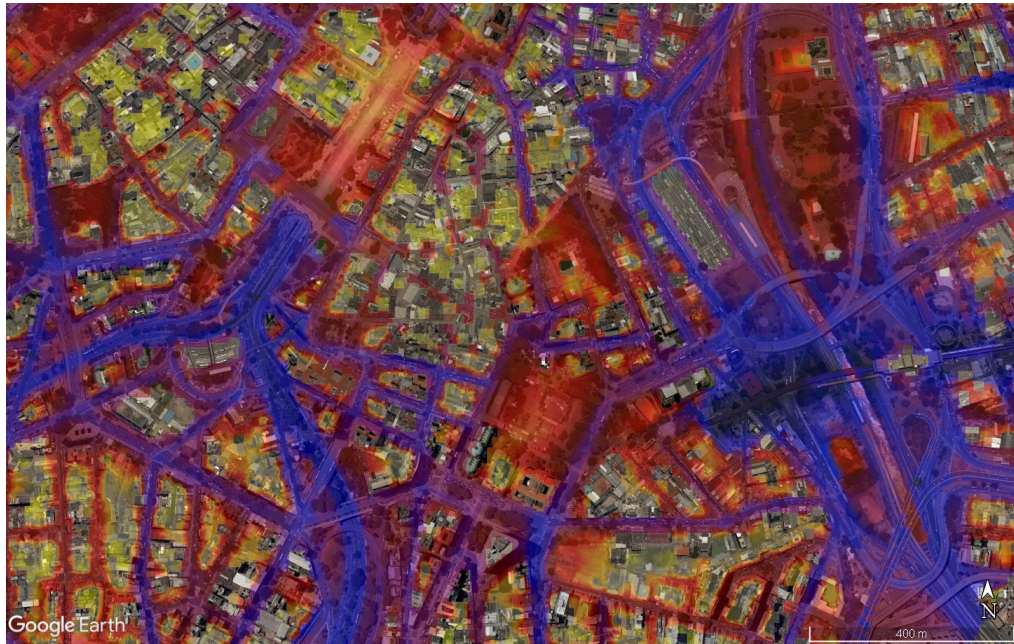


Figura 10 – Mapa de ruído da região central de São Paulo visto pelo Google *Earth*.
 Fonte: (INAD, 2018a).



Figura 11 – Mapa de ruído da região central de São Paulo.
 Fonte: (SALES et al., 2018).

2.3.1 Anatomia do sistema periférico de audição

A orelha é composta pela orelha externa, orelha média e orelha interna. A membrana timpânica separa a orelha externa da média e a janela oval e janela redonda separam a orelha média da orelha interna, conforme pode ser visto na Figura 12.

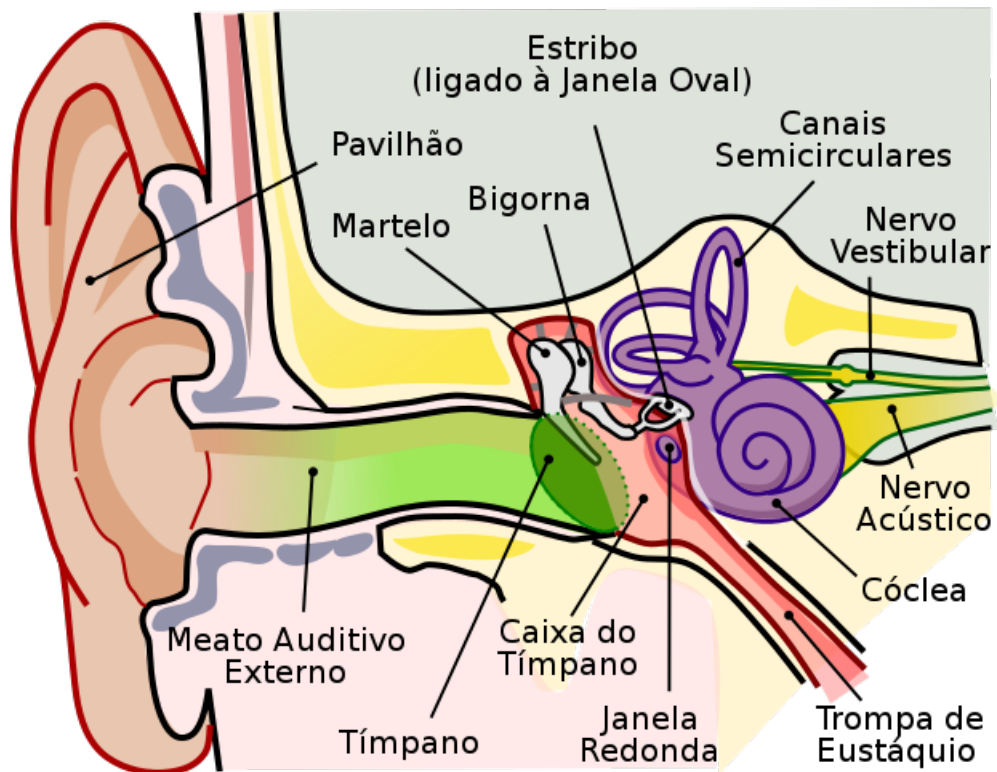


Figura 12 – Sistema auditivo periférico.
Fonte: (CHITTKA; BROCKMANN, 2009).

Orelha externa

A orelha externa é geralmente compreendida como o conjunto do pavilhão auditivo e canal auditivo (meato auditivo). Ao tratar de processamento de sinais e audição, deve-se considerar além do pavilhão auditivo e canal auditivo as partes do corpo que modificam esse sinal no seu caminho entre a fonte sonora, em campo livre, e o pavilhão auditivo, que nesse caso são a cabeça e o tronco do ser humano (PAUL, 2012).

O pavilhão auditivo possui a função de imprimir informação direcional do som. O som é refletido nas suas irregularidades e convolações e é combinado com o som que entra diretamente no canal auditivo. Essa combinação altera a forma da onda original e

seu espectro sonoro. Essa alteração do espectro sonoro pode ser definida como função de transferência (BISTAFA, 2018).

O canal auditivo é um conduto de geometria irregular, em formato de “S”, com abertura na extremidade do pavilhão auditivo e fechado na extremidade com a membrana timpânica. O diâmetro do canal auditivo varia ao longo do seu comprimento. O diâmetro médio do canal auditivo de um adulto possui em sua entrada $d_{\text{entrada}} \approx 7$ mm, e ao longo do formato “S” possui diâmetros $d_{\text{horizontal}} \approx 6,5$ mm e $d_{\text{vertical}} \approx 9,5$ mm. Seu comprimento pode variar entre 2,5 e 6 cm. O canal é revestido por pele com pequenos pelos e possui glândulas sebáceas responsáveis pela produção do cerúmen, a cera de ouvido. A cera e o óleo lubrificam o canal e o auxiliam a se manter livre de objetos estranhos (GELFAND, 2004).

Função de transferência relacionada à cabeça (HRTF) - A HRTF (*Head-Related Transfer Function*) é uma técnica utilizada em áudio espacial e binauricular para simular como o som é percebido pelo ouvido humano com base em sua localização espacial em relação à cabeça.

Quando o som atinge o ouvinte, o tamanho e a forma da cabeça, das orelhas, do canal auditivo, a densidade da cabeça, o tamanho e a forma das cavidades nasais e orais transformam o som e afetam como ele é percebido, amplificando algumas frequências e atenuando outras (BLAUERT, 1997).

Humanos possuem apenas dois ouvidos, mas conseguem localizar sons em três dimensões. Isso é possível porque o cérebro, o ouvido interno e as orelhas externas (*pinna*) trabalham juntos para fazer inferências sobre a localização. Os humanos estimam localizar uma fonte, tomando sugestões derivadas de um ouvido (sinais monaurais) e comparando as sugestões recebidas em ambos os ouvidos (diferenças de sinais ou sugestões binauricular) (HOFMAN; RISWICK; OPSTAL, 1998). Entre as sugestões de diferença estão as diferenças de tempo de chegada e diferenças de intensidade. As sugestões monaurais vêm da interação entre a fonte sonora e a anatomia humana, em que o som da fonte original é modificado antes de entrar no canal auditivo para processamento pelo sistema auditivo.

As alterações acima mencionadas, que indicam a localização da fonte sonora, podem ser representadas por uma resposta ao impulso que relaciona essa localização com a localização da orelha. Essa resposta ao impulso é conhecida como resposta ao impulso

relacionada à cabeça (*HRIR*). Ao convoluir³ um som de fonte qualquer com a HRIR, o som resultante é o que seria ouvido pelo ouvinte se o som original tivesse sido reproduzido na localização da fonte, com a orelha do ouvinte na localização do receptor (BLAUERT, 1997). Esse som resultante virtual é uma técnica de realidade virtual acústica (RVA). Esse é um campo de pesquisa recente que possibilita a simulação do comportamento acústico de um ambiente por meio de modelagem computacional. Essa abordagem oferece aos usuários a oportunidade de interagir com um ambiente virtual e experimentar a sensação de imersão em um campo acústico simulado. No contexto de projetos acústicos, a RVA se destaca como uma ferramenta de extrema importância, pois permite uma avaliação acústica do ambiente antes mesmo de sua construção física, economizando tempo e recursos financeiros (TENENBAUM et al., 2018).

A HRTF é a transformada de Fourier da HRIR. As HRTFs para orelha esquerda e direita descrevem a filtragem de uma fonte sonora ($x(t)$) antes de ser percebida nas orelhas esquerda e direita como $x_L(t)$ e $x_R(t)$, respectivamente (SO et al., 2010) conforme mostrado na Figura 13.

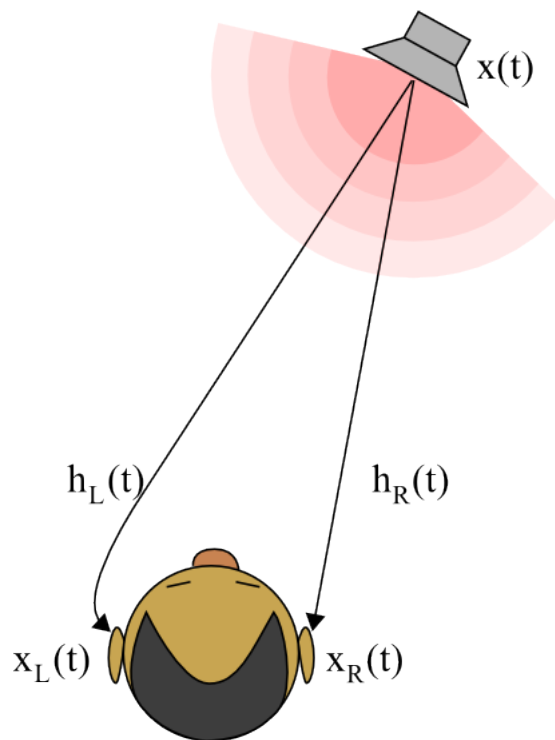


Figura 13 – Par de funções de transferência relacionadas à cabeça (HRTFs).

Fonte: (CC BY-SA 3.0, 2019).

³ Convolução é uma operação matemática que envolve a multiplicação de duas funções, seguida pela integração do resultado (SHIN; HAMMOND, 2008).

Orelha média

A orelha média é composta pela membrana timpânica, a cavidade timpânica que possui três ossículos entrelaçados por músculos e tendões e a tuba auditiva. A membrana timpânica separa a orelha externa da média vibrando em resposta aos sons que nela incidem. Essa possui um contorno circular de forma côncava e aspecto transparente, e é rígida com bordas flexíveis possuindo uma área entre 65 e 85 mm² (KRYTER, 1985).

Os três ossículos que compõem uma cadeia são denominados martelo (fixado à membrana timpânica), bigorna e estribo (fixado à janela oval). A orelha média transfere, através dos ossículos, o movimento vibratório recebido pelo tímpano para a janela oval. Essa transferência do movimento vibratório se dá por meios de propagação diferentes (BISTAFA, 2018). Portanto, a função da orelha média é remediar essa diferença entre os meios de propagação, conhecida como casamento de impedâncias. Caso a janela oval recebesse diretamente o som aéreo, sem a intervenção da orelha média, apenas 0,8% da energia incidente seria transmitida para a cóclea (LAMANCUSA, 2000).

Orelha interna

A orelha interna é composta pelo sistema coclear e pelo sistema vestibular, esse que engloba os canais semi-circulares. A cóclea possui uma forma cônica em espiral, em que preenche internamente, em aproximadamente 2,5 voltas, o osso temporal. Se desenrolada, possui um comprimento de aproximadamente 35 mm e um diâmetro médio de aproximadamente 2 mm e é preenchida por dois líquidos, a endolinfa e a perilinfa (PAUL, 2012).

Na base da cóclea, há duas janelas, a janela redonda e a janela oval, essas responsáveis pela comunicação entre a cóclea e a orelha média. Através da janela oval é transmitida a vibração para o estribo que possui a função de comunicar essa vibração aos líquidos cocleares. A função da janela redonda é dissipar pressão (GELFAND, 2004).

Internamente à cóclea há a divisão por três canais chamados de escalas. A primeira é a escala vestibular conectada através da janela oval ao estribo da orelha média. A segunda é a escala timpânica que está conectada através da janela redonda à orelha média. Essas duas escalas se conectam entre si via um orifício no ápice da cóclea denominado helicotrema.

A soma das duas escalas é denominada sistema hidromecânico preenchido pela perilinfa (MOORE, 1997). Por fim, há a escala média, que não possui conexão hidromecânica com as demais escalas. O interior dos canais e dos órgãos otolíticos é preenchido pela endolinfa, como na escala coclear média, enquanto a perilinfa banha o espaço entre o labirinto ósseo e o membranoso.

A escala vestibular e a escala média são separadas pela membrana basilar, sendo a estrutura mais importante da cóclea. A membrana basilar possui característica de ser fina e rígida na extremidade da base e grossa e flexível na extremidade do ápice. É a membrana basilar que cabe a função de extrair da forma de onda o seu conteúdo em frequências (espectro sonoro) (LAMANCUSA, 2000).

2.3.2 Anatomia do sistema central de audição

O sistema central de audição é composto pelo nervo auditivo (VIII par craniano), núcleos e córtex auditivo (esquerda e direita). O nervo vestibulococlear (também chamado de nervo acústico) é dividido em duas partes: uma responsável pela transmissão e processamento parcial de impulsos nervosos relacionados à audição, denominada parte coclear, e outra responsável pela transmissão de impulsos nervosos relacionados ao equilíbrio, chamada parte vestibular (KNUDSEN; BRAINARD, 1991).

De maneira geral, o sistema auditivo periférico envia informações ao núcleo auditivo central por meio do nervo auditivo (Figura 14). Esse nervo é responsável por transmitir as informações auditivas por uma série de núcleos até chegar ao córtex, onde ocorre a percepção. Entre esses núcleos estão o núcleo coclear, os núcleos olivares superiores, o lemnisco lateral, o colículo inferior e os núcleos geniculados mediais (FELIX; GOURÉVITCH; PORTFORS, 2018).

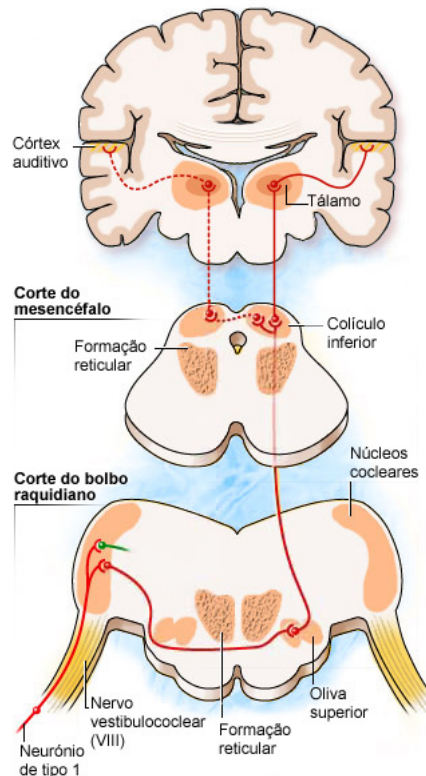


Figura 14 – Esquema das vias auditivas primárias.
Fonte: (BLATRIX, 2020)

O início das vias auditivas ocorre no nervo auditivo, por onde as informações auditivas são conduzidas. Esses nervos estabelecem sinapses dentro do núcleo coclear. A maioria das informações auditivas são então transmitidas via fibras cruzadas para o complexo olivar superior. A partir desse ponto, a informação segue pelo lado oposto do tronco encefálico e do cérebro até alcançar o córtex (FELIX; GOURÉVITCH; PORTFORS, 2018).

2.4 Parâmetros psicoacústicos

Os parâmetros psicoacústicos são indicadores que estabelecem a relação entre as propriedades físicas do som e a percepção auditiva humana. É importante enfatizar aqui que a distinção entre sensação sonora e percepção sonora é crucial no estudo da psicoacústica e da psicologia da audição, pois esses conceitos representam diferentes estágios no processamento auditivo humano.

A sensação sonora corresponde à etapa inicial do processamento auditivo, na qual o sistema auditivo humano capta e registra as características físicas das ondas sonoras.

Isso começa com a captação das ondas sonoras pelo ouvido externo, que direciona essas vibrações para o ouvido médio e, em seguida, para o ouvido interno, onde as células ciliadas transformam essas vibrações em sinais elétricos. A sensação sonora é uma resposta fisiológica passiva, na qual os dados brutos sobre a intensidade, frequência, duração e localização do som são transmitidos ao sistema nervoso central sem uma interpretação consciente. É o processo que é permitido perceber a presença de um estímulo sonoro no ambiente.

Já a percepção sonora, por outro lado, representa a fase subsequente do processamento auditivo, na qual o cérebro interpreta e atribui significado aos estímulos sonoros. Essa etapa envolve processos cognitivos complexos, como a identificação de fontes sonoras, o reconhecimento de padrões sonoros, a associação com experiências passadas e a atribuição de significado ao som. A percepção sonora não se limita apenas às características físicas do som, mas também leva em consideração o contexto e as experiências pessoais do ouvinte, sendo assim altamente individual.

Assim, os parâmetros psicoacústicos são cruciais para entender como o sistema auditivo humano processa e interpreta o som e incluem parâmetros como *loudness*, *pitch*, timbre, *roughness*, *sharpness*, *fluctuation strength* entre outros (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018).

Esses parâmetros podem ser medidos por meio de testes psicoacústicos que avaliam a capacidade do ouvinte em perceber e distinguir diferentes aspectos do som, como a sua intensidade, frequência e complexidade. Devido à sua ampla aplicabilidade, os parâmetros psicoacústicos são utilizados em diversas áreas, incluindo o projeto acústico de ambientes, o desenvolvimento de sistemas de áudio e a avaliação de ruídos em ambientes de trabalho (FASTL; ZWICKER, 2007).

Embora existam diferentes modelos psicoacústicos com objetivos específicos, todos compartilham o objetivo de descrever e reproduzir o comportamento perceptual do ouvinte humano em relação ao som (BALLOU, 2008).

Uma das formas para melhor representar no espectro um parâmetro psicoacústico é utilizando a frequência Bark. Essa escala psicoacústica é empregada para avaliar como o ouvido humano percebe diferentes frequências sonoras. O sistema auditivo humano não responde de maneira uniforme a todas as frequências, havendo algumas que são consideradas mais relevantes e intensas em comparação a outras (TRAUNMULLER, 1990). A escala Bark divide o espectro sonoro em faixas com largura variável, cada uma

representando uma faixa de frequência percebida de forma semelhante pelo ouvido humano (Figura 15). À medida que as frequências aumentam, as faixas se tornam mais largas, já que o ouvido é menos sensível a diferenças sutis de frequência em frequências altas do que em baixas (SMITH; ABEL, 1999).

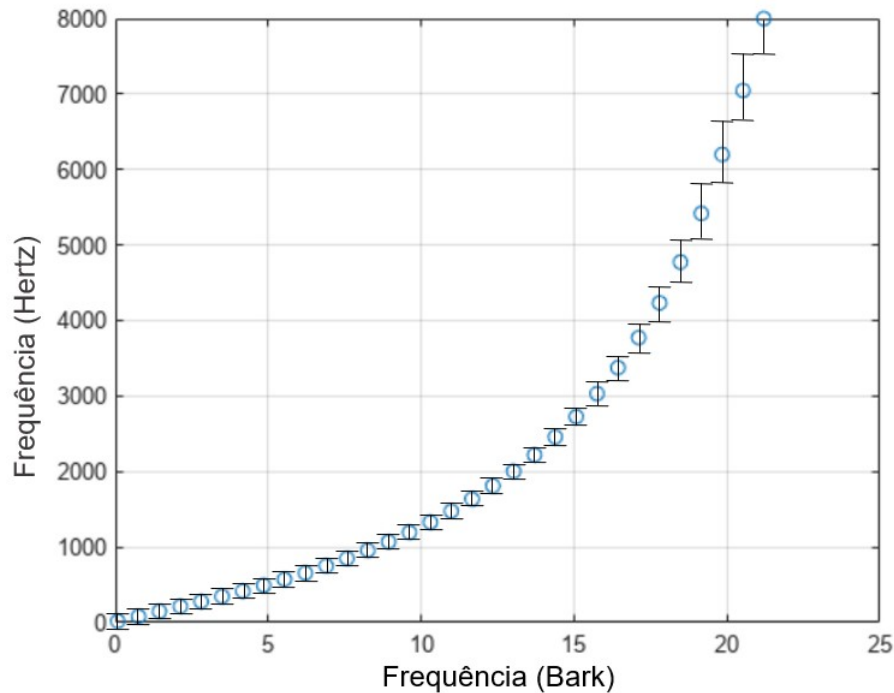


Figura 15 – Relação entre a frequência Hertz e a frequência Bark.
Fonte: (Matlab, 2019), adaptado pelo autor.

2.4.1 Loudness

O *loudness* é uma escala diretamente proporcional à sensação humana que visa determinar o quão intenso um som é percebido. A percepção humana é dependente da frequência e da intensidade sonora do sinal, de forma que sons com diferentes intensidades físicas podem produzir a mesma intensidade de sensação. A unidade de medida do *loudness* é o sone em que 1 sone equivale a um tom puro de 1 kHz com 40 dB, em campo livre (ZWICKER; FASTL, 1990).

O *loudness* é aplicado ao examinar a qualidade do som em paisagens sonoras, indústria automobilística, ao medir o ruído interno de veículos, o ruído do motor, o ruído do escapamento.

De forma prática, é possível determinar o *loudness* através do *loudness* específico. Para isso, são necessárias várias etapas de processamento, em que inicialmente o som mensurado é decomposto em frequências por meio de uma transformação discreta de Fourier. Em seguida, essas frequências são agrupadas conforme a escala de banda crítica (escala Bark). Após isso, os efeitos de mascaramento são aplicados, seguidos pelo cálculo dos valores em dB. Esses valores em dB são então convertidos em *loudness* específico e por fim, em *loudness* (ZWICKER; FASTL, 1990).

Para avaliações de paisagem sonora, conforme determinado na ISO/TS 12913-3 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2019), é comumente utilizada a norma ISO 532-1 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2017b) pelo modelo de Zwicker, em que o *loudness* pode ser avaliado a partir da Equação 5.

$$N = \int_0^{24Bark} N' dz, \quad (5)$$

onde:

- N' é o *loudness* específico;
- z é a taxa de banda crítica⁴ (medida em Bark).

Na Figura 16 é possível observar um sinal sonoro variante no tempo em que se nota a presença de *loudness* médio ($N_{\text{médio}}$) a longo do seu sinal de maneira complementar é possível visualizar

A consideração de proporções entre diferentes valores percentis dos resultados da análise psicoacústica pode ser usada para quantificar a variação de uma determinada métrica ao longo do tempo. Para o *loudness*, a ISO/TS 12913-3 recomenda a determinação dos percentis de N_5 , N_{95} e a relação de $\frac{N_5}{N_{95}}$, pois o quociente da sonoridade N_5 e N_{95} pode ser um indicador do nível de variabilidade da sonoridade. Além disso, é recomendada a determinação dos valores $N_{\text{médio}}$ e N_{rnc} (*root mean cubed loudness*).

2.4.2 Roughness

O *roughness* é uma característica complexa que mede a percepção subjetiva da modulação de amplitude rápida (entre 15 e 300 Hz) de um som, cuja unidade de medida é

⁴ A banda crítica é a banda de frequências em que um segundo tom irá interferir na percepção do primeiro tom pelo mascaramento auditivo.

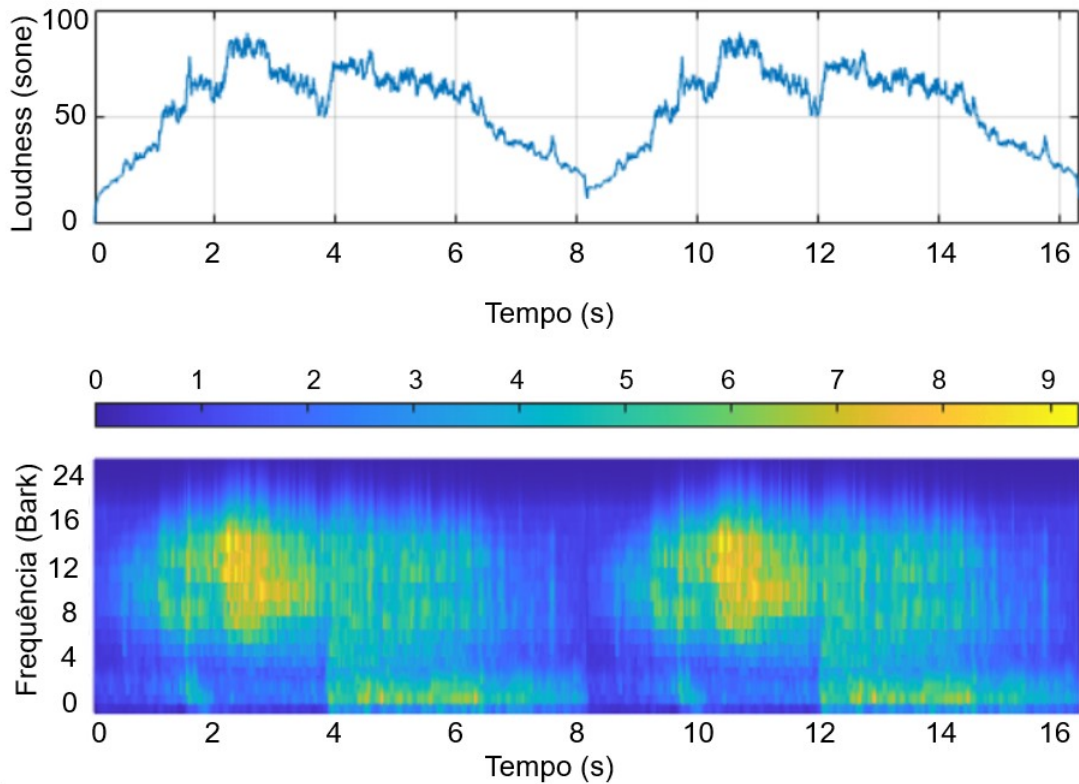


Figura 16 – Exemplo do histórico temporal do *loudness* e *loudness* específico.
 Fonte: (Matlab, 2020), traduzido pelo autor.

o Asper. O Asper é definido como a quantidade de *roughness* produzida por um tom de 1000 Hz com 60 dB de intensidade que sofre uma modulação de amplitude de 100% a uma taxa de 70 Hz (FASTL; ZWICKER, 2007).

O *roughness* tem sido usado para quantificar a qualidade do som em várias aplicações, incluindo paisagem sonora e ruído de motores automotivos e aparelhos domésticos. De maneira geral, o *roughness* relaciona a profundidade de modulação de um sinal com a profundidade de mascaramento percebida de um som.

Até o momento, não foi possível quantificar e padronizar, de maneira satisfatória, a profundidade de modulação (ΔL). Assim, há modelos propostos para calcular o *roughness*, como o modelo de Aures (AURES, 1985), Terhardt (TERHARDT, 1974) e Daniel e Weber (DANIEL; WEBER, 1997). Para avaliações de paisagem sonora, conforme determinado na ISO/TS 12913-3 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2019) é comumente utilizado o modelo de Fastl e Zwicker (FASTL; ZWICKER, 2007), em que o *roughness* pode ser avaliado a partir da Equação 6. Neste caso, R_{10} e R_{50} seriam o *roughness* que é excedido durante 10% e 50% do tempo total de medição.

$$R = cal \cdot \int_0^{24\text{Bark}} f_{mod} \cdot \Delta L \cdot dz, \quad (6)$$

onde:

- f_{mod} é a frequência de modulação detectada;
- cal é uma constante garantindo *roughness* unitário do sinal de referência e
- ΔL é a profundidade de modulação percebida.

A utilização das proporções entre diferentes valores percentis obtidos na análise psicoacústica possibilita a quantificação da variação ao longo do tempo de uma métrica específica. Para o *roughness*, a ISO/TS 12913-3 recomenda a determinação dos percentis R_{10} e R_{50} , sendo esses indicadores do nível de variabilidade de *roughness*.

Na Figura 17 é possível observar um sinal sonoro variante no tempo em que se nota a presença de modulações de amplitude, ou seja, a presença de *roughness* ao longo do seu sinal e, de maneira complementar, é possível visualizar o destaque do parâmetro para o *roughness* específico.

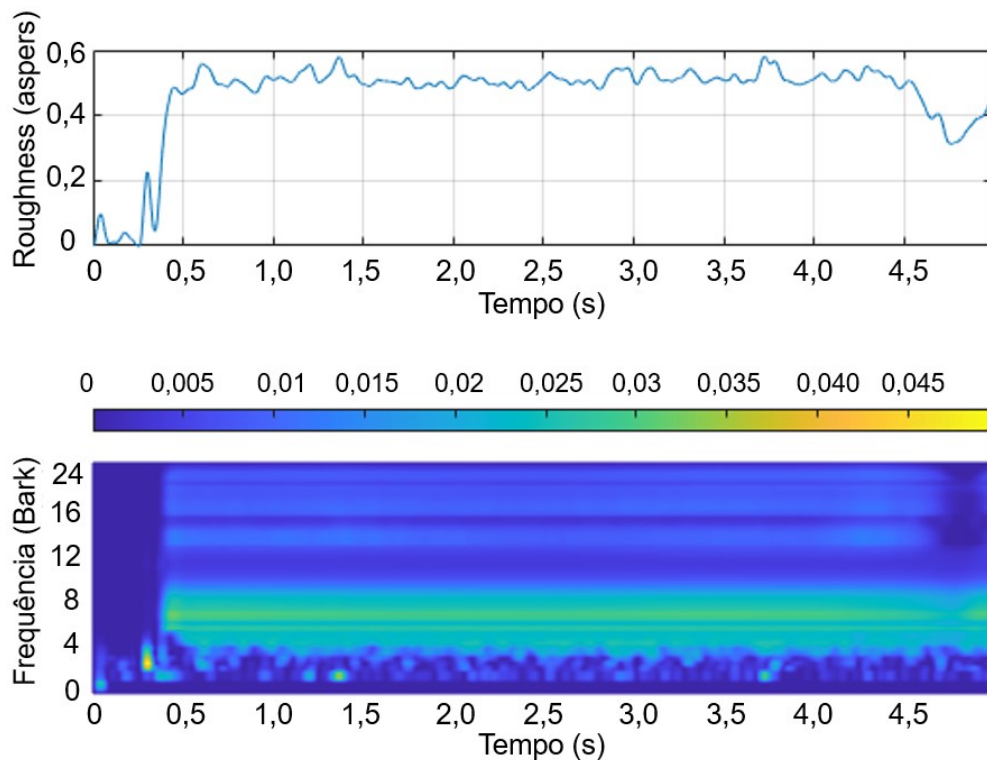


Figura 17 – Exemplo do histórico temporal do *roughness* e *roughness* específico.
Fonte: (Matlab, 2021), traduzido pelo autor.

2.4.3 Sharpness

Sharpness é uma medida do conteúdo de alta frequência de um som, está relacionada ao seu timbre e indica que quanto maior a proporção de altas frequências, mais “nítido” é o som. O *sharpness* é frequentemente utilizado como uma forma parcial de avaliar a qualidade do som em situações como a medição do ruído de motores e de aparelhos domésticos, como aspiradores de pó e secadores de cabelo. Além disso, o *sharpness* também é utilizado no cálculo de métricas de prazer sensorial⁵ (ZWICKER; FASTL, 1990).

A unidade de medida para o *sharpness* é o acum. Um acum é um ruído de banda estreita com largura de uma banda crítica em uma frequência central de 1 kHz de 60 dB.

Diversos métodos podem ser utilizados para calcular a nitidez, entre eles destacam-se: o método de Von Bismarck (BISMARCK, 1974), que emprega um cálculo do primeiro momento ponderado; o método de Aures (AURES, 1985), uma versão adaptada da equação de Von Bismarck; e o método de Zwicker e Fastl (ZWICKER; FASTL, 1990), que utiliza uma curva de ponderação modificada na equação de Von Bismarck. Para avaliações de paisagem sonora, conforme determinado na ISO/TS 12913-3 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2019), é comumente utilizada a norma alemã DIN 45692 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 2009), cujo método consiste em calcular um centroide espectral do *loudness* (N). O *sharpness* pode ser avaliado a partir da Equação 7.

$$S = c \frac{\int_0^{24\text{Bark}} N'(z) \cdot g(z) \cdot z/\text{Bark} \cdot dz}{\int_0^{24\text{Bark}} N'(z) dz}, \quad (7)$$

Onde:

- $g(z) = \begin{cases} 1, & z \leq 15,8 \text{ Bark}; \\ 0,15 \cdot e^{0,42(z-15,8)} + 0,85, & z \geq 15,8 \text{ Bark}; \end{cases}$
- $N'(z)$ é o *loudness* específico;
- c é a constante de normalização.

É possível quantificar a variação de uma métrica específica ao longo do tempo ao utilizar as proporções entre os diferentes valores percentis obtidos na análise psicoacústica.

Para o *sharpness*, a ISO/TS 12913-3 recomenda a determinação dos percentis de S_5 e S_{95} ,

⁵ O prazer sensorial ocorre quando os corpos humanos reduzem ou eliminam um estado negativo, como dor ou frio, resultando em um estado agradável (YARWOOD, 2022).

pois esses percentis podem ser indicadores do nível de variabilidade do *sharpness*. Além disso, é recomendada a determinação dos valores de $S_{\text{média}}$.

Na Figura 18 é possível observar um sinal sonoro variante no tempo em que se nota a presença de *sharpness* ao longo do seu sinal. S_5 e S_{95} seriam o *sharpness* que é excedido durante 5% e 95% do tempo total de medição.

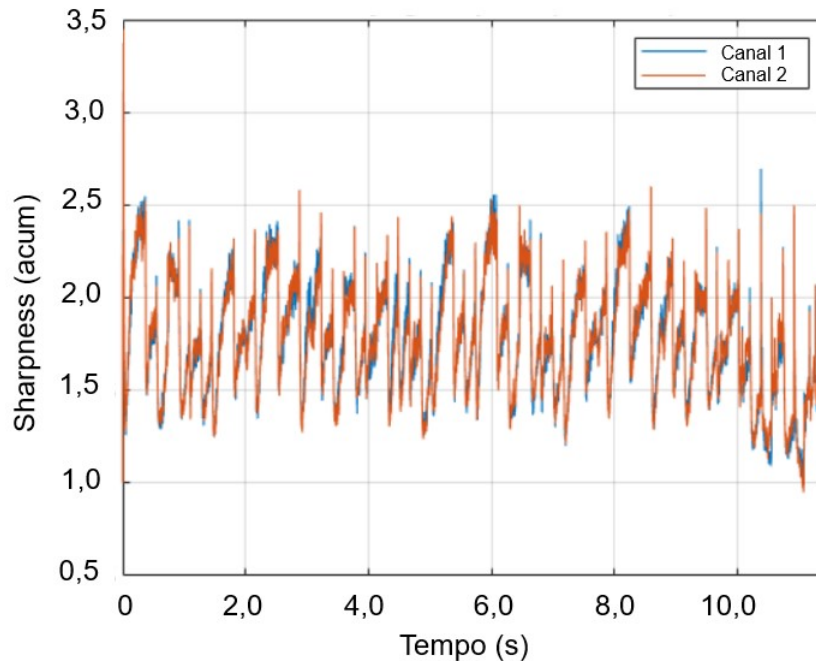


Figura 18 – Exemplo do histórico temporal do *sharpness*.
Fonte: (Matlab, 2020b), traduzido pelo autor.

2.4.4 *Fluctuation strength*

O *fluctuation strength* é um parâmetro semelhante ao *roughness*, porém este parâmetro quantifica a percepção da modulação de amplitude mais lenta (até 20 Hz) de um som (FASTL; ZWICKER, 2007). A partir dessa frequência, a sensação de *roughness* é destacada. Até o momento, neste valor de fronteira entre as sensações, há uma dificuldade na quantificação com precisão entre os parâmetros.

A unidade de medida para *fluctuation strength* é o vacil. Um vacil é definido como o *fluctuation strength* produzido por um tom puro de 1000 Hz de 60 dB que é 100% modulado em amplitude a 4 Hz.

De forma semelhante ao *roughness*, para o *fluctuation strength* não foi possível quantificar e padronizar, de maneira satisfatória, a profundidade de mascaramento (ΔL).

Assim, para avaliações de paisagem sonora, conforme determinado na ISO/TS 12913-3 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2019), é comumente utilizado o modelo de Fastl e Zwicker (FASTL; ZWICKER, 2007), em que o *fluctuation strength* pode ser avaliado a partir da Equação 8.

$$F = \frac{0,008 \cdot \int_0^{24\text{Bark}} \Delta L \cdot dz}{\left(\frac{f_{mod}}{4\text{Hz}}\right) + \left(\frac{4\text{Hz}}{f_{mod}}\right)}, \quad (8)$$

onde:

- f_{mod} é a frequência de modulação detectada;
- ΔL é a profundidade de mascaramento.

Observa-se que a profundidade de mascaramento é representada por ΔL , o que não deve ser confundido com a profundidade de modulação considerada na Equação 6, já que neste caso se consideram os efeitos de memória de curto prazo em vez dos efeitos pós-mascaramento.

A utilização das proporções entre diferentes valores percentis obtidos na análise psicoacústica possibilita a quantificação da variação ao longo do tempo de uma métrica específica. Para o *fluctuation strength*, a ISO/TS 12913-3 recomenda a determinação dos percentis de F_{10} e F_{50} , sendo esses indicadores do nível de variabilidade de *fluctuation strength*.

Na Figura 19 é possível observar um sinal sonoro variante no tempo em que se nota a presença de modulações de amplitude, ou seja, a presença de *fluctuation strength* ao longo do seu sinal, e de maneira complementar, é possível visualizar o destaque do parâmetro para o *fluctuation strength* específico. F_{10} e F_{50} seriam o *fluctuation strength* que é excedido durante 10% e 50% do tempo total de medição.

2.5 Normativas e regulamentações

Nesta seção serão mostradas as principais normas, leis e regulamentações, de acústica ambiental, desde a esfera internacional até a esfera municipal, trazendo limites sonoros por zoneamentos, exigências de instrumentação e metodologias de medições.

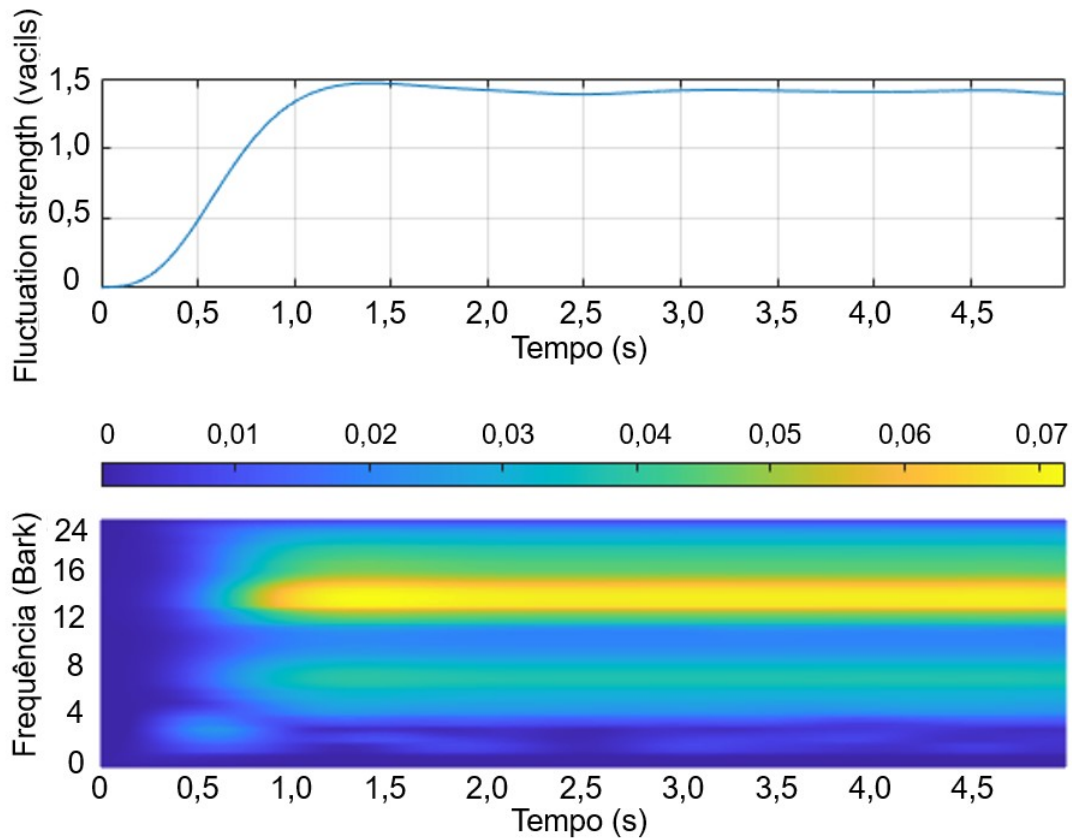


Figura 19 – Exemplo do histórico temporal do *fluctuation strength* e *fluctuation strength* específico.

Fonte: (Matlab, 2020a), traduzido pelo autor.

2.5.1 Normativa internacional ISO 9613

A ISO 9613 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1996) traz uma metodologia geral para calcular a atenuação do som durante a propagação ao ar livre, com o intuito de prever os níveis sonoros ambientais à distância de diferentes fontes. O método especificado calcula a atenuação do som que se origina de uma fonte de som pontual ou um conjunto de fontes pontuais, sendo esta fonte em movimento ou estacionária. Para o cálculo de atenuação são considerados fatores físicos como divergência geométrica, absorção atmosférica, efeito de solo, reflexão de superfícies e triagem por obstáculos.

2.5.2 Normativa internacional ISO 1996

Os procedimentos a serem seguidos na realização de ensaios acústicos para avaliar tanto a exposição a níveis sonoros em ambiente externo quanto a incomodidade causada

por esses níveis sonoros são estabelecidos pela norma ISO 1996 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2017a).

A norma ISO 1996 define vários tipos de ruído e grandezas fundamentais, além de estabelecer critérios importantes a serem considerados para a seleção adequada dos intervalos de avaliação dos níveis sonoros e a escolha correta do equipamento, incluindo a correspondente classe de precisão. Também fornece recomendações específicas sobre as posições de medição, as quais são diferenciadas para medições realizadas tanto no exterior quanto no interior.

2.5.3 Resolução federal e Norma Técnica Brasileira ABNT NBR 10151

Na resolução 01 de 08 de março de 1990, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estipula que a emissão de ruídos provenientes de atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, incluindo propaganda política, deve estar segundo os padrões, critérios e diretrizes definidos na resolução, visando proteger a saúde e o sossego público.

A resolução também estabelece que os valores e limites a serem seguidos em relação à emissão de ruído devem corresponder com a norma ABNT NBR 10151 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com o propósito de assegurar o sossego público, a saúde da população e o conforto da comunidade. Os limites para emissão de ruído da ABNT NBR 10151 são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período

Tipos de áreas habitadas	RL_{Aeq} Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	Período diurno	Período noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais, ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019).

Além disso, a normativa especifica a instrumentação, os procedimentos de medição, os parâmetros e métodos a serem utilizados e a forma de avaliação para medições ambientais de níveis de pressão sonora.

De forma geral, como exigências da instrumentação, deve ser utilizado sonômetro que atenda a IEC 61672, partes 1 (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2013a), 2 (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2013b) e 3 (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2013c) e o calibrador sonoro que atenda as exigências da IEC 60942 (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, 2017).

Também é recomendado que durante a medição se mantenha uma distância mínima do sonômetro de 2 m para superfícies refletoras e entre 1,2 m e 1,5 m do solo, um tempo de integração de 1 s e um tempo de medição para permitir a caracterização do ruído em questão. Além disso, não devem ser efetuadas medições na existência de interferências de condições ambientais adversas de fenômenos da natureza, como trovões, chuvas fortes, entre outros.

2.5.4 Esfera estadual

A Secretaria do Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo, através da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), possui decisões de diretorias para procedimentos de medição, avaliação e limites para emissões de pressão sonora.

A Decisão de Diretoria da CETESB N° 100/2009/P (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2009) de 19/05/2009 estabelece o procedimento de medições de níveis de ruído em sistema lineares de transportes em que são especificados equipamentos adequados para medição, receptores potencialmente críticos, condições de medição e dados a serem coletados em campo.

De forma complementar, a Decisão de Diretoria N° 389/2010/P (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2010) de 21 de dezembro de 2012 estabelece a regulamentação de níveis de ruído em sistemas lineares de transporte, trazendo definições e a aplicabilidade de limites de nível de pressão sonora (Tabela 2) no estado de São Paulo.

Tabela 2 – Níveis de ruído de acordo com a classificação da área.

Tipo de ocupação	Via de tráfego novas		Via de tráfego existente	
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
I	Hospitais	Casas de saúde	Asilos	
Unidades básicas de atendimento à saúde; e creches	55	50	60	55
II	Residências			
Comércio; e serviços locais	60	55	65	60
III	Instituições de ensino	Escolas	Faculdades	Centros universitários
Universidades; atividades equivalentes; e cultos religiosos	63	58	68	63

Fonte: (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2010).

2.5.5 Esfera municipal

Na esfera municipal de São Paulo, existe a Lei 16.402 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2016) que disciplina o Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do município, de acordo com o Plano Diretor Estratégico (PDE) do município, Lei 16.050 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2014) de 31 de julho de 2014. A Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo de São Paulo (LPUOS) traz os parâmetros de incomodidade para os diferentes zoneamentos da cidade (Tabela 3). Diferente da norma ABNT NBR 10151, que traz limites para dois períodos (dia e noite), a LPUOS traz limites para três períodos (7h às 19h, 19h às 22h e 22h às 7h).

Por meio do Geosampa (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2021), sistema de gestão de mapas da cidade de São Paulo, é possível identificar o zoneamento conforme o plano diretor do município e assim localizar os limites de ruído por zona conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros de incomodidade por zona.

	Tipo de zona	Zona	Nível Critério de Avaliação (NCA) para ambiente externo dB(A)		
			Emissão de ruído das 7h às 19h	Emissão de ruído das 19h às 22h	Emissão de ruído das 22h às 7h
Transformação	ZEU	ZEUa	50	45	40
		ZEUPa			
		ZEU			
	ZEM	ZEUP	60	55	50
		ZEM			
	ZEMP				
Qualificação	ZCs	ZCa	50	45	40
		ZC	60	55	50
		ZC-ZEIS			
	ZCOR	ZCOR-1	50	45	40
		ZCOR-2			
		ZCOR-3	55	50	45
		ZCORa	50	45	40
		ZM			
	ZM	ZM	60	55	50
		ZMa	50	45	40
		ZMIS	60	55	50
		ZMISa	50	45	40
		ZEIS			
	ZEIS	ZEIS-1	50	45	40
		ZEIS-2			
		ZEIS-3	55	50	45
		ZEIS-4	50	45	40
		ZEIS-5	55	50	45
	ZDE	ZDE-1	60	55	50
		ZDE-2	65	60	55
ZPI	ZPI-1	65	60	55	
	ZPI-2				
Preservação	ZPR	ZPR	50	45	40
	ZER	ZER-1	50	45	40
		ZER-2			
		ZERa			
	ZPDS	ZPDS	50	45	40
ZPDSr					
ZEPAM	ZEPAM	50	45	40	
Áreas públicas e integrantes do SAPAVEL	Verdes	AVP-1	50	45	40
		AVP-2			
	Institucionais	AI	60	55	50
		AIa	50	45	40
	Clubes	AC1	50	45	40
		AC2			

Fonte: (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2016).

2.6 Paisagem sonora

Na década de 1970, junto com o *World Soundscape Project* (WSP), Schafer sugeriu a definição de som como um elemento da paisagem e propôs o termo *soundscape*, ou paisagem sonora, para estudar o ambiente sonoro, que pode ser dividido em segmentos perceptíveis para uma escuta consciente. Schafer também considerava a gravação de áudio de um ambiente, para fins estéticos ou de documentação, como paisagem sonora.

Essa iniciativa levou ao surgimento de outros conceitos como ecologia acústica (o estudo do som em relação à vida e à sociedade) e projeto acústico, que segundo Schafer, é uma área interdisciplinar e deve envolver a participação de todos, desde residentes a

compositores, músicos, arquitetos, engenheiros acústicos, sociólogos ou psicólogos. Schafer também destaca que entre os objetivos do projeto acústico estão:

estudar os efeitos de novos sons antes que eles sejam indiscriminadamente soltos no ambiente, estudar o rico simbolismo que o som tem para o homem e estudar os padrões de comportamento humano em diferentes ambientes sonoros, para utilizar esses resultados para planejar futuros ambientes para o homem. (SCHAFER, 1977).

Atualmente o estudo de projeto acústico não se limita apenas em diagnosticar ou prevenir o impacto de modificações arquitetônicas, mas também é capaz de modificar esse próprio espaço. Algumas dessas intervenções podem incluir medidas mitigatórias como a construção de parques com fontes, que visam ocultar o ruído do trânsito, ou iniciativas mais sutis que visam “dar vida” à cidade ou desviar a atenção dos moradores. Essas medidas sustentáveis abordam questões específicas por meio do fornecimento de soluções modeladas de acordo com as paisagens locais.

Na prática, o estudo da disciplina de paisagem sonora envolve diversos campos e abordagens disciplinares. A paisagem sonora se sobrepõe a um campo muito maior de gerenciamento de ruído ambiental e também é interdisciplinar com outras áreas da acústica, como qualidade do som e conforto acústico em edifícios, e também com campos não acústicos, como gestão de áreas selvagens e recreativas, desenho urbano e desenho habitacional (BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011). Esse estudo da sobreposição e interdisciplinaridade da paisagem sonora, denominado por Schafer como projeto acústico visava envolver distintas áreas do conhecimento e profissionais para estudar em conjunto a paisagem sonora mundial, situando a paisagem sonora em um meio caminho entre a ciência, a sociedade e as artes (SCHAFER, 1977).

Com o desenvolvimento de pesquisas sobre paisagem sonora, por diversas áreas do conhecimento, houve divergências sobre as formas de padronização da avaliação perceptual da preferência sonora humana (em espaço ao ar livre).

Para resolver as divergências, foi estabelecido em 2008 um grupo de trabalho da ISO/TC 43/SC 1, visando analisar a criação de um método padronizado para avaliação da qualidade da paisagem sonora. Tal avaliação não seria apenas uma questão de identificar a presença ou ausência de sons irritantes, mas também consideraria os aspectos positivos dos ambientes sonoros percebidos pelas pessoas (BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011).

Conforme a proposta, o método padronizado conseguiria permitir que pesquisadores alcançassem a compatibilidade nos resultados de vários estudos que investigam a relação

entre a qualidade da paisagem sonora percebida e as propriedades acústicas, físicas e visuais das áreas. Além disso, autoridades poderiam utilizá-lo para preparar diretrizes baseadas na avaliação perceptiva da qualidade da paisagem sonora e planejadores de cidades e outros profissionais poderiam investigar paisagens sonoras para criar ambientes sonoros de alta qualidade em áreas recreativas e residenciais.

Desta forma, a partir desse grupo de trabalho, desenvolveram-se as normativas ISO 12913, separadas em 3 partes: (1) definições e quadro conceitual (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2014), (2) requisitos de coleta de dados e relatórios (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018) e (3) análise de dados (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2019).

Assim, com o uso da normativa ISO 12913, é possível padronizar os diferentes termos, definir uma taxonomia para diferentes fontes sonoras, metodologias de medição de nível de pressão sonora e gravações biauricular, aplicação de questionários, além de metodologias de análises de dados.

A Figura 20 descreve o processo de percepção ou experimentação e/ou compreensão de um ambiente sonoro, com destaque para sete conceitos: o contexto, as fontes sonoras, o ambiente sonoro, a sensação auditiva, a interpretação da sensação auditiva, as respostas, e os resultados com suas correspondências.

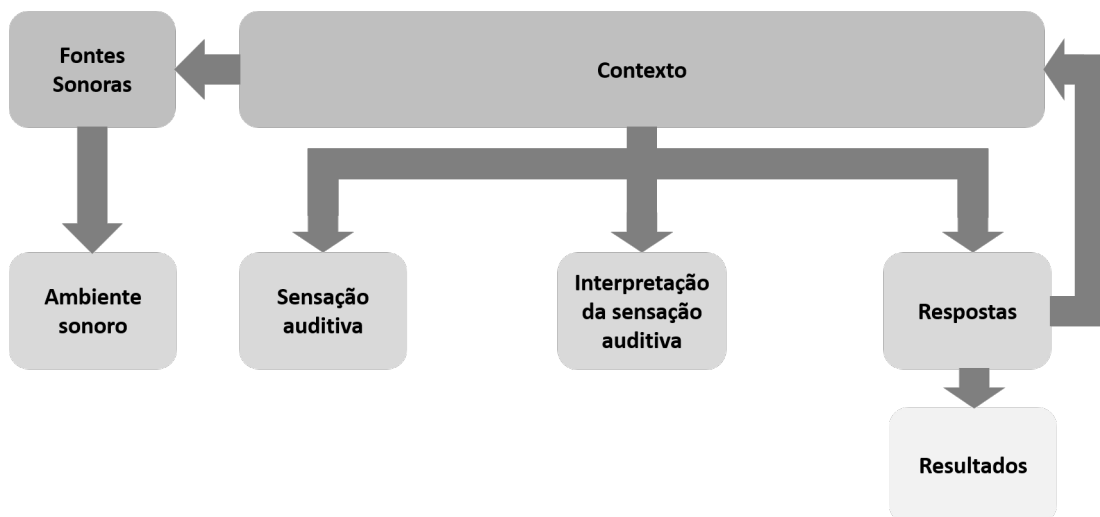


Figura 20 – Elementos na construção perceptiva da paisagem sonora.
 Fonte: (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2014),
 traduzido pelo autor.

Em linhas gerais, o contexto abrange as conexões entre indivíduos, ações e locais, considerando suas dimensões temporal e espacial. O contexto pode exercer influência sobre a paisagem sonora por meio da percepção auditiva, da interpretação dessa percepção e das reações ao ambiente sonoro. As fontes sonoras presentes e como elas se distribuem no espaço e no tempo também contribuem para a paisagem.

O ambiente sonoro corresponde aos sons originados de todas as fontes sonoras, sujeitos a modificações causadas pelo ambiente. Já a percepção auditiva é resultado de processos neurológicos acionados a partir do momento em que o estímulo sonoro é recebido pelos receptores do ouvido.

A interpretação da percepção auditiva envolve o processamento tanto inconsciente quanto o consciente do sinal sonoro, visando gerar informações úteis que levem à compreensão e conscientização do ambiente sonoro. As respostas a esse ambiente incluem reações imediatas, emoções e comportamentos, capazes de modificar o contexto e gerar consequências globais a longo prazo, influenciadas ou permitidas pelo ambiente sonoro (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2014).

Desta forma, os estudos de paisagem sonora devem sempre considerar os componentes principais: pessoas, ambiente acústico e contexto. Para caracterização a paisagem sonora são utilizados procedimentos para a coleta de dados desses ambientes, tanto de maneira quantitativa quanto qualitativa. Para descrever o ambiente sonoro, suas modificações pelo ambiente e as sensações auditivas evocados, é necessário medir e relatar um conjunto de indicadores acústicos e psicoacústicos. Entre os indicadores acústicos estão: nível de pressão sonora ponderado em A, L_{Aeq} , nível de pressão sonora ponderado em C, L_{Ceq} , e os níveis estatísticos L_5 , L_{95} (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2017a).

Os indicadores psicoacústicos desempenham um papel importante no que diz respeito às sensações auditivas. Esses parâmetros são funções da estrutura do tempo e da distribuição espectral e levam a resultados que fornecem informações com maior diferenciação do que a consideração apenas dos níveis de pressão sonora. Para isso, são recomendadas/orientadas gravações biauricular da paisagem sonora e cálculo dos parâmetros *loudness*, *roughness*, *sharpness*, *fluctuation strength*, entre outros (ver Seção 2.4).

Já para a análise qualitativa são recomendados/orientados diferentes métodos para *soundwalk*⁶ (caminhada sonora) e entrevistas guiadas, com escalas de classificação e anotação dos comentários dos participantes, sendo possível assim conhecer suas experiências e expectativas em relação aos sons que ouvem e ao ambiente que observam. Em entrevistas é de interesse conhecer o perfil do participante, a avaliação do ambiente sonoro, a avaliação global e o reconhecimento e classificação das fontes sonoras. Para a classificação de diferentes fontes sonoras, a norma apresenta uma taxonomia padronizada (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018).

A medição e a análise psicoacústica permitem identificar as sensações auditivas fundamentais provocadas pelo som. Ao analisar uma gravação biauricular, é preciso equalizá-la de forma a se assemelhar a uma medição de microfone mono. Depois de aplicada a equalização, os sinais restantes de cada canal são processados separadamente para determinar as métricas psicoacústicas.

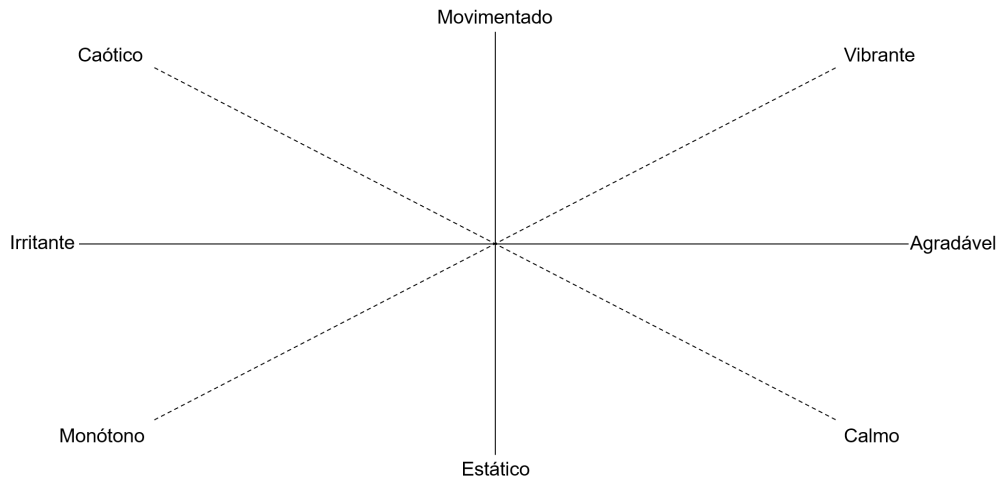
Na investigação de paisagem sonora, os dados quantitativos coletados por meio de questionários são analisados conforme o nível de medição. Para isso, são empregadas análises de correspondências específicas para cada nível.

A norma apresenta três métodos de entrevistas com participantes: método A,B,C. No caso do método A, as respostas dos questionários podem ser representadas em um modelo bidimensional, onde a dimensão do eixo x está associada ao julgamento de quão agradável ou desagradável é o ambiente, sendo referida como agradabilidade (*pleasantness*). Já a dimensão do eixo y está relacionada com a quantidade de atividades humanas presentes, entre outras variáveis, representando o quão movimentado ou estático é percebido o ambiente acústico e sendo referido como acontecimentos (*eventfulness*).

Desta forma, os conceitos de agradabilidade e acontecimentos podem ser plotados em um gráfico bidimensional (Figura 21). Cada ponto de dados no gráfico de dispersão representa um local investigado.

⁶ Método que implica uma caminhada em uma área com foco em ouvir o ambiente acústico (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018).

Figura 21 – Representação bidimensional de paisagem sonora com base em respostas de qualidade afetiva percebida.



Fonte: (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2019), traduzido pelo autor.

A coordenada para agradabilidade P é calculada por meio da Equação 9 e a coordenada para acontecimentos E é calculada por meio da Equação 10.

$$P = (p - a) + \cos(45)(ca - ch) + \cos(45)(v - m) \quad (9)$$

$$E = (e - u) + \cos(45)(ch - ca) + \cos(45)(v - m) \quad (10)$$

onde:

- a é irritante;
- ca é calmo;
- ch é caótico;
- e é movimentado;
- m é monótono;
- p é agradável;
- u é estático;
- v é vibrante.

O método B apresenta questões para a coleta de dados de caminhada sonora, sobre como as pessoas percebem um ambiente acústico *in situ*. Já o método C apresenta diretrizes para entrevistas narrativas.

2.7 Resgate histórico do Bairro do Bixiga

Complementando o que foi inicialmente abordado na Seção 1.1.3, o bairro do Bixiga tem seu primeiro registro de ocupação datado de 1559, quando a área era conhecida como Sítio do Capão, de propriedade do português Antônio Pinto. Posteriormente, a região passou a ser chamada de Chácara das Jabuticabeiras, devido à grande quantidade de árvores dessa espécie que existiam na área. Esse é um marco inicial na história do bairro, que desde então passou por diversas transformações ao longo dos séculos (São Paulo Minha Cidade, 2013).

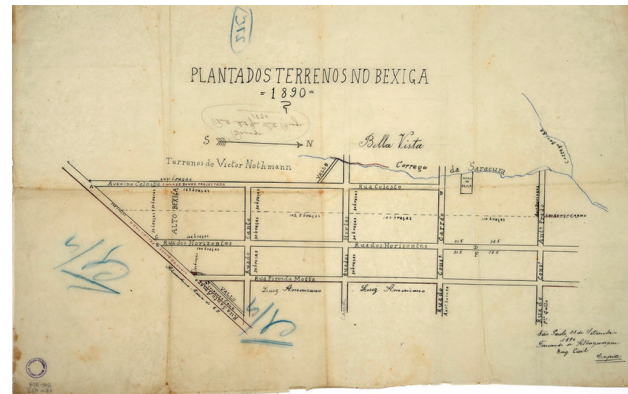
Inicialmente, o bairro do Bixiga era ocupado por comunidades negras e indígenas. No entanto, no início do século XX, o local foi subdividido em pequenos lotes. Isso levou à migração da população negra para a região da Barra Funda. Antes da ocupação italiana no bairro, há poucos registros históricos sobre a paisagem sonora do Bixiga. Poucas resistências foram mantidas após o processo de gentrificação das comunidades originais. Um desses redutos de resistência foi a sede da escola de samba Vai-Vai.

É importante reconhecer a história da ocupação original do bairro por comunidades negras e indígenas e como a gentrificação transformou sua demografia e paisagem cultural ao longo do tempo. A presença da escola de samba Vai-Vai representa uma importante manifestação cultural e resistência dentro do contexto atual do bairro (VITOR et al., 2018).

Existem pelo menos duas teorias que explicam a origem do nome “Bixiga”. A primeira teoria sugere que o nome foi derivado de Antonio Bexiga, dono de uma hospedaria localizada no Largo dos Piques (atual Praça da Bandeira) e das terras do bairro no início do século XIX. Segundo essa teoria, Antonio Bexiga teria sido vítima de varíola, o que lhe rendeu o apelido associado ao nome do bairro. A segunda teoria indica que o nome do bairro pode ter vindo do matadouro público localizado na Rua Santo Amaro, construído em 1774, que comercializava bexigas de boi. Em 1878, um jornal anunciou a venda dos terrenos “das matas do Bixiga”(Figura 22a), dando início ao processo de loteamento e formação do bairro (Figura 22b). Com a chegada de imigrantes italianos que não se adaptavam ao trabalho nas lavouras e de escravos fugidos ou recém-libertos, o bairro começou a se desenvolver e ganhar sua identidade característica (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2005).



(a) Manchete de venda de terrenos no Bixiga.



(b) Planta dos Terrenos no Bixiga.

Figura 22 – Manchete de jornal e planta dos terrenos do Bixiga.

Fonte: (PORTAL DO BIXIGA, 2015) e (ACERVO DO MUSEU PAULISTA, 1890).

No início do século XX, os imigrantes italianos começaram a se estabelecer na região, atraídos pela possibilidade de trabalho nas fábricas e indústrias da cidade de São Paulo. Assim, houve a urbanização do bairro e mudanças arquitetônicas do espaço que remetem a tipologias italianas. Na Figura 24a é possível ver as obras para abertura da Avenida Nove de Julho, em 1935, e na Figura 24b, a Praça 14 Bis com a subida da Rua Manoel Dutra.



(a) Bairro do Bixiga e Avenida Nove de Julho.



(b) Praça 14 Bis e Rua Manoel Dutra ao fundo.

Figura 23 – Fotos da década de 1930 de ruas do bairro do Bixiga.

Fonte: (JUSTINO, 1935a) e (JUSTINO, 1935b).

A partir dos anos 50, o bairro passou por um processo de verticalização, com a construção de vários prédios residenciais. O processo de verticalização acabou afetando a

identidade cultural do bairro, mas, mesmo assim, o Bixiga manteve sua tradição de ser um polo de cultura e arte na cidade.



(a) Avenida Nove de Julho na década de 1950.



(b) Vista da Praça Dom Orione para a Rua Rui Barbosa na década de 1980.

Figura 24 – Fotos da década de 1950 e 1980 de ruas do bairro do Bixiga.

Fonte: (Bela Vista Antiga, 2021).

Além das obras já apresentadas na Seção 1.1.3, existem várias outras músicas que abordam a história e a cultura do bairro do Bixiga. A descrição musical do bairro é fortemente vinculada com sua posição de reduto da boemia paulistana, onde é destacado pelo compositor Roberto Fioravanti em “Velho Bixiga”:

Velho bairro// Que me viu nascer// Velho bairro// Que me viu crescer//
 Brincar, sonhar, cantar// Com saudade// A velhice chegar// Ruazinhas,
 casas modestas// Na lembrança as festinhas// Lindas serestas// Os
 casamentos lá da igreja// O corre-corre pra comemorar// Da gente
 simples// Com quem convivi// E o primeiro amor que// Depois eu
 perdi// Os festejos tradicionais// Noites boemias// Quando eu era
 rapaz// O jogo de morra, três-sete e patrão// Que o bom calabrês//
 Tinha predileção (LUCENA, 2017).

Em sua melodia intitulada “**Tradição**”, o renomado compositor e sambista Geraldo Filme retrata as transformações ocorridas no território do Bixiga. A letra da música remete às mudanças que o espaço urbano enfrentou ao longo do século XX, e nos dias atuais, a canção continua sendo um hino icônico e um poderoso chamado para celebrar e honrar o Bixiga.

Quem nunca viu o samba amanhecer// Vai no Bexiga pra ver// Vai no
 Bexiga pra ver// O samba não levanta mais poeira// Asfalto hoje cobriu

o nosso chão// Lembrança eu tenho da Saracura// Saudade tenho do
nosso cordão// Bexiga hoje é só arranha-céu// E não se vê mais a luz
da Lua// Mas o Vai-Vai está firme no pedaço// É tradição e o samba
continua (FILME, 1956).

Hoje em dia, o Bixiga é um bairro elegante e envolvente, conhecido por suas ruas arborizadas, casarões históricos, restaurantes italianos e bares boêmios. O bairro é muito procurado por turistas e visitantes que querem conhecer um pouco mais da história e da cultura de São Paulo. Além disso, o bairro abriga a tradicional Festa de Nossa Senhora Achiropita que acontece geralmente nos finais de semana do mês de agosto e se estende por várias ruas do Bixiga. Durante a celebração, são montadas barracas com comidas típicas italianas, como macarrão, polenta, doces e outros pratos. Além da parte culinária, a Festa de Nossa Senhora Achiropita também inclui apresentações de música ao vivo, danças folclóricas, procissões religiosas e outras atividades culturais. É uma oportunidade para as pessoas se reunirem, celebrarem a religiosidade, apreciarem a cultura italiana e fortalecerem os laços comunitários.

No Brasil, as manifestações coletivas homenageando a Nossa Senhora Achiropita tiveram início em 1908 com a chegada dos imigrantes italianos ao bairro do Bixiga. Já de prática, na semana do dia 15 de agosto eram celebradas missas e iniciadas as festividades em veneração à padroeira. Visando a construção de uma igreja, organizou-se uma comissão de festas para arrecadar fundos e em 1926 iniciou-se oficialmente a festa de Nossa Senhora Achiropita. Vale ressaltar que a festa era realizada no pátio interno da igreja e que somente em 1979 foi transferida para a Rua Treze de Maio. A Figura 25a mostra a procissão das festividades em 1956 e a Figura 25b mostra a Igreja Nossa Senhora Achiropita enfeitada para as festividades em 2022.

Atualmente a festa é visitada por mais de 200 mil pessoas, onde há 30 barracas de alimentação e entretenimento e mais de mil voluntários que colaboram com o desenvolvimento da festa. A maioria dos visitantes vai à igreja participar das missas, e das bênçãos que acontecem com regularidade durante os dias de festividades.

Também há a Escadaria do Jazz que é um ponto de referência importante para os apreciadores do gênero. Fica localizada na Escadaria do Bixiga que é um local histórico que se tornou um símbolo da boemia e da tradição musical do bairro. A escadaria é famosa por suas apresentações regulares de jazz ao ar livre. É um espaço onde artistas locais e internacionais se reúnem para compartilhar sua paixão pela música, improvisando e



(a) Festa de Nossa Senhora Achiropita em 1956.

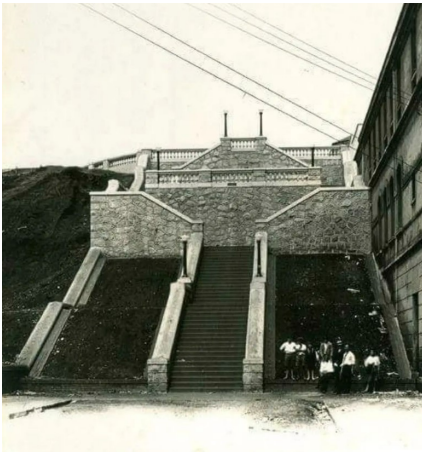


(b) Festa de Nossa Senhora Achiropita em 2022.

Figura 25 – Fotos da Festa de Nossa Senhora Achiropita em 1956 e 2022.

Fonte: (Bela Vista Antiga, 2021) e (Cidade de São Paulo, 2022).

criando um ambiente vibrante e envolvente. Nas Figuras 26a e 26b é possível observar a Escadaria do Bixiga em 1929 e o evento Escadaria do Jazz em 2019.



(a) Escadaria do Bixiga em 1929.



(b) Evento Escadaria do Jazz em 2019.

Figura 26 – Fotos da Escadaria do Bixiga e do evento Escadaria do Jazz.

Fonte: (Bela Vista Antiga, 2021) e (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2005).

De forma complementar, há os ensaios e apresentações da escola de samba Vai-Vai, que possui diversos enredos em homenagem ao bairro, como o seu **hino**:

Que Barulho é aquele.// Que barulho é aquele que vem lá!// É o Vai Vai// Que vai brincar no carnaval// No Carnaval// Quem nunca sambou na vida// Primeira vez, por ventura// É o Vai Vai do Bixiga// Orgulho da Saracura (Vai-Vai, 1978).

Nas Figuras 27a e 27b é possível observar os ensaios da escola de samba Vai-Vai em 1986 e 2023.



(a) Ensaio da escola de samba Vai-Vai em 1986.



(b) Ensaio da escola de samba Vai-Vai em 2023.

Figura 27 – Fotos de ensaios da escola de samba Vai-Vai em 1986 e 2023.

Fonte: (Bela Vista Antiga, 2021) e elaborado pelo autor.

3 Procedimentos metodológicos

Visando a importância da realização de análises quantitativas e qualitativas para a caracterização da paisagem sonora do Bixiga, serão explicitadas nas seções subsequentes deste capítulo a metodologia e a instrumentação utilizadas.

O primeiro passo foi identificar os parâmetros quantitativos e qualitativos a serem avaliados na caracterização da paisagem sonora e determinar como os mesmos seriam medidos e/ou avaliados. A análise quantitativa contempla as medições de níveis de pressão sonora, simulação de mapas de ruído, gravações binaurais e determinação dos parâmetros psicoacústicos. Já a avaliação qualitativa contempla aplicação de questionários desenvolvidos a participantes dos eventos culturais.

Em seguida foi desenvolvido e validado um sistema binauricular de baixo custo em comparação com instrumentos de alta precisão já conhecidos. Após sua validação, foi realizado o plano piloto¹ para validação da metodologia.

Após toda a cadeia de instrumentação validada e a metodologia definida, foram realizadas as medições de nível de pressão sonora e desenvolvimento de mapas de ruído do bairro do Bixiga e dos eventos culturais, as gravações binaurais e entrevistas nos eventos culturais e a análise da percepção dos sujeitos transeuntes do local quanto à paisagem sonora, a partir das entrevistas e parâmetros psicofísicos.

Os eventos culturais nos quais foram feitas medições, entrevistas e gravações foram: a Festa de Nossa Senhora Achiropita, Escadaria do Bixiga e ensaio da escola de samba Vai-Vai. A caminhada sonora (*soundwalk*) foi feita como parte do plano piloto para compreensão da metodologia de medições binaurais e entrevistas com os participantes.

A caminhada sonora é um método que implica uma caminhada em uma área com foco em ouvir o ambiente acústico. Durante uma caminhada sonora, as experiências e expectativas das pessoas ao ouvir e observar são principalmente acessadas através da avaliação de escalas de classificação e da anotação dos comentários dos participantes (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018).

Por fim, para comparação das análises quantitativas e qualitativas foram aplicados diversos testes estatísticos contemplando os parâmetros e amostras coletadas em campo.

¹ Plano piloto é frequentemente utilizado para descrever qualquer plano preliminar ou de base para um estudo maior. Essa expressão está principalmente ligada ao urbanismo moderno de abordagem funcionalista do século XX e a planos urbanísticos de forma geral.

3.1 Avaliação quantitativa

A seguir são apresentadas as metodologias utilizadas para a avaliação quantitativa.

3.1.1 Medições de nível de pressão sonora e mapa de ruído

Atualmente no Brasil, a normativa que especifica a instrumentação, procedimentos de medição, parâmetros, métodos a serem utilizados e forma de avaliação para medições ambientais de níveis de pressão sonora é a ABNT NBR 10151 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019), abordada na Seção 2.5.3.

Na presente pesquisa, as medições de níveis de pressão sonora visando o desenvolvimento do mapa de ruído tiveram por interesse captar as fontes sonoras de tráfego de veículos, por isso, posicionou-se o sonômetro voltado para as vias de interesse.

Em relação aos pontos de medição, foram desenvolvidos diferentes mapas de ruídos em que os pontos foram especificados, para cada estudo individual, no Capítulo 4. Foram medidos os níveis L_{Aeq} , L_{10} e L_{90} , além do histórico no tempo da medição e do espectro em bandas de terço de oitava.

Para o desenvolvimento das medições foram utilizados os instrumentos detalhados na Tabela 4. Devido à disponibilidade da instrumentação, foram utilizados 3 conjuntos de instrumentos, sendo esses: 1) conjunto Larson Davis (Figura 28a); 2) conjunto HBK (Figura 28b) e 3) conjunto Criffer (Figura 28c). Termo-higrômetro e anemômetro foram equipamentos utilizados complementarmente a todos os conjuntos, para mensurar a temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento.

Tabela 4 – Instrumentação utilizada para as medições de nível de pressão sonora.

Equipamento	Marca	Modelo	Número de Série
Sonômetro	Larson Davis	LD 831-RI	0004542
Calibrador sonoro	Larson Davis	CAL-200	15577
Sonômetro	Brüel & Kjær	2245	100601
Calibrador sonoro	Instrutherm	CAL-5000	N802394
Sonômetro	Criffer	Octava Plus	35000204
Calibrador sonoro	Criffer	CR-2	36000493
Termo-higrômetro	Minipa	HT-260	016.010399
Anemômetro	Testo	425	016.004658

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Conjunto Larson Davis.

(b) Conjunto HBK.



(c) Conjunto Criffer.

Figura 28 – Diferentes conjuntos de equipamentos de medição de nível de pressão sonora e condições ambientais.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante as medições, quando utilizados, os sonômetros foram calibrados e aferidos. Além disso, foram utilizados tripé e protetor de vento. A contagem de veículos foi realizada de forma manual utilizando contadores manuais, sendo diferenciados veículos leves e pesados.

Vale ressaltar que o conjunto Larson Davis foi utilizado para as medições do plano piloto, *soundwalk* e festa de Nossa Senhora Achiropita, o conjunto HBK para as medições

do mapa de ruído total do bairro do Bixiga e o conjunto Criffer para as medições da escadaria do Bixiga e da escola de samba Vai-Vai.

Os mapas de ruído desenvolvidos neste estudo foram simulados com o *software* CadnaA versão 4.5. O mapa requer, antes da simulação, informações detalhadas sobre as fontes sonoras de interesse, o ambiente físico, entre outros. O primeiro item a ser inserido no *software* foi a topografia, com os dados geométricos do bairro do Bixiga, seguido pelas edificações e pelas vias do bairro. Estes dados foram obtidos em arquivos do tipo *shapefile*, extraídos do GeoSampa (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2021), mas sendo necessária a atualização de algumas edificações por via de análise visual comparativa utilizando o *Google Earth*. Vale ressaltar que para todos os mapas de ruído desenvolvidos, foram utilizadas as mesmas informações de topografia, vias e edificações como dados de entrada.

Em seguida foram inseridos, na geometria, receptores condizentes com as medições *in loco* realizadas para cada estudo específico². Até o momento, não existem no Brasil metodologias ou normativas nacionais de simulação estabelecidas, então, para a calibração do modelo (através das vias de tráfego), optou-se por utilizar as orientações da RLS90 (ver Seção 2.2.2).

As simulações se basearam na geração de mapas de ruído, nos quais a altura da malha de simulação ficou 1,20 m acima do solo, sendo essa a mesma altura das medições. Além disso, o espaçamento dos pontos das malhas de simulação foi de 10 metros em 10 metros, com 1 reflexão.

Para validar as simulações, em cada ponto de medição realizada foi comparado o resultado com o valor gerado no receptor correspondente, sendo assim possível analisar os valores de nível de pressão sonora global mensurados em cada ponto, os valores simulados e a diferença aritmética entre eles. A simulação será aceita caso a diferença entre os valores simulados e medidos não ultrapasse ± 2 dB (PINTO; GUEDES; LEITE, 2004).

3.1.2 Gravações binaurais e parâmetros psicoacústicos

Para caracterizar o ambiente acústico na sua totalidade pode ser utilizada uma combinação de parâmetros acústicos e parâmetros psicoacústicos, com o intuito de considerar

² As informações das medições que caracterizaram os receptores, bem como nível de pressão sonora, localização e contagem de veículos encontram-se especificadas no Capítulo 4.

como os seres humanos percebem esse ambiente. As sensações auditivas são significativamente influenciadas pelos parâmetros psicoacústicos. A estrutura temporal e a distribuição espectral são responsáveis por determinar os parâmetros psicoacústicos, os quais fornecem informações mais distintas do que a simples avaliação do nível de pressão sonora isoladamente.

Assim, para caracterizar o ambiente acústico através dos indicadores psicoacústicos, devem ser utilizados sistemas de medição binaurais para registrar o ambiente e assim determinar a paisagem sonora, de modo a considerar como os seres humanos percebem o ambiente acústico. Para isso, os sistemas de medição utilizados devem ser calibrados ou corrigidos por um fator de calibração com o intuito de apresentarem resultados válidos.

Devido à necessidade de utilização de um sistema biauricular portátil e com simplicidade de manuseio, optou-se pela montagem de um sistema de baixo custo. Porém, a utilização de sistemas de baixo custo pode apresentar resultados físicos divergentes dos obtidos por equipamentos de alta precisão já conhecidos. Diante dessa problemática questionada, foi considerado realizar a comparação de sistemas binaurais de baixo custo com sistemas binaurais de alta precisão conhecidos, com o objetivo de validar o sistema biauricular a ser utilizado na presente pesquisa.

Validação do sistema biauricular

Os sistemas binaurais de alta precisão utilizados na comparação foram denominados como Sistema HBK e Sistema SH e os sistemas de baixo custo foram denominados Sistema MK e Sistema MB³, sendo o sistema MK o sistema utilizado para as gravações posteriores do presente estudo. A Figura 29 ilustra os esquemas de medição dos quatro sistemas binaurais comparados.

A instrumentação de referência utilizada consiste nos equipamentos detalhados na Tabela 5, além de cabos *ethernet/ethernet*, BNC/10-32 UNF, USB/USB-B, P10-P10, XLR-XLR, RCA-RCA, cabeça de manequim, laser, transferidor e tripé. Os *software* utilizados foram o Matlab 2021a, o BK Connect da Brüel & Kjær e o ITA *toolbox* (BERZBORN et al., 2017), sendo esse um programa livre desenvolvido pelo ITA-RWTH da *University of Aachen*, Alemanha.

³ Os resultados desse experimento foram utilizados no trabalho de conclusão de curso do aluno Marcelo Santos Brites, do Curso de Engenharia Acústica da Universidade Federal de Santa Maria.

Tabela 5 – Instrumentação utilizada para a validação do sistema biauricular.

Equipamento	Marca	Modelo	Número de Série
Sistema HBK			
Analizador de sinais	Brüel & Kjær	Pulse - 3160-A-042	3160-106975
Microfone biauricular	Brüel & Kjær	4101	X00810
Sistema SH			
Analizador de sinais	Brüel & Kjær	Pulse - 3160-A-042	3160-106975
Microfone biauricular	Sennheiser	4965	2883599
Sistema MK			
Gravador de áudio	Zoom	H4n Pro	CA1042434
Microfone biauricular	Roland	CS-10EM	X002WIMEDZ
Sistema MB			
Microfone biauricular	JLI Electronics Inc.	BO6034L-423	s/n
Interface de áudio	MSB	MSB-01	s/n
Equipamentos em geral			
Computador	Dell	Inspiron 4585	35893247906
Fonte sonora	Leacs	MA-100	127621
Interface de áudio	Focusrite	Scarlet 2i2	Y813XA013710E4
Microfone omnidirecional	dBX	RTA	754845
Calibrador sonoro	Brüel & Kjær	4231	3028815

Fonte: Elaborado pelo autor.



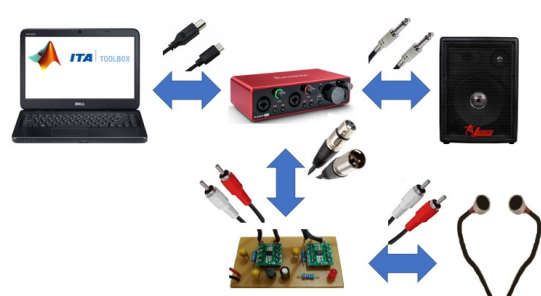
(a) Esquema de aquisição do Sistema HBK.



(b) Esquema de aquisição do Sistema SH.



(c) Esquema de aquisição do Sistema MK.



(d) Esquema de aquisição do Sistema MB.

Figura 29 – Esquemas de medição dos diferentes sistemas binaurais.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como local para realizar os testes comparativos, optou-se pela utilização de um estúdio de gravação musical, por ser um ambiente controlado acusticamente, com condicionamento acústico e ruído residual conhecidos. O estúdio de gravação musical utilizado possui uma área de piso de $10,6 \text{ m}^2$ e uma volumetria de $29,3 \text{ m}^3$. Conforme mostrado na Figura 30, o ambiente possui piso e porta de madeira, paredes em alvenaria complementadas por materiais fonoabsorventes e forro com material fonoabsorvente.



Figura 30 – Estúdio de gravação utilizado para as medições binaurais.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Cada sistema foi exposto à fonte sonora gerando um sinal de ruído rosa por 20 s. Os sistemas foram calibrados e aferidos por meio do calibrador sonoro. Mantendo a fonte sonora fixa, foi posicionado o manequim sobre um tripé a uma distância de 2,0 m e uma altura de 1,6 m, em que no manequim acoplou-se individualmente cada sistema (Figura 31), sendo avaliado o ruído rosa para os ângulos de 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° e 315° .

De forma complementar às gravações dos sistemas binaurais, para conhecimento das características acústicas do estúdio, foram mensurados os parâmetros de ruído residual em um ponto por 30 s e as respostas impulsivas em 3 pontos internos na sala utilizando um *sweep* exponencial como sinal de excitação. Para isso, foram utilizados o microfone omnidirecional RTA da marca dBX, o Matlab 2021a, o ITA *toolbox* e a fonte sonora. Após a realização de cada bateria de medição dos sistemas binaurais, os resultados foram pós-processados e comparados através do *software* Matlab 2021a. Os resultados são apresentados no Capítulo 4.



Figura 31 – Posição do manequim e da fonte sonora dentro do estúdio de gravação.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a gravação binauricular dos eventos culturais do bairro do Bixiga, foi utilizado o Sistema MK (Figura 29c), composto pelo microfone binauricular da marca Roland, modelo CS-10EM (n/s X002WIMEDZ), e pelo gravador da marca Zoom, modelo H4n (n/s CA1042434).



Figura 32 – Sistema utilizado nas gravações binaurais.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Durante os eventos culturais da Festa de Nossa Senhora Achiropita, Escadaria do Bixiga e escola de samba Vai-Vai, o sistema de medição foi calibrado antes e aferido após

a bateria de medições utilizando o calibrador sonoro integrante aos conjuntos descritos na Seção 3.1.1.

As medições seguiram as recomendações da ISO/TS 12913-2 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018), posicionando os microfones a uma distância de 1,7 m do solo e 1 m das superfícies refletoras. Foi utilizado um tempo de medição de 3 min, frequência de amostragem de 44100 Hz e profundidade de 24 bits. As gravações foram feitas no formato de extensão wav (*WAVEform audio format*).

Junto às gravações binaurais foram medidos os níveis de pressão sonora utilizando um dos conjuntos descritos na Seção 3.1.1.

Após as medições realizadas pelo sonômetro, os dados foram pós-processados nos *software* G4 LD Utility e no Matlab 2021a. Já os dados das gravações binaurais foram pós-processados no Matlab 2021a. Foi possível obter os parâmetros de nível de pressão sonora, a partir das medições do sonômetro, e calcular os parâmetros psicoacústicos *loudness* (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2017b), *roughness* (FASTL; ZWICKER, 2007), *sharpness* (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 2009) e *fluctuation strength* (FASTL; ZWICKER, 2007), de cada canal (esquerdo e direito), a partir das gravações binaurais.

Como as medições binaurais fornecem dois sinais representando as orelhas esquerda e direita de um ouvinte humano, qualquer parâmetro psicoacústico é calculado para ambas as orelhas separadamente. Para todas as métricas psicoacústicas consideradas, o valor mais alto de ambos os canais de uma gravação binauricular é usado como o único valor representativo que indica a experiência geral (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2019). A consideração de proporções entre diferentes valores percentuais dos resultados da análise psicoacústica pode ser usada para quantificar a variação de uma determinada métrica ao longo do tempo (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2019). Os detalhes de cada parâmetro e as referências utilizadas de cálculo podem ser visualizados na Tabela 6. Além dos valores globais e percentis dos parâmetros psicoacústicos, foi também avaliado o histórico temporal através dos seus valores específicos.

Tabela 6 – Parâmetros psicoacústicos, métricas e referências mensuradas.

Parâmetro	Métricas a serem determinadas para cada canal separadamente	Determinação de valor único representativo	Referência
Nível de pressão sonora	$L_{Aeq}, L_{Ceq}, L_{AF5}, L_{AF95}$		ISO 1996-1 ABNT NBR 10151
<i>Loudness</i>	$N_5, N_{média}, N_{rnc}, N_{95}, \frac{N_5}{N_{95}}$	Valor mais alto dos valores de métrica esquerda e direita	ISO 532-1
<i>Roughness</i>	R_{10}, R_{50}		Fastl, H., Zwicker, E.
<i>Sharpness</i>	$S_5, S_{média}, S_{95}$		DIN 45692
<i>Fluctuation Strength</i>	F_{10}, F_{50}		Fastl, H., Zwicker, E.

Fonte: Elaborado pelo autor baseado na ISO/TS 12913-3 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2019).

3.2 Avaliação qualitativa

Para avaliar um ambiente sonoro de forma completa, além da avaliação quantitativa, é necessária a realização de uma avaliação qualitativa. Com o intuito de haver uma maior compreensão da aplicação de questionários, foram utilizados os métodos A e B da ISO/TS 12913-2 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018). É importante ressaltar aqui que a presente pesquisa, para ambos os questionários, está incluída no projeto “Conforto Ambiental e Vivência Urbana do Pedestre: Conforto Acústico”, com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa na Plataforma Brasil (CAAE: 48163221.3.0000.5390).

O questionário desenvolvido com base no método B foi direcionado à aplicação na caminhada sonora (*soundwalk*) no bairro do Bixiga. Essa caminhada sonora foi realizada com 7 especialistas de acústica e 3 convidados na etapa do plano piloto. Já o questionário desenvolvido com base no método A foi direcionado à aplicação nos eventos culturais do bairro com os frequentadores destes espaços.

A estruturação de ambos os questionários teve como objetivos traçar o perfil dos participantes e determinar os efeitos da paisagem sonora na percepção dos mesmos. A Tabela 7 apresenta a estruturação do questionário com base no método B, aplicado no plano piloto, em que foi avaliado o perfil dos participantes, a avaliação do ambiente sonoro, a avaliação global do *soundwalk*, o reconhecimento e classificação das fontes sonoras e comentários em geral.

Tabela 7 – Questionário aplicado no *soundwalk* do plano piloto com base no método B da ISO/TS 12913-2.

Seção	Pergunta	Forma de agrupamento
1 Reconhecimento do participante	Faixa etária	Descritiva
	Gênero	Masculino, Feminino, Prefere não declarar
	Escolaridade	Sem instrução; Primário Fundamental incompleto; Primário Fundamental completo; Tecnólogo incompleto; Tecnólogo completo; Secundário Ensino médio incompleto; Secundário Ensino médio completo; Superior incompleto; Superior completo; Mestrado; Doutorado/PhD
	Profissão	Descritiva
	Tipo de deficiência	Não, Sim (deficiência auditiva), Sim (outra deficiência)
	Dificuldade auditiva	Não, Sim
	Perda auditiva	Não, Sim
	Expertise na área	Leigo, Especialista, Outro
	Morador do bairro	Residente, Trabalhador/estudante, Visitante
2 Avaliação do ambiente sonoro	Quão alto é o som do local?	Escala: 0 a 100
	Quão desagradável é o som do local?	
	Quão apropriado é o som do local?	
	Frequência em visitar o local novamente?	
3 Avaliação global	Som preferido na caminhada	Descritiva
	Som que menos gostou na caminhada	
	Melhorias nos sons que ouviu	
	Sons que ouviu corresponderam às expectativas?	
4 Reconhecimento e classificação da fonte sonora	Fontes sonoras percebidas	Descritiva: em ordem decrescente, começando com a fonte sonora mais perceptível
5 Comentários subsequentes	O que se passa em sua mente?	Descritiva

Fonte: Elaborado pelo autor baseado na ISO/TS 12913-2.

A Tabela 8 apresenta a estruturação do questionário com base no método A, aplicado aos frequentadores dos eventos do bairro do Bixiga, em que foram considerados o perfil dos participantes, a identificação das fontes sonoras no momento da realização dos eventos, a qualidade afetiva percebida, a avaliação do ambiente sonoro e comentários em geral.

Tabela 8 – Questionário aplicado nos eventos do bairro do Bixiga com base no método A da ISO/TS 12913-2.

Seção	Pergunta	Forma de agrupamento	
1 Reconhecimento do participante	Faixa etária	Descritiva	
	Gênero	Masculino, Feminino, Prefere não declarar	
	Escolaridade	Sem instrução, Primário fundamental incompleto, Primário fundamental completo, Tecnólogo incompleto, Tecnólogo completo, Secundário ensino médio incompleto, Secundário ensino médio completo, Superior incompleto, Superior completo, Mestrado, Doutorado/PhD	
		Profissão	Descritiva
		Tipo de deficiência	Não, Sim (deficiência auditiva), Sim (outra deficiência)
		Dificuldade auditiva	Não, Sim
	Perda auditiva	Não, Sim	
	Expertise na área	Leigo, Especialista, Outro	
	Morador do bairro	Residente, Trabalhador/estudante, Visitante	
	2 Identificação da fonte sonora	Até que ponto você escuta atualmente ruído de trânsito?	Escalar: 0 a 100
Até que ponto você escuta atualmente sons de atividades humanas?		Escalar: 0 a 100	
Até que ponto você escuta atualmente sons naturais?		Escalar: 0 a 100	
Até que ponto você escuta atualmente outros sons?		Escalar: 0 a 100	
3 Qualidade afetiva percebida	Até que ponto você concorda que o atual ambiente acústico circundante agradável?	Escalar: 0 a 100	
	Até que ponto você concorda que o atual ambiente acústico circundante caótico?	Escalar: 0 a 100	
	Até que ponto você concorda que o atual ambiente acústico circundante vibrante?	Escalar: 0 a 100	
	Até que ponto você concorda que o atual ambiente acústico circundante estático?	Escalar: 0 a 100	
	Até que ponto você concorda que o atual ambiente acústico circundante calmo?	Escalar: 0 a 100	
	Até que ponto você concorda que o atual ambiente acústico circundante irritante?	Escalar: 0 a 100	
	Até que ponto você concorda que o atual ambiente acústico circundante movimentado?	Escalar: 0 a 100	
	Até que ponto você concorda que o atual ambiente acústico circundante monótono?	Escalar: 0 a 100	
4 Avaliação do ambiente sonoro	No geral, até que ponto você considera positivo o atual ambiente sonoro circundante?	Escalar: 0 a 100	
	De modo geral, até que ponto o atual ambiente sonoro circundante é adequado ao lugar atual?	Escalar: 0 a 100	
	De modo geral, até que ponto o atual ambiente sonoro circundante é adequado ao evento atual que está ocorrendo?	Escalar: 0 a 100	
	Com que frequência você gostaria de visitar esse lugar novamente?	Escalar: 0 a 100	
	Caso queira expor melhor alguma situação específica respondida no questionário	Descritiva	

Fonte: Elaborado pelo autor baseado na ISO/TS 12913-2.

O estudo do plano piloto teve como objetivo determinar as formas de aplicação do questionário, para isso não foi aplicada uma amostragem populacional. Da mesma forma, para os eventos da Escadaria do Bixiga e da escola de samba Vai-Vai, optou-se por utilizar as recomendações da ISO/TS 12913-2 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018) que orienta realizar o estudo com 20 participantes.

Já a festa de Nossa Senhora Achiropita é um evento que atrai cerca de 200 mil pessoas (ACHIROPITA, 2015), assim, foi determinada uma população de amostragem n conforme mostrado na Equação 11 (TRIOLA, 2017).

$$n = \frac{Npqz^2}{pqz^2 + (N - 1)e^2} , \quad (11)$$

onde:

- N é o tamanho da população ($N = 200.000$);
- p é a proporção populacional de indivíduos que pertencem à categoria ($p = 0,05$);
- q é a proporção populacional de indivíduos que não pertencem à categoria ($q = 1 - p$);
- z é o grau de confiança desejado ($z = 1,96$ para um grau de confiança de 95%);
- e é a margem de erro (10%).

Define-se como p a probabilidade de obter uma estatística de teste igual ou mais extrema que a estatística observada, a partir de uma amostra de uma população, considerando que a hipótese nula seja verdadeira. Em outras palavras, p representa o limite superior para a probabilidade de erroneamente rejeitar a hipótese nula quando esta é verdadeira. O nível de significância é uma medida do erro do tipo I e costuma ser expresso como valores comuns de 5% e 10% (SCHLOTZHAUER, 2007).

Desta forma, foi determinada a necessidade mínima de 96 respostas, porém como houve a oportunidade da aplicação de mais questionários, foi possível diminuir o erro para 7,6% com a formalização de 173 respostas.

A ISO/TS 12913-2 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018) traz como forma de agrupamento das respostas escalas de categoria ordinal de cinco pontos, variando entre “Discordo totalmente”, “Discordo”, “Não concordo e não discordo”, “Concordo” e “Concordo totalmente”. Contudo, a utilização de escalas ordinais em avaliações qualitativas traz limitações na avaliação estatística das respostas, sendo possível somente a utilização da moda. Na presente pesquisa, para uma maior análise das respostas qualitativas, foi preferido eleger como forma de agrupamento uma escala linear variando de 0 a 100.

Desta forma, para a avaliação qualitativa foi possível analisar a mediana e o desvio padrão (DP) das respostas, além de medidas de dispersão por meio de *boxplots* (diagramas de caixas).

Foram também obtidas as representações bidimensionais de paisagem sonora com base nas respostas de qualidade afetiva percebida das paisagens sonoras avaliadas.

3.3 Análise estatística e relação entre os resultados

Conforme apresentada nas Seções 3.1 e 3.2, é possível obter os resultados quantitativos e qualitativos relativos às paisagens sonoras do bairro do Bixiga. Com esses resultados é possível realizar uma análise aprofundada numa tentativa de relacionar os parâmetros obtidos. É importante realizar testes estatísticos inferenciais para verificar a significância das diferenças nas avaliações entre diferentes locais e/ou correlações, e reportar os respectivos valores de probabilidade.

Para relacionar os resultados, é necessário que os tamanhos das amostras sejam iguais. Assim foi realizada uma reamostragem para que o tamanho amostral dos resultados quantitativos fosse do mesmo tamanho amostral dos resultados qualitativos (AKIMA, 1973). A partir disso foram realizadas análises da mediana e desvio padrão com o intuito de verificar se houve divergências entre os valores globais das amostras originais e das amostras reamostradas.

O próximo passo foi realizar testes de normalidade para determinar se as amostras seguem uma distribuição normal. Para isso foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) para amostras menores de 30 elementos e o teste de D'Agostino-Pearson (D'AGOSTINO, 1970) para amostras maiores de 100 elementos (MIOT, 2017).

Com os testes de normalidade realizados foi possível determinar os testes de correspondência mais adequados para cada situação. Os dados foram analisados por testes estatísticos paramétricos e não-paramétricos bicaudais com nível de significância de 0,05. Em situações em que as amostras eram paramétricas, foram utilizados os testes de correlação de Pearson, o t-teste e o t-teste pareado (TRIOLA, 2017). Em situações em que houve amostras não-paramétricas, foram utilizados os testes de Spearman (LAY; REIS, 2005), o teste de Mann-Whitney (MA; MAK; WONG, 2021) e o teste de Wilcoxon (HAST et al., 2015).

O coeficiente de correlação de Spearman é utilizado principalmente para analisar a dependência estatística entre variáveis categóricas ordinais (também conhecidas como não-métricas ou qualitativas). Por outro lado, o coeficiente de correlação de Pearson

realiza a mesma análise, mas para variáveis métricas ou quantitativas. Ambos os testes produzem resultados que variam entre -1 e 1, onde valores mais próximos de -1 indicam uma correlação negativa e valores mais próximos de 1 indicam uma correlação positiva.

Os testes de classificação de Wilcoxon e Mann-Whitney são testes de hipótese estatística não paramétricas utilizados para comparar duas amostras relacionadas, amostras combinadas ou medições repetidas em uma única amostra para avaliar se suas médias populacionais diferem. Já o teste t e o teste t pareado visam a mesma análise, porém para amostras paramétricas. Os resultados são apresentados no Capítulo 4.

4 Resultados

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados da pesquisa desenvolvida a partir da aplicação da metodologia exposta no Capítulo 3. Serão apresentadas nas seções subsequentes: validação do sistema biauricular, o desenvolvimento do plano piloto com os resultados das medições de nível de pressão sonora, gravações binaurais e entrevistas com especialistas, além da posterior análise e relação dos resultados. Também será apresentado o desenvolvimento dos eventos culturais da Festa de Nossa Senhora Achiropita, Escadaria do Bixiga e escola de samba Vai-Vai, com os resultados das medições de nível de pressão sonora, gravações binaurais e entrevistas com frequentadores, além da posterior análise e relação dos resultados.

4.1 Validação do sistema biauricular

Inicialmente foram mensurados os parâmetros de resposta impulsiva (RI) da sala onde os ensaios de validação foram realizados e o ruído residual. A partir da RI é possível calcular diversos parâmetros de acústica de salas. Para este estudo, teve-se o interesse no conhecimento do tempo de reverberação (T_{20} e T_{30}). Na Figura 33a é destacada o tempo de reverberação do estúdio de gravação em função da frequência, cujo valor global foi 0,37 s para T_{20} e T_{30} . Já a Figura 33b mostra o ruído residual do estúdio de gravação em função da frequência com valor global de 24,7 dB.

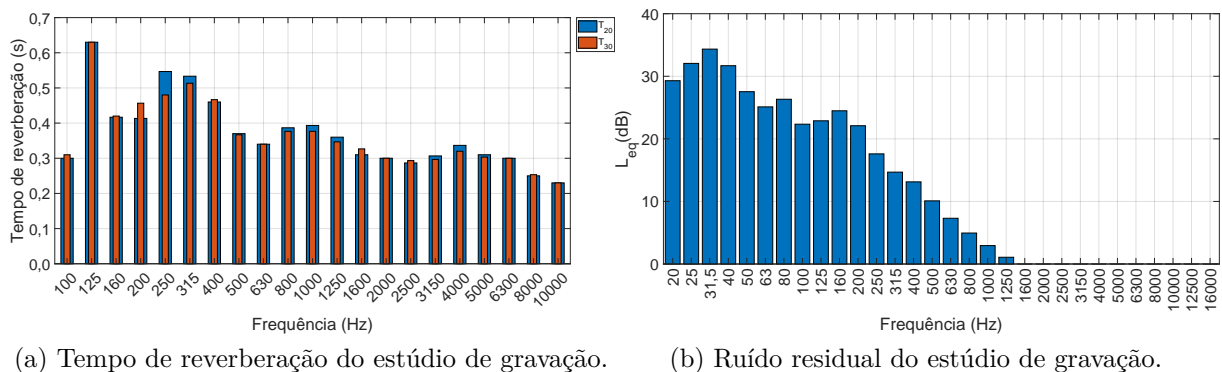


Figura 33 – Tempo de reverberação e ruído residual do estúdio de gravação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com as medições realizadas, foram testadas diversas configurações de fatores de correção para os sistemas de baixo custo, sendo que para o sistema MK utilizou-se um

fator de correção de 3,0 e para o sistema MB utilizou-se um fator de correção de 1,5, sendo os valores com maior aproximação dos sistemas de alta precisão (HBK e SH). Nas seções subsequentes, pode-se observar os resultados utilizando esses fatores de correção para cada ângulo de medição.

4.1.1 Medições dos sistemas binaurais para 0°

A Figura 34 mostra o gráfico em barras do L_{eq} em função da frequência para o canal esquerdo (Figura 34a) e para o canal direito (Figura 34b) e a Figura 34c e Figura 34d mostram o *boxplot* (diagrama de caixas) dos respectivos canais esquerdo e direito para o ângulo de 0° . Em relação aos valores globais, o L_{eq} do canal esquerdo do sistema HBK é 66,6 dB, do sistema SH é 66,3 dB, do sistema MK é 65,3 dB e do sistema MB é igual a 65,7 dB. Já para os valores globais do canal direito, o L_{eq} do canal direito do sistema HBK é igual a 66,5 dB, do sistema SH é 65,8 dB, do sistema MK é 65,7 dB e do sistema MB é 62,0 dB. Já a média aritmética dos valores globais de L_{eq} dos 4 sistemas para o canal esquerdo foi 66,0 dB (DP = 0,6 dB) e para o canal direito foi 65,0 dB (DP = 2,1 dB).

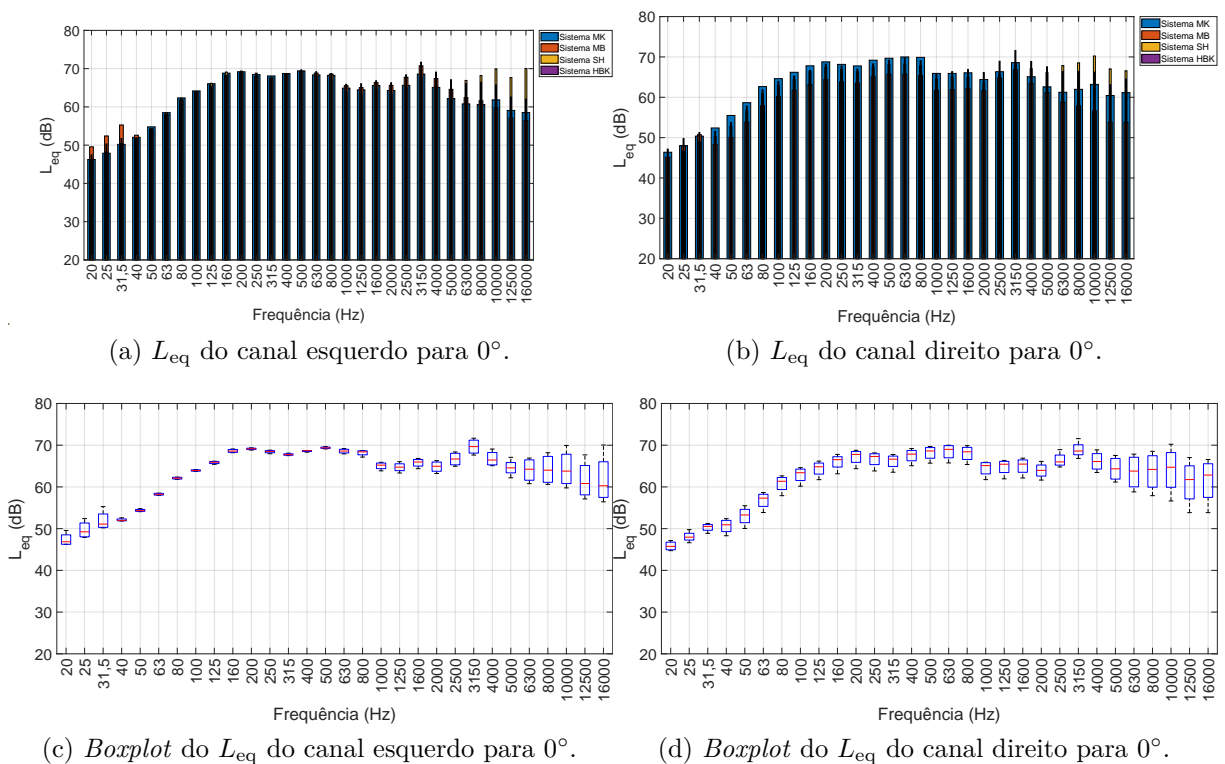


Figura 34 – L_{eq} e *boxplot* do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 0° .

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2 Medições dos sistemas binaurais para 45°

A Figura 35 mostra o gráfico em barras do L_{eq} em função da frequência para o canal esquerdo (Figura 35a) e para o canal direito (Figura 35b) e a Figura 35c e Figura 35d mostram o *boxplot* (diagrama de caixas) dos respectivos canais esquerdo e direito para o ângulo de 45°. Em relação aos valores globais, o L_{eq} do canal esquerdo do sistema HBK é 67,3 dB, do sistema SH é 67,4 dB, do sistema MK é 67,0 dB e do sistema MB é igual a 67,9 dB. Já para os valores globais do canal direito, o L_{eq} do sistema HBK é igual a 67,2 dB, do sistema SH é 67,1 dB, do sistema MK é 64,8 dB e do sistema MB é 61,2 dB. Já a média aritmética dos valores globais dos 4 sistemas para o canal esquerdo foi 67,4 dB (DP = 0,4 dB) e para o canal direito foi 65,1 dB (DP = 2,8 dB).

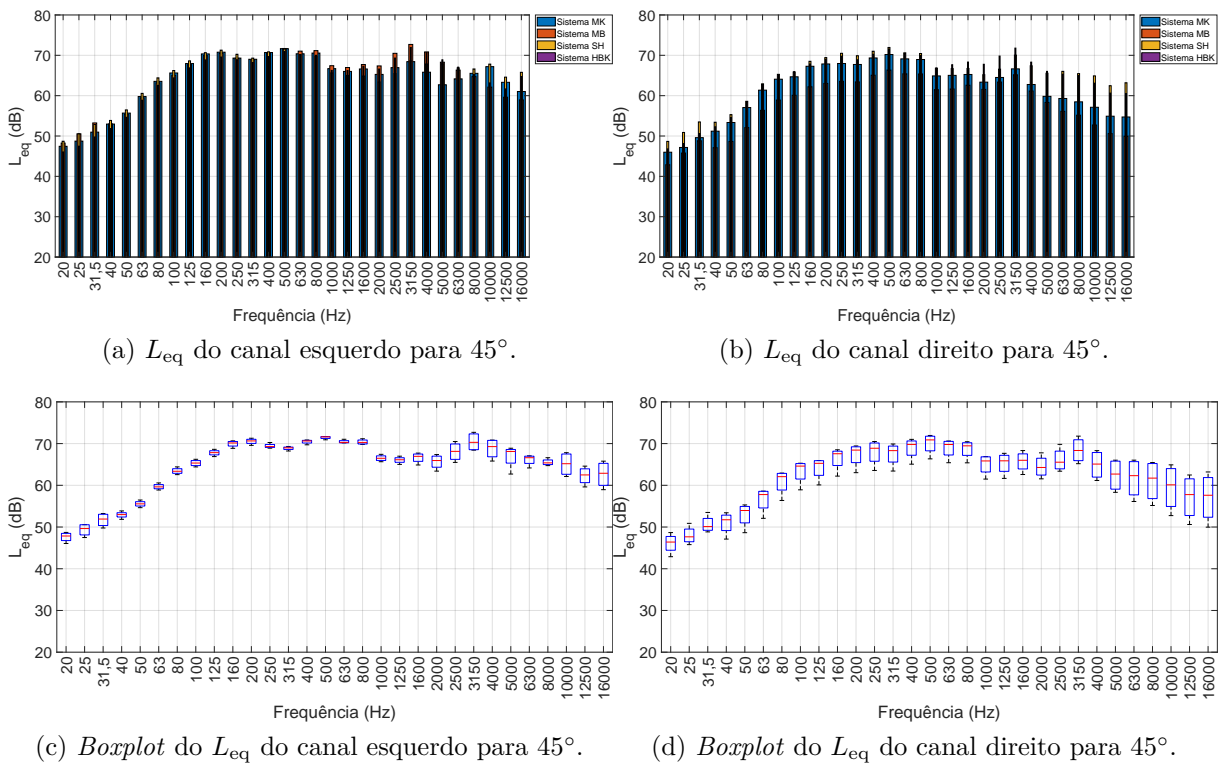


Figura 35 – L_{eq} e *boxplot* do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 45°.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.3 Medições dos sistemas binaurais para 90°

A Figura 36 mostra o gráfico em barras do L_{eq} em função da frequência para o canal esquerdo (Figura 36a) e para o canal direito (Figura 36b) e a Figura 36c e Figura 36d mostram o *boxplot* (diagrama de caixas) dos respectivos canais esquerdo e direito para o

ângulo de 90° . Em relação aos valores globais, o L_{eq} do canal esquerdo do sistema HBK é 67,0 dB, do sistema SH é 67,1 dB, do sistema MK é 66,1 dB e do sistema MB é igual a 67,5 dB. Já para os valores globais do canal direito, o L_{eq} do canal direito do sistema HBK é igual a 66,8 dB, do sistema SH é 67,5 dB, do sistema MK é 64,5 dB e do sistema MB é 61,7 dB. Já a média aritmética dos valores globais dos 4 sistemas para o canal esquerdo foi 66,9 dB (DP = 0,6 dB) e para o canal direito foi 65,1 dB (DP = 2,6 dB).

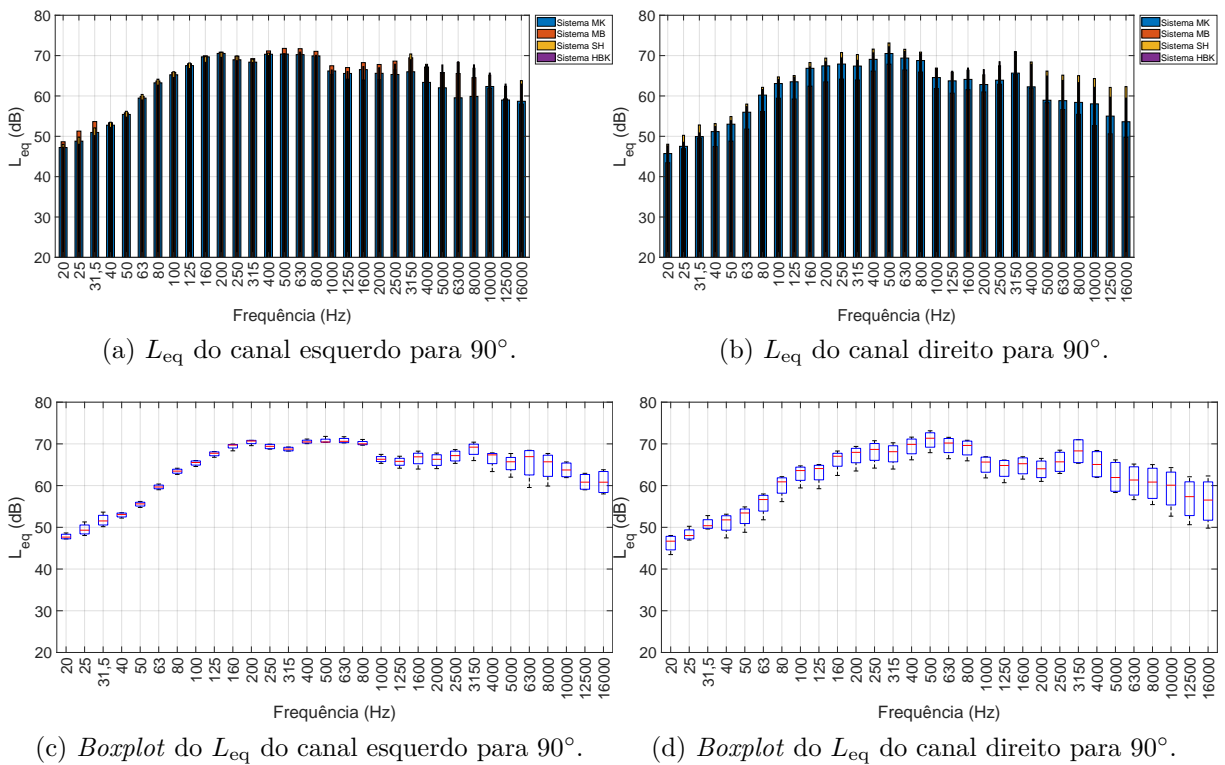


Figura 36 – L_{eq} e *boxplot* do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 90° .

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.4 Medições dos sistemas binaurais para 135°

A Figura 37 mostra o gráfico em barras do L_{eq} em função da frequência para o canal esquerdo (Figura 37a) e para o canal direito (Figura 37b) e a Figura 37c e Figura 37d mostram o *boxplot* (diagrama de caixas) dos respectivos canais esquerdo e direito para o ângulo de 135° . Em relação aos valores globais, o L_{eq} do canal esquerdo do sistema HBK é 67,3 dB, do sistema SH é 66,7 dB, do sistema MK é 64,5 dB e do sistema MB é igual a 65,8 dB. Já para os valores globais do canal direito, o L_{eq} do canal direito do sistema HBK é igual a 67,1 dB, do sistema SH é 66,8 dB, do sistema MK é 63,5 dB e do sistema MB é

60,6 dB. Já a média aritmética dos valores globais dos 4 sistemas para o canal esquerdo foi 66,1 dB (DP = 1,2 dB) e para o canal direito foi 64,5 dB (DP = 3,1 dB).

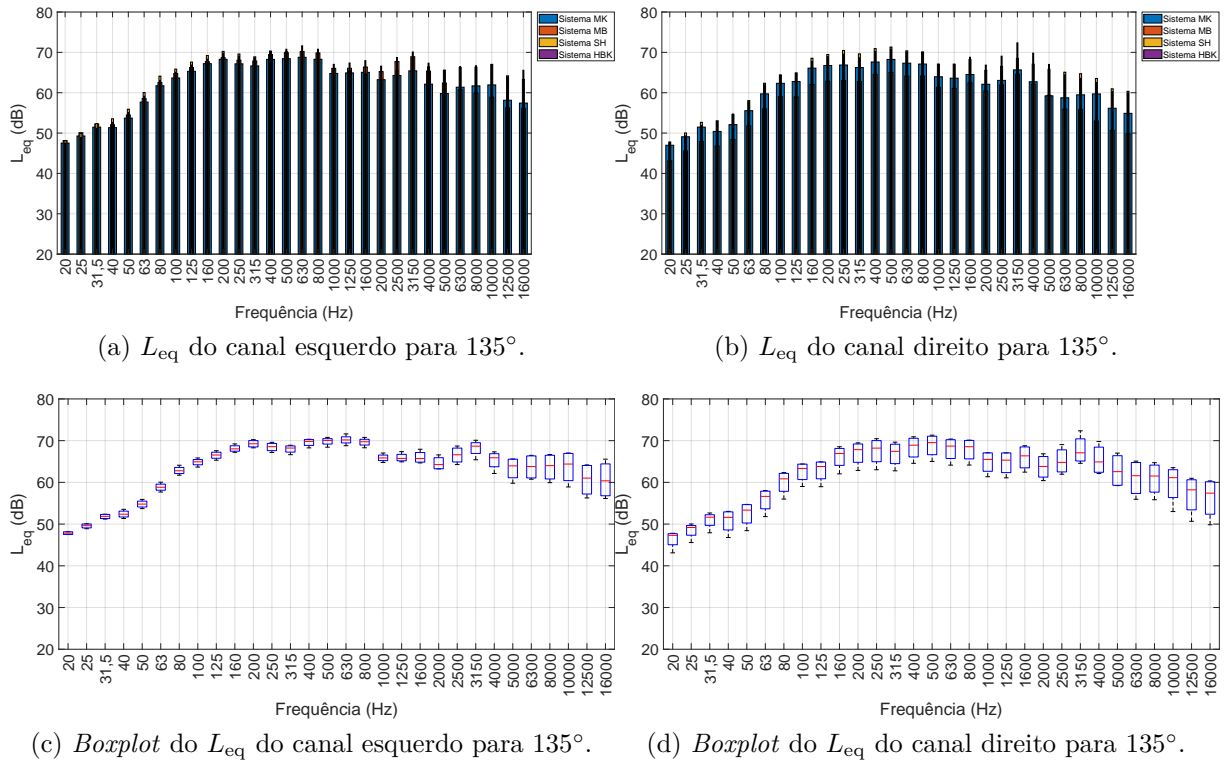


Figura 37 – L_{eq} e *boxplot* do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 135° .

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.5 Medições dos sistemas binaurais para 180°

A Figura 38 mostra o gráfico em barras do L_{eq} em função da frequência para o canal esquerdo (Figura 38a) e para o canal direito (Figura 38b) e a Figura 38c e Figura 38d mostram o *boxplot* (diagrama de caixas) dos respectivos canais esquerdo e direito para o ângulo de 180° . Em relação aos valores globais, o L_{eq} do canal esquerdo do sistema HBK é 67,4 dB, do sistema SH é 66,9 dB, do sistema MK é 65,2 dB e do sistema MB é igual a 65,1 dB. Já para os valores globais do canal direito, o L_{eq} do canal direito do sistema HBK é igual a 67,0 dB, do sistema SH é 66,2 dB, do sistema MK é 64,9 dB e do sistema MB é 60,6 dB. Já a média aritmética dos valores globais dos 4 sistemas para o canal esquerdo foi 66,2 dB (DP = 1,2 dB) e para o canal direito foi 64,7 dB (DP = 2,9 dB).

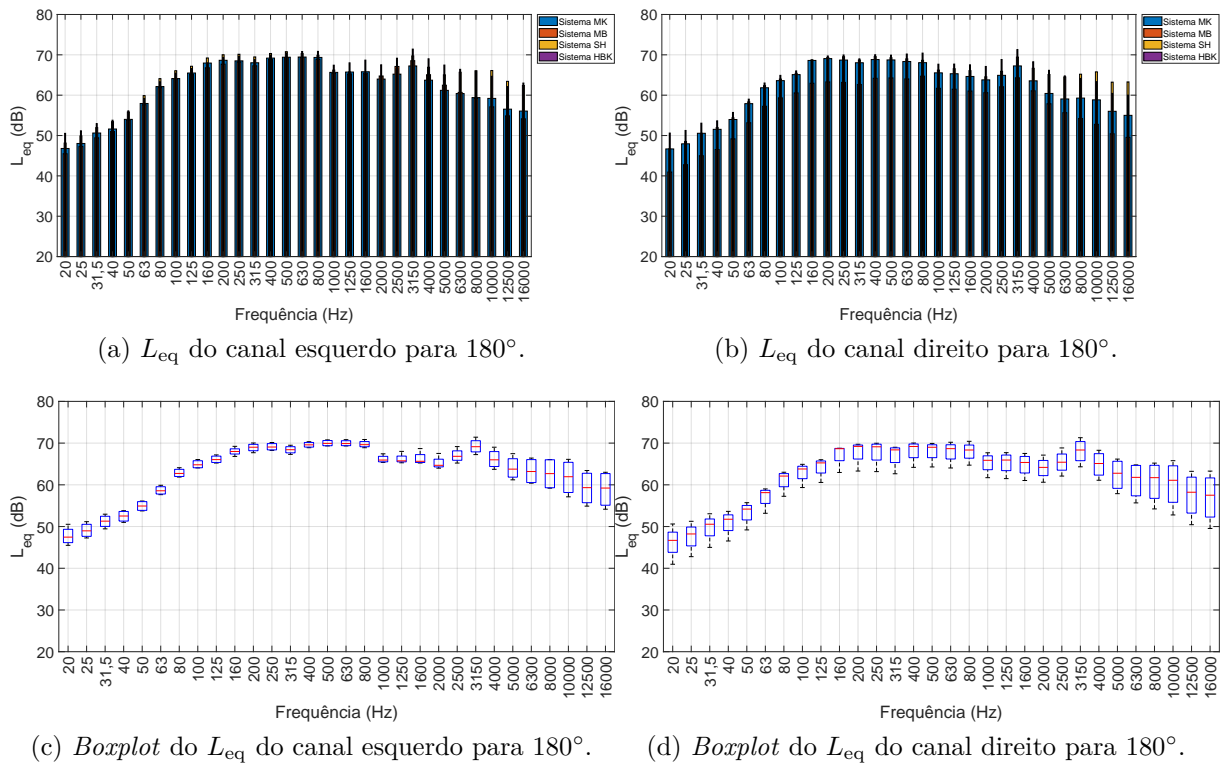


Figura 38 – L_{eq} e *boxplot* do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 180° .

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.6 Medições dos sistemas binaurais para 225°

A Figura 39 mostra o gráfico em barras do L_{eq} em função da frequência para o canal esquerdo (Figura 39a) e para o canal direito (Figura 39b) e a Figura 39c e Figura 39d mostram o *boxplot* (diagrama de caixas) dos respectivos canais esquerdo e direito para o ângulo de 225° . Em relação aos valores globais, o L_{eq} do canal esquerdo do sistema HBK é $67,3$ dB, do sistema SH é $66,3$ dB, do sistema MK é $64,5$ dB e do sistema MB é igual a $64,8$ dB. Já para os valores globais do canal direito, o L_{eq} do canal direito do sistema HBK é igual a $66,7$ dB, do sistema SH é $66,7$ dB, do sistema MK é $65,6$ dB e do sistema MB é $62,3$ dB. Já a média aritmética dos valores globais dos 4 sistemas para o canal esquerdo foi $65,7$ dB (DP = $1,3$ dB) e para o canal direito foi $65,3$ dB (DP = $2,1$ dB).

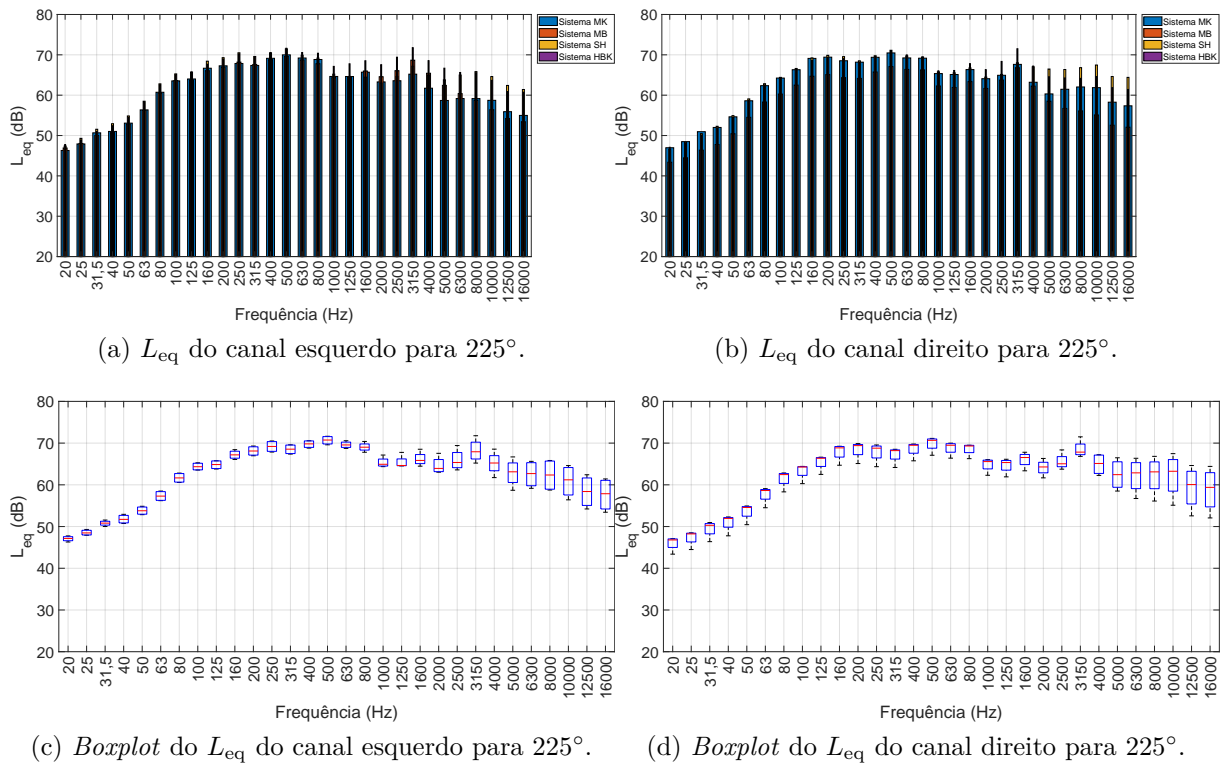


Figura 39 – L_{eq} e *boxplot* do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 225° .

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.7 Medições dos sistemas binaurais para 270°

A Figura 40 mostra o gráfico em barras do L_{eq} em função da frequência para o canal esquerdo (Figura 40a) e para o canal direito (Figura 40b) e a Figura 40c e Figura 40d mostram o *boxplot* (diagrama de caixas) dos respectivos canais esquerdo e direito para o ângulo de 270° . Em relação aos valores globais, o L_{eq} do canal esquerdo do sistema HBK é 66,8 dB, do sistema SH é 66,2 dB, do sistema MK é 65,2 dB e do sistema MB é igual a 64,7 dB. Já para os valores globais do canal direito, o L_{eq} do canal direito do sistema HBK é igual a 67,0 dB, do sistema SH é 66,5 dB, do sistema MK é 66,9 dB e do sistema MB é 62,5 dB. Já a média aritmética dos valores globais dos 4 sistemas para o canal esquerdo foi 65,7 dB (DP = 0,9 dB) e para o canal direito foi 65,7 dB (DP = 2,2 dB).

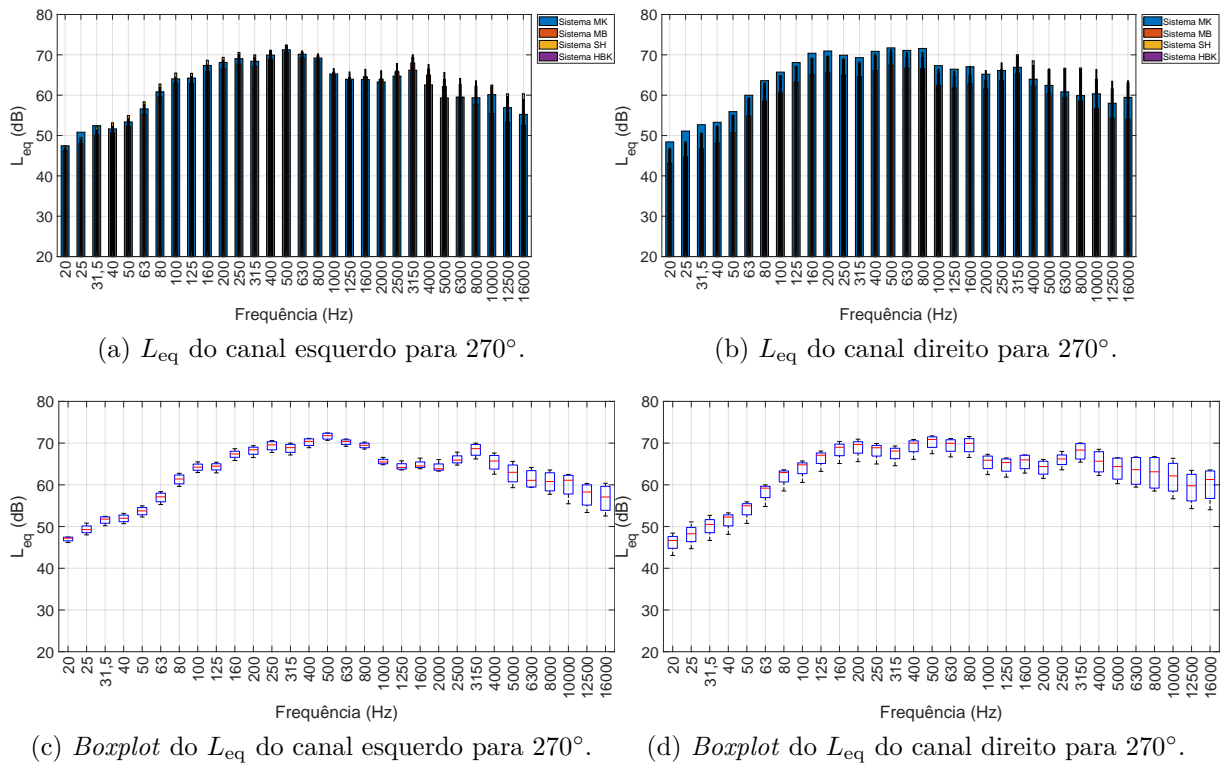


Figura 40 – L_{eq} e *boxplot* do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 270° .

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.8 Medições dos sistemas binaurais para 315°

A Figura 41 mostra o gráfico em barras do L_{eq} em função da frequência para o canal esquerdo (Figura 41a) e para o canal direito (Figura 41b) e a Figura 41c e Figura 41d mostram o *boxplot* (diagrama de caixas) dos respectivos canais esquerdo e direito para o ângulo de 315° . Em relação aos valores globais, o L_{eq} do canal esquerdo do sistema HBK é 67,1 dB, do sistema SH é 67,2 dB, do sistema MK é 64,4 dB e do sistema MB é igual a 64,1 dB. Já para os valores globais do canal direito, o L_{eq} do canal direito do sistema HBK é igual a 66, dB, do sistema SH é 66,6 dB, do sistema MK é 67,0 dB e do sistema MB é 62,9 dB. Já a média aritmética dos valores globais dos 4 sistemas para o canal esquerdo foi 65,7 dB (DP = 1,7 dB) e para o canal direito foi 65,6 dB (DP = 1,9 dB).

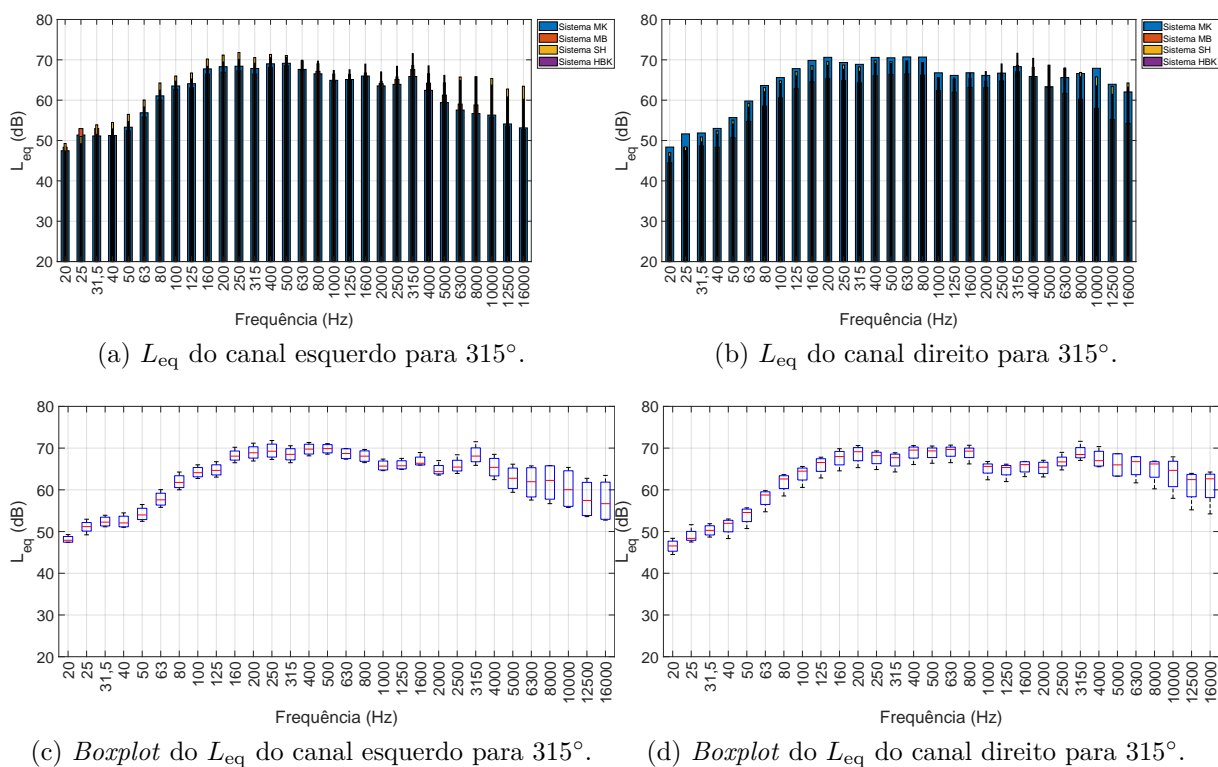


Figura 41 – L_{eq} e *boxplot* do L_{eq} dos canais esquerdo e direito para 315°.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.9 Análise dos resultados de validação do sistema biauricular

Os resultados anteriormente apresentados permitiram analisar que, para todos os ângulos medidos, o desvio padrão não foi superior a 3 dB e que não foram encontrados *outliers* médios ou externos para as diferentes bandas de frequência de terço de oitava. É possível, portanto, garantir uma proximidade dos valores medidos dos sistemas de baixo custo com os sistemas de alta precisão.

4.2 Plano Piloto

Nas seções seguintes serão apresentados os resultados do mapa de ruído e do *soundwalk* para o desenvolvimento do plano piloto.

4.2.1 Mapa de ruído do plano piloto

Para o desenvolvimento do mapa de ruído do plano piloto do bairro do Bixiga, foi selecionada a região central de interesse do bairro entre os limites de Rua Rui Barbosa, Avenida Brigadeiro Luis Antônio, Rua dos Ingleses e Rua Conselheiro Carrão. Na Figura 42 é possível analisar os pontos de medição determinados e a limitação do local de estudo.

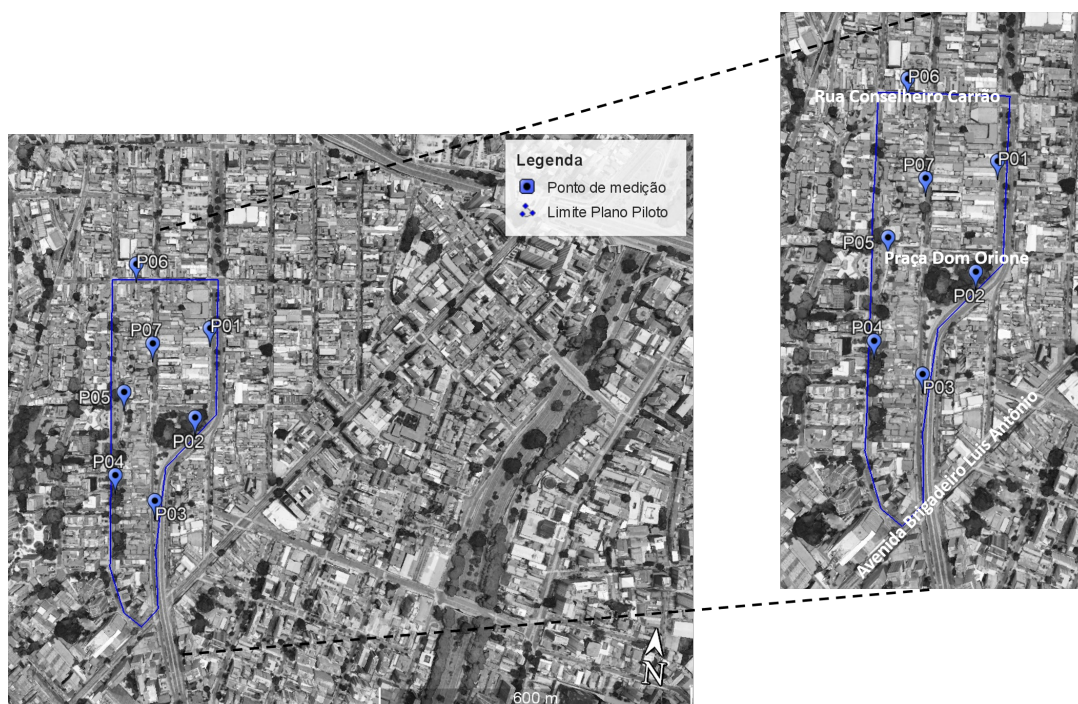


Figura 42 – Pontos de medição do plano piloto.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram determinados 7 pontos de medição de nível de pressão sonora que caracterizassem o local de estudo. Para isso, foram utilizados os equipamentos do conjunto Larson Davis (ver Capítulo 3). As medições ocorreram no dia 15/12/2021, quarta-feira, entre as 08:00 e 11:00. Foram seguidas as recomendações da ABNT NBR 10.151 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019), mantendo distância mínima de 2 m de superfícies refletoras e entre 1,2 m a 1,5 m do solo, tempo de integração de 1 s, tempo de medição de 10 min e análise espectral em terços de oitava.

Em relação aos pontos de medição, é possível observar na Tabela 9 os valores globais do nível de pressão sonora com ponderação A (L_{Aeq}), os níveis estatísticos (L_{10} e L_{90}) e a contagem de veículos leves e pesados durante os 10 minutos de medição. No Apêndice A.1 estão detalhadas as informações das medições realizadas, como valores de nível de pressão

sonora, localização geográfica, condições ambientais, contagem de veículos e informações temporais dos registros.

Tabela 9 – Resultados dos valores globais, estatísticos e contagem de veículos das medições do plano piloto.

Ponto	Localização	L_{Aeq} (dB)	L_{10} (dB)	L_{90} (dB)	$L_{10}-L_{90}$ (dB)	Contagem de veículos	
						Leves	Pesados
01	R. Rui Barbosa, 344	70,5	74,1	59,0	15,1	219	7
02	Praça Dom Orione, s/n	71,8	73,4	58,2	15,2	226	8
03	R. Treze de Maio, 962	68,8	72,2	57,3	14,9	97	5
04	R. dos Ingleses, 449	62,3	66,2	52,8	13,4	28	2
05	R. dos Ingleses, 197	54,6	57,3	49,9	7,4	24	0
06	R. Conselheiro Carrão, 458	65,4	69,0	57,2	11,8	77	2
07	R. Treze de Maio, 668	64,7	68,9	53,9	15,0	40	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível notar que em todos os pontos a quantidade de veículos leves é superior a de veículos pesados. Os Pontos 01 e 02 possuem os maiores valores de L_{Aeq} por serem vias com maior fluxo de veículos e por serem vias de saída da Radial Leste-Oeste, uma das mais movimentadas da cidade. Os Pontos 04, 05 e 06 são pontos internos ao bairro com vias de menor fluxo de veículos e conseqüentemente menores valores de L_{Aeq} .

Em relação aos níveis estatísticos, a diferença aritmética do $L_{10}-L_{90}$ indica a variabilidade do ruído durante o período de medição (BISTAFA, 2018). Quanto mais afastado estiver o L_{10} do L_{90} , maior será o incômodo causado pelo ruído, devido a variações bruscas de nível sonoro. Com exceção do Ponto 05, as diferenças $L_{10}-L_{90}$ foram superiores a 9 dB, ou seja, verificam-se variações bruscas de nível sonoro.

Os mapas de ruído, apesar de não analisarem qualitativamente o ambiente sonoro, são ferramentas que auxiliam na compreensão dos resultados quantitativos, além da possibilidade de planejar soluções para situações específicas (CORTES, 2018).

Para a simulação do mapa de ruído, utilizou-se o *software* Cadna A em que o método de desenvolvimento se encontra descrito na Seção 3.1.1. De forma complementar, para validação da calibração, em cada ponto de medição realizada foi inserido um receptor, que indica, mediante valores globais, os resultados do nível sonoro que o atinge nesse ponto. Na Tabela 10 é possível analisar os valores de nível de pressão sonora global mensurado em cada ponto, os valores simulados e a diferença aritmética entre os dois. Verifica-se que todos os valores obtiveram variações de no máximo ± 2 dB, ou seja, em uma faixa aceitável para validação dos mapas de ruído.

Tabela 10 – Comparação das medições realizadas com os valores de simulação nos receptores do plano piloto.

Ponto	L_{Aeq} - Medição (dB)	L_{Aeq} - Simulação (dB)	Diferença (dB)
01	70,5	69,8	-0,8
02	71,8	71,1	-0,7
03	68,8	68,4	-0,4
04	62,3	61,8	-0,5
05	54,6	53,9	-0,7
06	65,4	64,9	-0,5
07	64,7	64,4	-0,3

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 43 apresenta o mapa de ruído tendo como centro a Praça Dom Orione. Utilizando-se da referência de cores dos níveis sonoros, nota-se que as vias de maior fluxo de veículos, bem como a Rua Rui Barbosa e a Rua Treze de Maio, são as ruas de maiores níveis sonoros.

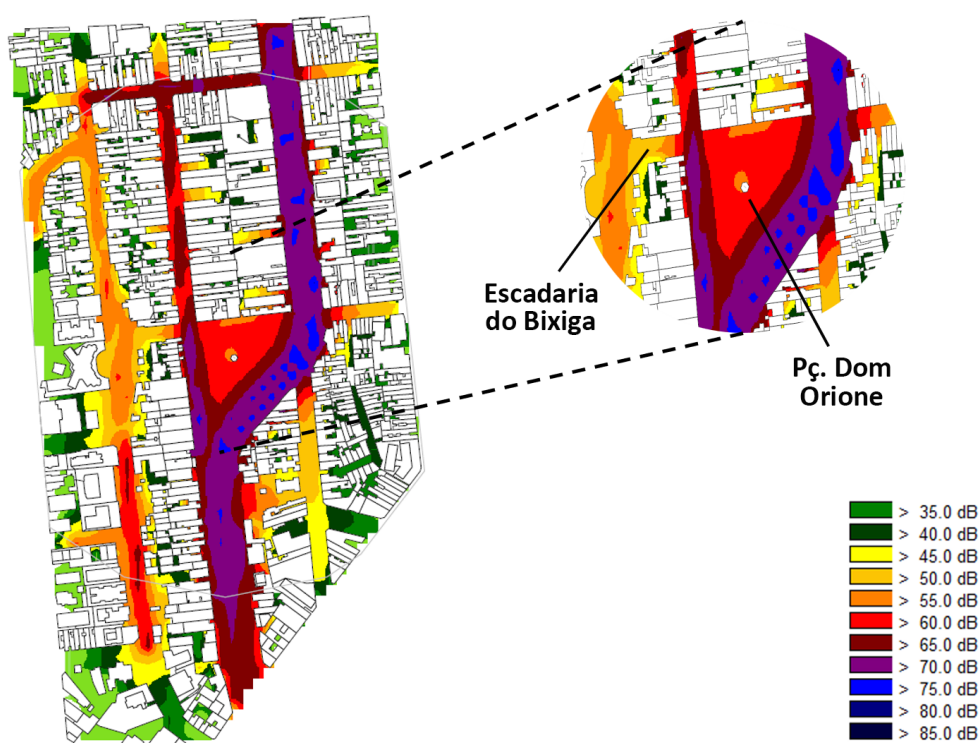


Figura 43 – Mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas fronteiras esquerda e direita do mapa de ruído evidencia-se uma diminuição dos níveis por não haver a influência de vias adjacentes, pois não houve a realização de medições para esse estudo inicial, sendo esses pontos mensurados no mapa de ruído total do bairro (ver Seção 4.3).

Além disso, é possível observar, em destaque, os níveis sonoros elevados na Praça Dom Orione, sendo esses valores condizentes com as percepções dos entrevistados do *soundwalk* nessa etapa do trabalho, conforme descrito na Seção 4.2.2. De forma complementar, se evidencia que a extensão da Rua Rui Barbosa acompanha a Praça Dom Orione, ou seja, os níveis sonoros da Rua Rui Barbosa influenciam ao longo da extensão da Praça Dom Orione, tornando a praça um ambiente com valores de $L_{Aeq} \geq 55$ dB.

Também é possível observar os níveis sonoros da Rua Rui Barbosa e da Rua Treze de Maio atenuados pela distância e pela diferença de nível do solo na Escadaria do Bixiga, sendo esse ponto condizente com as análises de paisagem sonora destacadas pelos entrevistados no *soundwalk* dessa etapa do trabalho, conforme apresentado na Seção 4.2.2.

4.2.2 *Soundwalk*

Visando a compreensão inicial da metodologia de medição, de questionários e análise de resultados da ISO 12913 (ver capítulo 3), foi realizado o estudo de um plano piloto na região central do bairro do Bixiga. Por meio de caminhada sonora (*soundwalk*), buscou-se a caracterização tanto quantitativa como qualitativa da paisagem sonora do local. Para a análise quantitativa foram realizadas medições de nível de pressão sonora, das condições ambientais do local e gravações binaurais. Já para a análise qualitativa foi realizada a aplicação de questionário com especialistas na área de acústica e convidados.

O *soundwalk* foi realizado no dia 12/08/2022 (sexta-feira) entre 15:00 e 16:00. Para o caminho de análise foram percorridos 930 m com 3 pontos de parada pré-definidos de 10 min cada, sendo eles: a Praça Dom Orione (Ponto 01), a Igreja Nossa Senhora Achiropita (Ponto 02) e a Escadaria do Bixiga (Ponto 03), conforme mostrado na Figura 44.

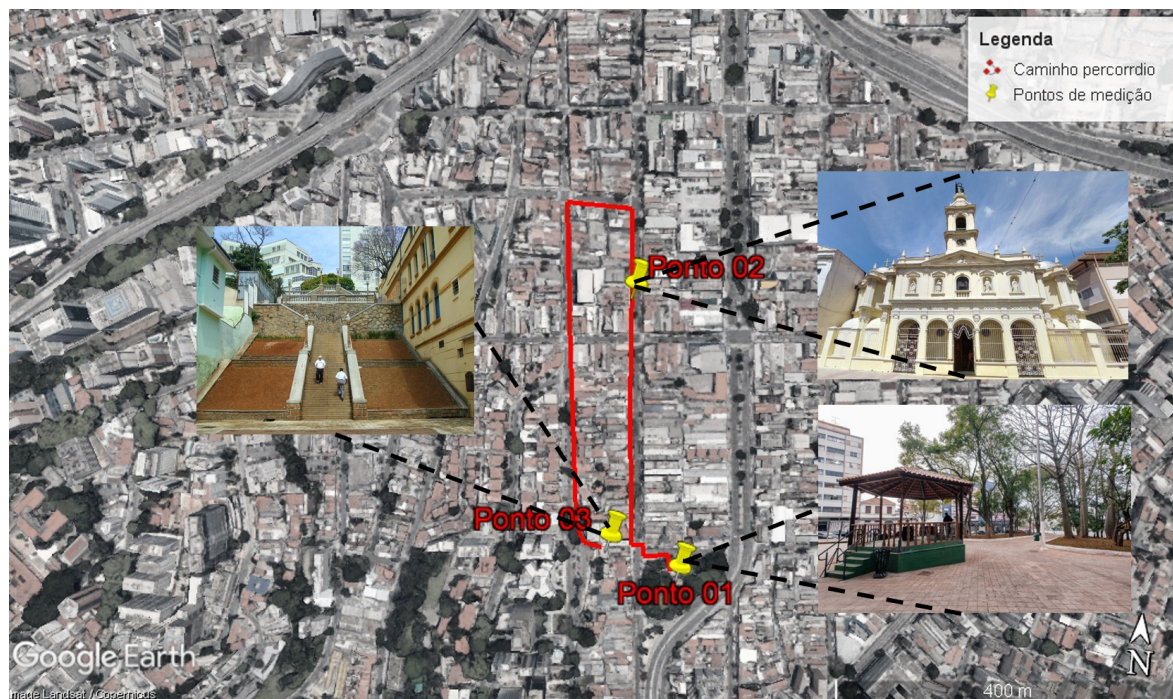


Figura 44 – *Soundwalk* destacando os pontos de análise e o caminho percorrido (linha vermelha).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o *soundwalk*, foram utilizados os equipamentos do conjunto Larson Davis. Foram seguidas as recomendações da ABNT NBR 10.151 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019), mantendo distância mínima de 2 m de superfícies refletoras e entre 1,2 m a 1,5 m do solo, tempo de integração de 1 s, tempo de medição de 5 min e análise espectral em terços de oitava.

As gravações binaurais foram realizadas com o sistema MK, em cada um dos 3 pontos. O sistema de medição foi calibrado antes e aferido após a bateria de medições. Foram seguidas as recomendações da ISO/TS 12913-2, mantendo uma distância de 1,7 m do solo, 1 m de superfícies refletoras e tempo de medição de 3 min.

A partir das medições de níveis de pressão sonora e das gravações binaurais, os dados foram pós-processados e foi possível obter os parâmetros de nível de pressão sonora, a partir das medições do sonômetro, e calcular os parâmetros psicoacústicos *loudness*, *roughness*, *sharpness* e *fluctuation strength*, de cada canal (esquerdo e direito), por meio das gravações binaurais. Os detalhes de cada parâmetro podem ser visualizados na Tabela 6.

A estruturação do questionário apresentada na Tabela 7 7 do item 3.2 seguiu as orientações do Método B da ISO/TS 12913-2 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018).

Reconhecimento dos participantes

Especialistas e convidados participaram do *soundwalk* e todos autorizaram o uso dos dados para a pesquisa. Quanto às variáveis pessoais, a faixa etária se configurou de maneira que a média foi 32,0 anos com um desvio padrão (DP) de 4,9 anos. Quanto ao gênero, 37,5% são do masculino e 62,5% são feminino. Já para a escolaridade, 50,0% possuem o superior completo, 37,5% possuem mestrado e 12,5% possuem doutorado. Referente a possuir algum tipo de deficiência, 100,0% dos participantes responderam que não possuem deficiência. Quanto à dificuldade em ouvir, 87,0% responderam que não possuem dificuldade e 12,5% responderam que possuem, porém, ao responderem se já foram diagnosticados com perda auditiva, 100,0% dos participantes responderam negativamente. Ao serem questionados referente ao conhecimento na área de pesquisa deste trabalho, 75,0% responderam que são especialistas e 25,0% responderam que são leigos. Sobre se são moradores do bairro, 87,5 % não são moradores e 12,5% responderam que são moradores.

Avaliação do ambiente sonoro

O *soundwalk* iniciou com algumas orientações gerais aos participantes, provindas da ISO/TS 12913-2, tendo como exemplo, conduzir a caminhada em silêncio para se atentar aos sons circundantes e identificar os tipos de fontes sonoras. A caminhada sonora iniciou-se na Praça Dom Orione (Ponto 01), passando pela Igreja Nossa Senhora Achiropita (Ponto 02) e finalizando na Escadaria do Bixiga (Ponto 03), Figura 44. No momento em que os participantes respondiam ao questionário, foram realizadas as medições de níveis de pressão sonora, parâmetros ambientais e as gravações binaurais da paisagem sonora. As gravações binaurais (.wav) podem ser ouvidas em sua versão bruta clicando [aqui](#), para isso é recomendada a utilização de fones de ouvido.

Ponto 01 – Praça Dom Orione - A Tabela 11 apresenta os resultados globais obtidos para o ponto 01. Para os parâmetros *loudness*, *roughness*, *sharpness* e *fluctuation strength*, são apresentados os resultados dos canais esquerdo e direito, respectivamente. Observando os valores globais das métricas, de forma complementar, os parâmetros variantes no tempo e seus valores específicos (Apêndice A.2), é possível notar não haver valores elevados na paisagem sonora para os parâmetros psicoacústicos. No parâmetro de *fluctuation strength*

(Figura 95g) se nota que no canal esquerdo há um destaque na flutuação específica para a frequência $f=12,5$ Bark (≈ 2 kHz). Esse valor é referente à passagem de uma motocicleta no momento da medição, porém não chega a elevar os valores globais.

Tabela 11 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 01 do *soundwalk* do plano piloto.

Parâmetro	Métricas a serem determinadas para cada canal separadamente									
Nível de pressão sonora	L_{Aeq} (dB)		L_{Ceq} (dB)		L_{AF5} (dB)		L_{AF95} (dB)			
	67,7		74,8		70,4		60,2			
<i>Loudness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	N_5 (Sones)		$N_{média}$ (Sones)		N_{rmc} (Sones)		N_{95} (Sones)		$\frac{N_5}{N_{95}}$	
	10,3	10,7	9,3	9,8	7,7	8,0	5,3	5,4	1,9	1,9
<i>Roughness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	R_{10} (Asper)				R_{50} (Asper)					
	0,1127		0,0825		0,0746		0,0563			
<i>Sharpness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	S_5 (Acum)		$S_{média}$ (Acum)		S_{95} (Acum)					
	1,48	1,47	1,26	1,30	1,07		1,09			
<i>Fluctuation strength</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	F_{10} (Vacils)				F_{50} (Vacils)					
	0,0379		0,0405		0,0248		0,0236			

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os participantes foram questionados sobre o “quão alto”, “quão desagradável”, “quão apropriado era o som do local” e com que frequência gostariam de retornar. A Figura 45 mostra um diagrama de caixas das respostas obtidas, onde se verifica que não houve a presença de *outliers* externos, nem moderados. Sobre quão alto era o som do local, a mediana de respostas foi 72,5 com um DP de 12,0. Para o quão degradável era o som do local, a mediana foi 48,5 com um DP de 21,6. Já para o quão apropriado era o som do local, a mediana foi 68,0 com um DP de 21,6. Em relação à frequência com que os participantes gostariam de retornar ao local, a mediana foi de 47,5 com um DP de 28,7.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente. As análises obtidas pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk demonstram que as respostas de todos parâmetros, com exceção de *loudness* e “quão alto era o som” possuem distribuição normal. Como esperado, a correlação de Spearman indicou haver uma relação inversa entre o “quão alto era o som do local” e a frequência de retorno ao local ($\rho = -0,96$ e valor- $p = 0,001$). Também se encontrou uma relação direta entre o “quão alto era o som do local” e os valores de *loudness* do local ($\rho = 0,83$ e valor- $p = 0,015$) e uma relação inversa entre a frequência de retorno ao local e os valores de *loudness* do local ($\rho = -0,74$ e valor- $p = 0,042$). De forma complementar a correlação de Pearson indicou haver uma relação direta entre o “quão apropriado era o som do local” e o nível de pressão sonora ($\rho = 0,718$ e valor- $p = 0,045$).

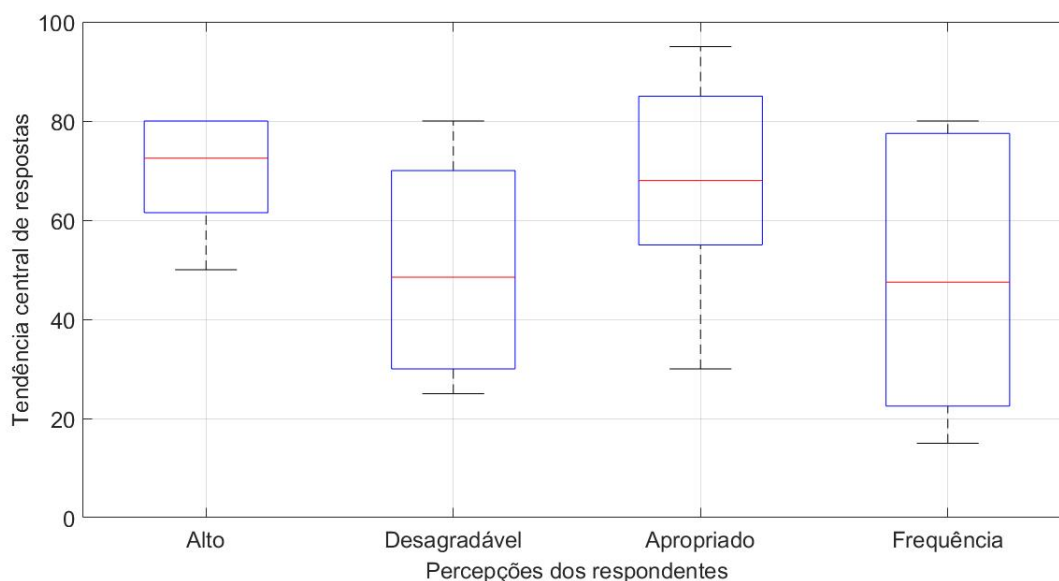


Figura 45 – Diagrama de caixas das respostas para diferentes sensações para o Ponto 01 do *soundwalk* do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 02 – Igreja Nossa Senhora Achiropita - A Tabela 12 apresenta os resultados globais obtidos para o ponto 02. Para os parâmetros *loudness*, *roughness*, *sharpness* e *fluctuation strength*, são apresentados os resultados dos canais esquerdo e direito, respectivamente. Observando os valores globais das métricas e, de forma complementar, os parâmetros variantes no tempo, bem como seus valores específicos, é possível notar não haver valores elevados na paisagem sonora para os parâmetros psicoacústicos.

Tabela 12 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 02 do *soundwalk* do plano piloto.

Parâmetro	Métricas a serem determinadas para cada canal separadamente								
Nível de pressão sonora	L_{Aeq} (dB)		L_{Ceq} (dB)		L_{AF5} (dB)		L_{AF95} (dB)		
	63,6		71,9		68,6		55,0		
<i>Loudness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	N_5 (Sones)		$N_{média}$ (Sones)		N_{rmc} (Sones)		N_{95} (Sones)		$\frac{N_5}{N_{95}}$
	10,1	10,8	7,9	8,7	7,0	8,7	3,7	3,4	2,7 3,1
<i>Roughness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	R_{10} (Asper)				R_{50} (Asper)				
	0,0659		0,0640		0,0440		0,0428		
<i>Sharpness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	S_5 (Acum)		$S_{média}$ (Acum)		S_{95} (Acum)				
	1,62	1,61	1,37	1,45	1,11 1,07				
<i>Fluctuation strength</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	F_{10} (Vacils)				F_{50} (Vacils)				
	0,0385		0,0413		0,0215		0,0178		

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 46 mostra o diagrama de caixas das respostas obtidas para diferentes sensações. Assim como no ponto 01, não houve a presença de *outliers* externos, nem moderados. Sobre quão alto era o som do local, a mediana de respostas foi 46,5 com um DP de 13,4. Para o quão desagradável era o som do local, a mediana foi 72,5 com um DP

de 25,6. Já para o quão apropriado era o som do local, a mediana foi 82,5 com um desvio padrão de 18,7. Em relação à frequência com que os participantes gostariam de retornar ao local, a mediana foi de 70,0 com um DP de 9,6.

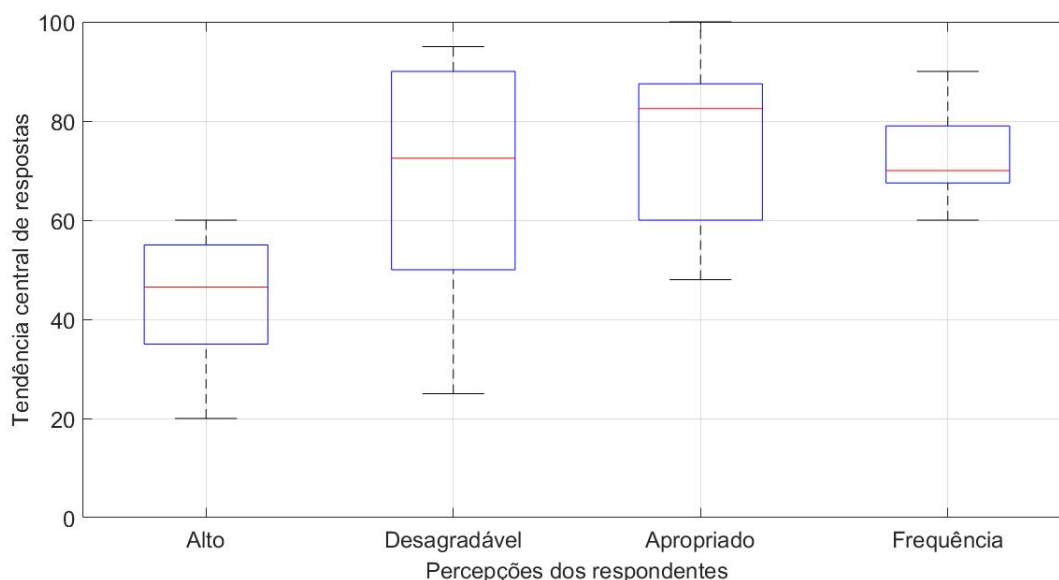


Figura 46 – Diagrama de caixas das respostas para diferentes sensações para o Ponto 02 do *soundwalk* do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As análises obtidas pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk demonstram que as respostas de todos os parâmetros possuem distribuição normal. Como esperado, a correlação de Pearson indicou haver uma relação entre o quão desagradável era o som do local e o *loudness* do local ($\rho = -0,75$ e valor- $p = 0,031$). Também se encontrou uma relação direta entre o nível de pressão sonora do local e os valores de *roughness* do local ($\rho = 0,79$ e valor- $p = 0,002$).

Ponto 03 – Escadaria do Bixiga - A Tabela 13 apresenta os resultados globais obtidos para o ponto 02. Para os parâmetros *loudness*, *roughness*, *sharpness* e *fluctuation strength*, são apresentados os resultados dos canais esquerdo e direito, respectivamente. Observando os valores globais das métricas e, de forma complementar, os parâmetros variantes no tempo, bem como seus valores específicos, é possível notar não haver valores elevados na paisagem sonora para os parâmetros psicoacústicos.

Tabela 13 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 03 do *soundwalk* do plano piloto.

Parâmetro	Métricas a serem determinadas para cada canal separadamente									
	Nível de pressão sonora	L_{Aeq} (dB)		L_{Ceq} (dB)		L_{AF5} (dB)		L_{AF95} (dB)		
	55,9		67,2		57,8		52,9			
<i>Loudness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	N_5 (Sones)		$N_{média}$ (Sones)		N_{rmc} (Sones)		N_{95} (Sones)		$\frac{N_5}{N_{95}}$	
	5,0	4,8	4,4	4,2	4,0	3,9	3,1	3,0	1,6	
<i>Roughness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	R_{10} (Asper)					R_{50} (Asper)				
	0,0570		0,0791			0,0387		0,0554		
<i>Sharpness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	S_5 (Acum)			$S_{média}$ (Acum)			S_{95} (Acum)			
	1,59	1,48	1,23	1,15	0,88		0,87			
<i>Fluctuation strength</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	F_{10} (Vacils)					F_{50} (Vacils)				
	0,0449		0,0394			0,0180		0,0178		

Fonte: Elaborado pelo autor.

O diagrama de caixas das respostas obtidas sobre o quão alto, quão desagradável, quão apropriado era o som do local e com que frequência gostariam de retornar a esse local é apresentado na Figura 47. É possível observar que para as respostas não houve a presença de *outliers* externos, nem moderados. Sobre quão alto era o som do local, a mediana de respostas foi 30,0 com um desvio padrão de 9,8. Para o quão desagradável era o som do local, a mediana foi 85,0 com um desvio padrão de 15,1. Já para o quão apropriado era o som do local, a mediana foi 86,5 com um desvio padrão de 16,1. Em relação à frequência com que os participantes gostariam de retornar ao local, a mediana foi de 80,0 com um desvio padrão de 29,2.

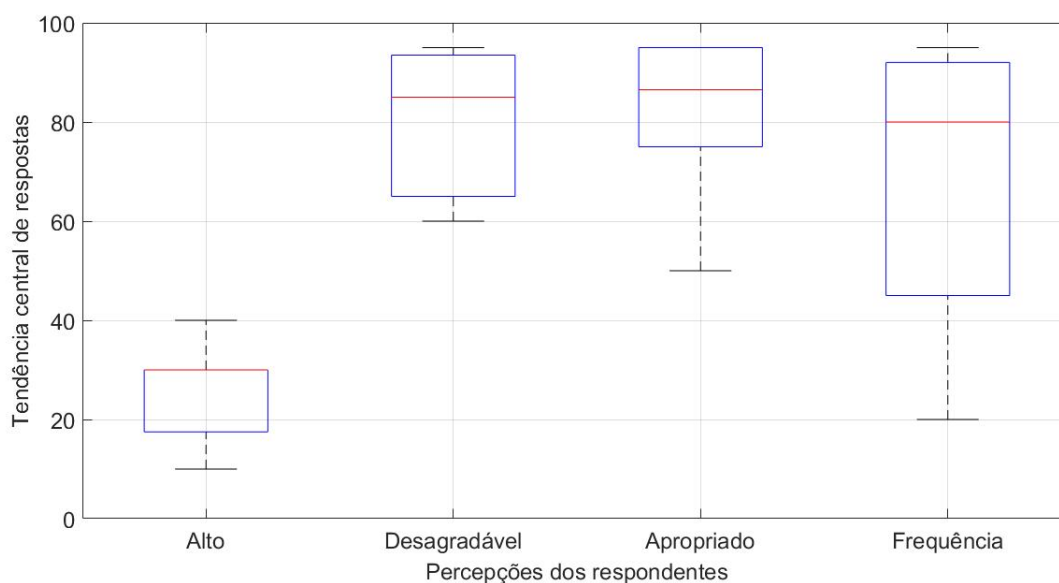


Figura 47 – Diagrama de caixas das respostas para diferentes sensações para o Ponto 03 do *soundwalk* do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As análises obtidas pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk demonstram que as respostas dos parâmetros “quão alto”, “quão desagradável”, frequência de retorno, *loudness* e *fluctuation strength* possuem distribuição normal. A correlação de Spearman indicou haver uma relação entre o quão apropriado era o som do local e o *sharpness* do local ($\rho = 0,74$ e valor- $p = 0,046$). Também se encontrou uma relação direta entre os valores de *loudness* e de *fluctuation strength* do local ($\rho = 0,76$ e valor- $p = 0,037$). Já o teste de Pearson indicou haver uma relação entre o quão alto era o som do local e o nível de pressão sonora do local ($\rho = 0,75$ e valor- $p = 0,037$).

Relação entre os pontos de medição e os resultados obtidos - É possível observar na Figura 48 as respostas da análise qualitativa juntamente com os resultados dos parâmetros de nível de pressão sonora e *loudness*. Em relação ao quão alto eram os sons dos locais, a mediana dos respondentes do Ponto 03 foi menor em relação aos demais pontos, sendo também esse ponto considerado o mais apropriado para a paisagem sonora apresentada e com maior frequência de retorno. Sobre as medições de níveis de pressão sonora, também no Ponto 03, houve o menor valor mensurado de L_{Aeq} com uma diferença de 11,8 dB em relação ao Ponto 01 e 7,7 dB em relação ao Ponto 02 e para o $N_{média}$ uma diferença de 5,0 Sones em relação ao Ponto 01 e uma diferença de 4,3 Sones em relação ao Ponto 02.

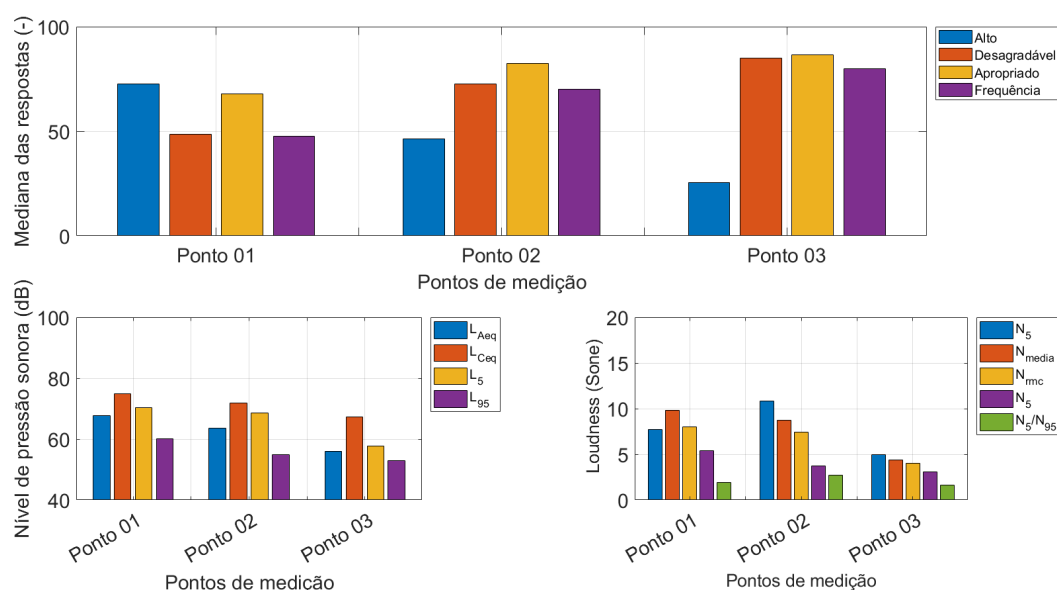


Figura 48 – Mediana das respostas qualitativas com os valores quantitativos mensurados para os pontos de medição.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando questionado aos participantes sobre “Quão desagradável é o som do local?”, as respostas mostraram o Ponto 03 sendo o mais desagradável. Porém, com o detalhamento das respostas descritivas, é enfatizado o Ponto 03 sendo o local mais agradável, o que indica que pode ter havido uma inversão no entendimento da pergunta. Desta forma, para esse estudo, interpreta-se que o Ponto 03 seria o local mais agradável e o Ponto 01 o menos agradável. Sobre as perguntas descritivas, as principais fontes sonoras apontadas pelos respondentes foram transporte motorizado, atividades humanas (pessoas conversando e crianças brincando), sons de animais (pássaros) e sons eletromecânicos. Os sons preferidos dos respondentes foram de atividades humanas (crianças brincando) no Ponto 01, de animais e de atividades humanas (pessoas conversando, que mostrava a cultura boemia do local) no Ponto 03. Os sons que os respondentes apontaram como os que menos gostaram foram sons de transportes motorizados no Ponto 01 e no Ponto 02, que estão ligados com as variações encontradas no parâmetro de *fluctuation strength* devido às motocicletas nos Pontos 01 e 02. As melhorias propostas pelos respondentes foram em relação aos sons de automóveis, principalmente no Ponto 01, pois se trata de uma praça onde foi apontado que os sons de automóveis interferem na agradabilidade do local. Foi sugerido adicionar barreiras entre a praça e a via circundante para diminuição do nível de pressão sonora e uma melhor comunicação. Em relação às expectativas da área, os respondentes afirmaram que o local se encontrava dentro das expectativas, pois se tratava de um local de habitação e comércio, porém esperavam não haver tanta influência da via circundante no Ponto 01, por se tratar de uma praça.

4.3 Mapa de ruído do Bixiga

Semelhante ao mapa de ruído do plano piloto, para o desenvolvimento do mapa de ruído do bairro do Bixiga, foi selecionada a região entre os limites da Rua Major Diogo, Avenida Brigadeiro Luis Antônio, Rua Silvia e Avenida Nove de Julho. Na Figura 49 é possível analisar os pontos de medição determinados e a limitação do local de estudo.

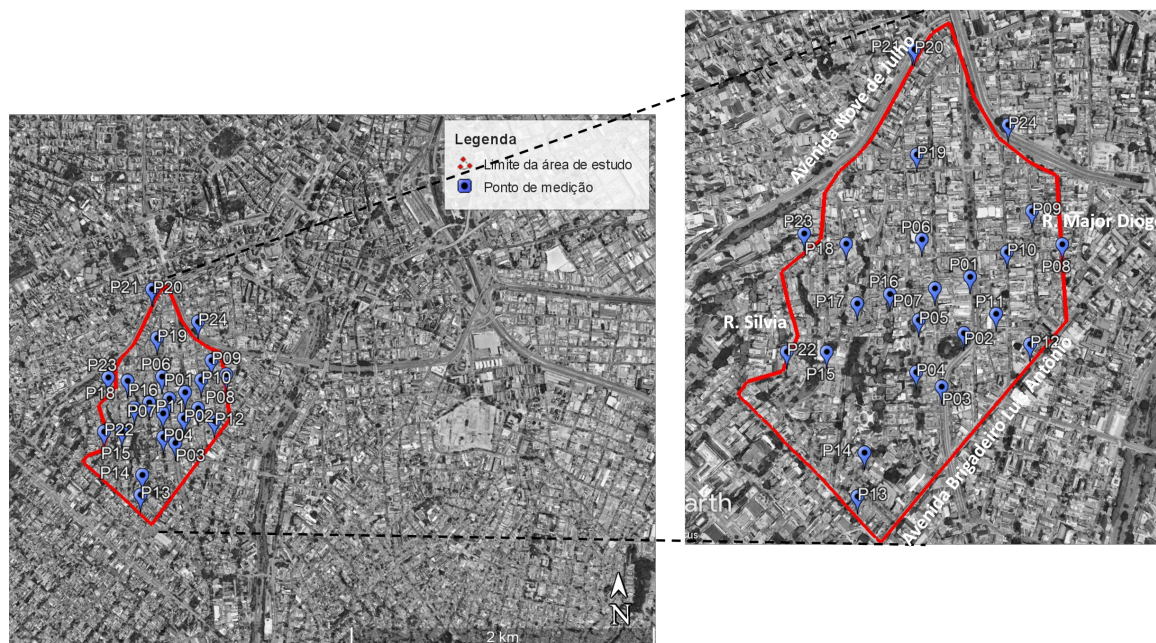


Figura 49 – Pontos de medição do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram determinados 24 pontos de medição de nível de pressão sonora que caracterizassem o local de estudo. Para isso, foram utilizados os equipamentos do conjunto HBK (ver Capítulo 3). As medições ocorreram nos dias 09/02/2023, 15/02/2023 e 16/02/2023, entre 08:00 e 12:00. Em relação aos pontos de medição, é possível observar na Tabela 14 os valores globais do L_{Aeq} , os níveis estatísticos e a contagem de veículos leves e pesados. No Apêndice B estão detalhadas as informações das medições realizadas, como valores de nível de pressão sonora, localização geográfica, condições ambientais, contagem de veículos e informações temporais dos registros.

Tabela 14 – Resultados dos valores globais, estatísticos e contagem de veículos das medições do bairro do Bixiga.

Ponto	Localização	L_{Aeq} (dB)	L_{10} (dB)	L_{90} (dB)	Contagem de veículos	
					Leves	Pesados
01	R. Rui Barbosa, 436	69,6	72,6	58,9	267	5
02	Praça Dom Orione, s/n	70,6	73,5	57,4	221	4
03	R. Treze de Maio, 918	67,6	70,5	62,6	71	5
04	R. dos Ingleses, 454	61,9	64,7	50,4	47	0
05	R. dos Ingleses, 209	53,3	56,5	48,7	40	1
06	R. Conselheiro Carrão, 468	66,5	69,5	57,7	80	7
07	R. Treze de Maio, 654	64,4	66,7	52,0	42	1
08	R. Major Diogo, 807	63,1	66,9	52,0	62	2
09	R. Maria José, 220	65,3	69,0	52,4	15	1
10	R. Conselheiro Ramalho, 726	61,7	65,5	52,3	54	2
11	R. Fortaleza, 172	57,4	59,9	51,8	3	0
12	Av. Brig. Luis Antônio, 1314	73,8	77,5	59,4	293	16
13	Al. Ribeirão Preto, 117	65,5	68,3	55,9	83	2
14	Al. Joaquim Eugênio de Lima, 113	67,3	69,8	60,0	172	5
15	R. Rocha, 583	65,7	69,6	53,2	93	3
16	R. dos Franceses, 120	67,7	70,1	49,3	90	2
17	R. Alm. Marques Leão, 318	65,0	67,3	56,7	73	4
18	R. Cardeal Leme, 387	56,2	58,8	51,2	7	0
19	R. Manoel Dutra, 439	75,5	78,6	61,9	220	7
20	Av. Nove de Julho, 1035	72,9	76,0	67,3	185	5
21	Av. Nove de Julho (pista central)	76,5	79,9	69,6	742	36
22	R. Silvia, 301	62,2	64,7	58,6	52	2
23	R. Itapeva, 56	67,1	70,1	58,3	121	6
24	Vd. Júlio de Mesquita Filho, 1218	75,6	77,8	67,9	837	32

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se em todos os pontos que o número de veículos leves é superior ao de veículos pesados. Os Pontos 20, 21 e 24 possuem valores de L_{Aeq} elevados por serem vias de trânsito rápido. Já os Pontos 12 e 19 são vias arteriais conectando as vias de trânsito rápido.

Entre os demais pontos, os Pontos 01, 02 e 03 possuem os maiores valores de L_{Aeq} por serem vias com maior fluxo de veículos e por serem vias de saída da Radial Leste-Oeste, uma das mais movimentadas da cidade. Os Pontos 04, 05, 06, 16, 17 e 18 são pontos de zoneamento residencial com vias de menor fluxo de veículos e conseqüentemente menores valores de L_{Aeq} .

Para a simulação do mapa de ruído, utilizou-se o *software* Cadna A. Para validação da calibração, em cada ponto de medição realizado foi inserido um receptor, que indica por valores globais, os resultados do cálculo do nível sonoro que atinge esse ponto. Na Tabela 15 é possível analisar os valores de nível de pressão sonora global mensurado em cada ponto, os valores simulados e a diferença aritmética entre os valores. É possível analisar que todos os valores obtiveram variações de no máximo ± 2 dB, ou seja, aceitáveis para validação dos mapas de ruído.

Tabela 15 – Comparação das medições realizadas com os valores de simulação nos receptores.

Ponto	Medição - L_{Aeq} (dB)	Simulação - L_{Aeq} (dB)	Diferença - L_{Aeq} (dB)
01	69,6	69,1	-0,5
02	70,6	71,1	0,5
03	67,6	67,1	0,5
04	61,9	61,4	-0,5
05	53,3	55,0	-1,7
06	66,5	66,6	0,1
07	64,4	64,9	0,5
08	63,1	63,1	0,0
09	65,3	65,3	0,0
10	61,7	61,2	-0,5
11	57,4	59,0	1,6
12	73,8	72,9	-0,9
13	65,5	65,6	0,1
14	67,3	66,9	-0,4
15	65,7	65,8	0,1
16	67,7	68,0	0,3
17	65,0	65,3	0,3
18	56,2	56,2	0,0
19	75,5	75,2	-0,3
20	72,9	73,5	0,6
21	76,5	76,0	-0,5
22	62,2	62,4	0,2
23	67,1	66,3	-0,8
24	75,6	74,7	-0,9

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 50 mostra o mapa de ruído do bairro do Bixiga, onde na parte superior do mapa aparecem os maiores valores de níveis de ruído provindos de um trecho da Avenida Nove de Julho (a noroeste) e do Viaduto Julio de Mesquita Filho, também conhecido como Radial Leste-Oeste (a nordeste). No sudeste do mapa de ruído se destaca a Avenida Brigadeiro Luis Antônio.

No destaque do mapa, à direita, é evidenciado o cruzamento da Rua Rui Barbosa com a Rua Manoel Dutra, onde mesmo sendo vias internas ao bairro, são visíveis os altos valores de seus níveis sonoros. O fluxo de veículos destacados nessas vias deve-se ao fato de a Rua Rui Barbosa funcionar como via de acesso provindo da Radial Leste-Oeste e a Rua Manoel Dutra funcionar como uma opção de acesso rápido entre a Avenida Nove de Julho e a Radial Leste-Oeste e a Avenida Vinte e Três de Maio (direção sul do município de São Paulo).

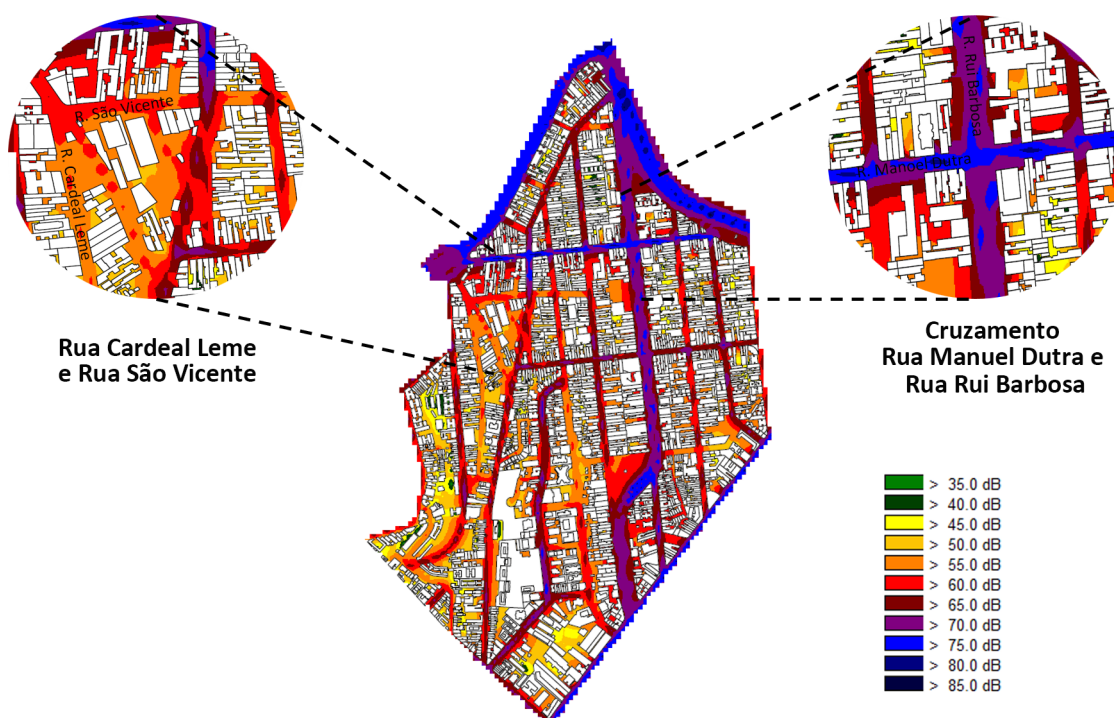


Figura 50 – Mapa de ruído do Bixiga destacando alterações devido à obra do metrô e vias de altos fluxos de veículos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além disso, é evidenciado à esquerda do mapa o cruzamento da Rua Cardeal Leme e Rua São Vicente, este cruzamento merece destaque, pois é onde se localiza em atividade a construção da Estação 14 Bis da Linha Laranja do metrô. Ou seja, no atual momento, a Rua Cardeal Leme encontra-se interditada, possivelmente alterando os níveis sonoros simulados e mensurados para um valor menos de nível de pressão sonora (Ponto 18).

A Figura 51 mostra o mapa de ruído do Bixiga em que são destacados, à direita, os níveis de ruído elevados da Praça Dom Orione, semelhante ao obtido no plano piloto (ver Seção 4.2.1). É possível observar que a extensão da Rua Rui Barbosa acompanha a Praça Dom Orione, ou seja, os níveis sonoros da Rua Rui Barbosa influenciam ao longo da extensão da Praça Dom Orione, tornando a praça um ambiente com valores de $L_{Aeq} \geq 60$ dB. Além disso, notam-se os níveis sonoros da Rua Rui Barbosa e da Rua Treze de Maio atenuados pela distância e pela diferença de nível do solo na Escadaria do Bixiga com um $L_{Aeq} \geq 50$ dB. Este ponto de destaque será comparado com os eventos que ocorrem na Escadaria do Bixiga (ver Seção 4.5).

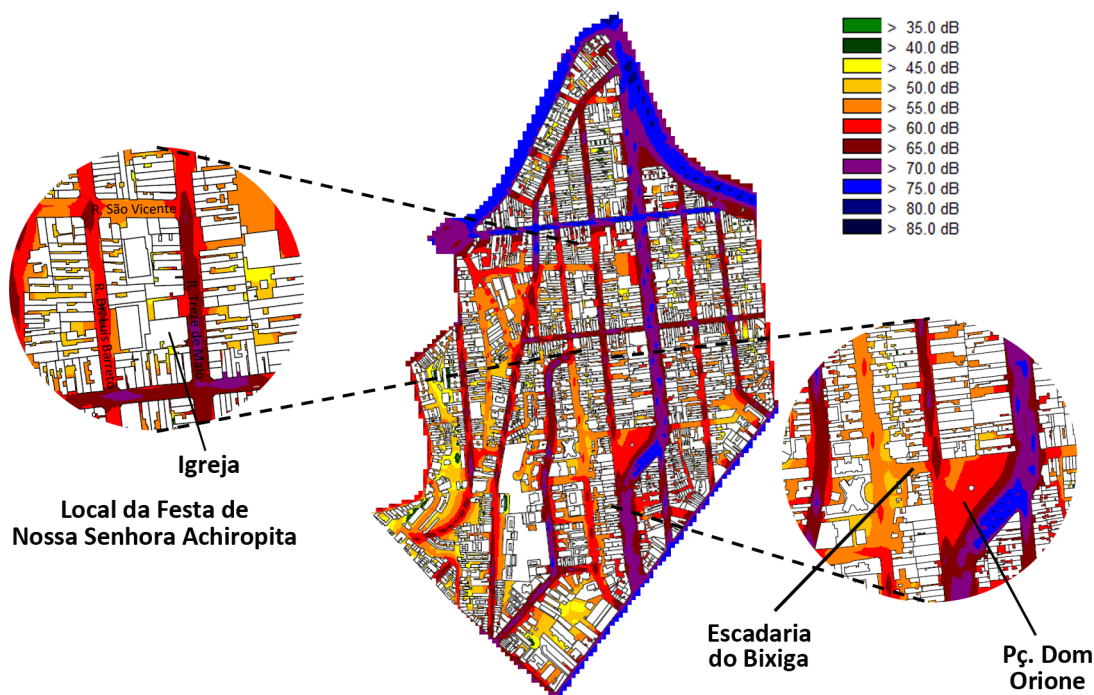


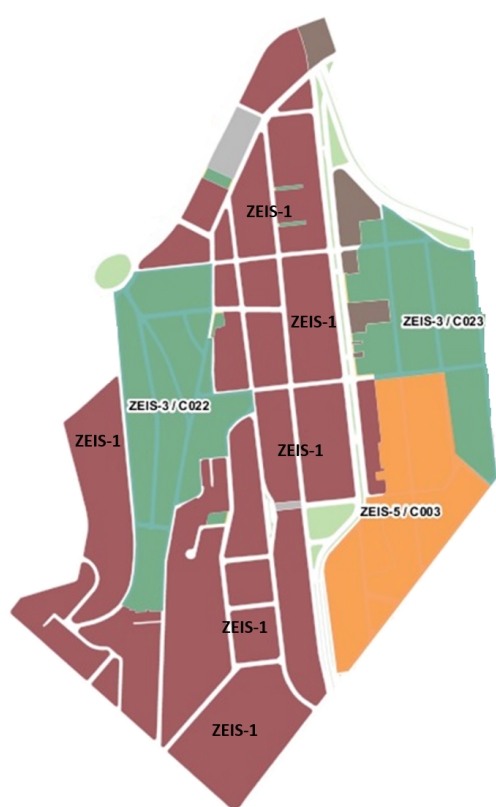
Figura 51 – Mapa de ruído do Bixiga destacando locais de estudo de paisagem sonora.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Em destaque à esquerda, o local da Festa de Nossa Senhora Achiropita, que é realizada entre as Rua Treze de Maio, Rua São Vicente, Rua Doutor Luis Barreto e Rua Conselheiro Carrão. Este ponto de destaque pode ser comparado com os eventos da Nossa Senhora Achiropita (ver Seção 4.4).

Com a realização das simulações é possível confrontar os resultados com a legislação vigente. Para a esfera municipal (ver Seção 2.5.5), pela Lei 16402, a região é considerada Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) 1, 3 e 5, em que os limites de referência (ver Tabela 3) são respectivamente L_{Aeq} 50 dB, 55 dB e 50 dB para o período diurno (Figura 52a). Já para a esfera federal (ver Seção 2.5.3), pela ABNT NBR 10151, a região pode ser considerada uma área mista predominantemente residencial em que o limite de referência (ver Tabela 1) é L_{Aeq} 55 dB.

Para a comparação com a literatura referente à saúde, também é considerado um limite diurno de 55 dB (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1999). Para fins de conforto, é possível utilizar o Índice de Conforto Acústico do Pedestre (ICAP) que varia entre 0 e 1. Para isso, o índice aponta como valor máximo de 1 para a faixa entre $0 \text{ dB} \leq L_{Aeq} < 55 \text{ dB}$ (ALBALA, 2022).

Na Figura 52b é possível observar que o bairro se encontra com valores superiores a 55 dB em grande totalidade. Em regiões internas às quadras e à esquerda do mapa há locais com maior predominância residencial que possuem valores inferiores a 55 dB.



(a) Zoneamento do Bixiga conforme Lei 16402.



(b) Mapa de ruído do Bixiga com limites normativos.

Figura 52 – Zoneamento do bairro do Bixiga e mapa de ruído do Bixiga com limites normativos

Fonte: (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2021) e Elaborado pelo autor.

4.4 Festa de Nossa Senhora Achiropita

Após dois anos (2020-2021) das festividades interrompidas devido à pandemia da COVID-19, as celebrações retornaram fielmente no mês de agosto de 2022, possibilitando o desenvolvimento do presente estudo. As festividades de 2022 ocorreram nos finais-de-semana entre os dias 06 de agosto e 04 de setembro. Visando abordar o período de festividades, entre os dias 13/08/2022 e 04/09/2022, foram realizadas medições de níveis de pressão sonora e condições ambientais do local, gravações binaurais e entrevistas com os frequentadores, buscando assim a caracterização tanto quantitativa como qualitativa da paisagem sonora do local.

A Festa de Nossa Senhora Achiropita ocorre entre as ruas Treze de Maio, São Vicente e Doutor Luis Barreto. Na Figura 53 é possível analisar os pontos de medição determinados e a limitação do local de estudo.



Figura 53 – Pontos de medição da Festa de Nossa Senhora Achiropita.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram determinados 5 pontos de medição de níveis de pressão sonora e gravações binaurais que caracterizassem o local de estudo. Para as medições de níveis de pressão sonora foi utilizado o conjunto Larson Davis e foram seguidas as recomendações da ABNT NBR 10.151, mantendo distância mínima de 2 m de superfícies refletoras e entre 1,2 m a 1,5 m do solo, tempo de integração de 1 s, tempo de medição de 5 min e análise espectral em terços de oitava.

As gravações binaurais foram realizadas em cada um dos 5 pontos, utilizando o sistema MK. Foram seguidas as recomendações da ISO/TS 12913-2, mantendo uma distância de 1,7 m do solo, 1 m das superfícies refletoras e tempo de medição de 3 min.

A partir das medições de níveis de pressão sonora e das gravações binaurais, os dados foram pós-processados, sendo possível calcular os parâmetros de nível de pressão sonora e os parâmetros psicoacústicos *loudness*, *roughness*, *sharpness* e *fluctuation strength*, de cada canal (esquerda e direita).

A seguir serão apresentados de forma separada o mapa de ruído do Bixiga com a influência da Festa de Nossa Senhora Achiropita, as gravações binaurais e as entrevistas com os frequentadores.

4.4.1 Festa de Nossa Senhora Achiropita - Mapa de Ruído

As medições ocorreram no dia 13/08/2022 entre 18:00 e 23:00. Em relação aos pontos de medição, é possível observar na Tabela 16 os valores globais do L_{Aeq} e os níveis estatísticos. No Apêndice C estão detalhadas as informações das medições realizadas.

Tabela 16 – Resultados dos valores globais, estatísticos e das medições na Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Parâmetro	Localização	L_{Aeq} (dB)	L_{10} (dB)	L_{90} (dB)	$L_{10}-L_{90}$ (dB)
01	R. Treze de Maio, 518	80,0	81,9	77,6	4,3
02	R. Treze de Maio, 590	79,2	82,2	75,0	7,2
03	R. São Vicente, 50	80,8	82,4	78,8	3,6
04	R. São Vicente, 23	78,4	80,0	76,4	3,6
05	R. Dr. Luis Barreto, 287	78,4	80,2	75,6	4,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível visualizar que em todos os pontos a diferença entre os valores L_{Aeq} foram menores que 2 dB, mostrando haver uma estabilidade nos níveis sonoros provindos das festividades.

De forma complementar, em relação aos níveis estatísticos, a diferença aritmética $L_{10}-L_{90}$ não foi superior a 9 dB, não indicando incômodo devido a mudanças bruscas de nível sonoro.

Semelhante ao mapa de ruído do bairro do Bixiga, para a simulação deste mapa de ruído, utilizou-se o *software* Cadna A com a mesma base de dados já exposta. A validação da calibração também se deu de maneira semelhante, inserido um receptor em cada ponto de medição realizada e comparando os valores.

Para o desenvolvimento deste mapa de ruído, foram utilizados os valores já mensurados e calibrados expostos na Tabela 14 e, de forma complementar, os valores de L_{Aeq} mensurados da Tabela 16. A Tabela 17 apresenta os valores de nível de pressão sonora global mensurados em cada ponto, os valores simulados e a diferença aritmética entre eles. Nota-se que todos os valores obtiveram variações de no máximo ± 1 dB, ou seja, em uma faixa aceitável para validação dos mapas de ruído.

Tabela 17 – Comparação das medições realizadas com os valores de simulação nos receptores para a Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Ponto	Medição - L_{Aeq} (dB)	Simulação - L_{Aeq} (dB)	Diferença - L_{Aeq} (dB)
01	80,0	80,3	0,3
02	79,2	80,0	0,8
03	80,8	79,8	-1,0
04	78,4	79,0	0,6
05	78,4	78,7	0,3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi analisado se a inserção dos novos pontos de medição modificaram os pontos simulados da Tabela 14. Os pontos, da Tabela 14, em que houve mudanças entre 0,5 dB e 2 dB foram os Pontos 04, 05, 09, 11, 18 e 20. O Ponto 06 teve um aumento de 10,3 dB pela proximidade com o local do evento. Os demais pontos tiveram diferenças menores que 0,5 dB.

A Figura 54 é o mapa de ruído do bairro do Bixiga com a influência da Festa de Nossa Senhora Achiropita. Em destaque do mapa, à esquerda, são evidenciadas a Rua Treze de Maio, Rua São Vicente e Rua Dr. Luis Barreto em que ocorrem os eventos analisados. Devido às festividades mensuradas, é possível constatar que os níveis sonoros são superiores aos destacados na Figura 50.

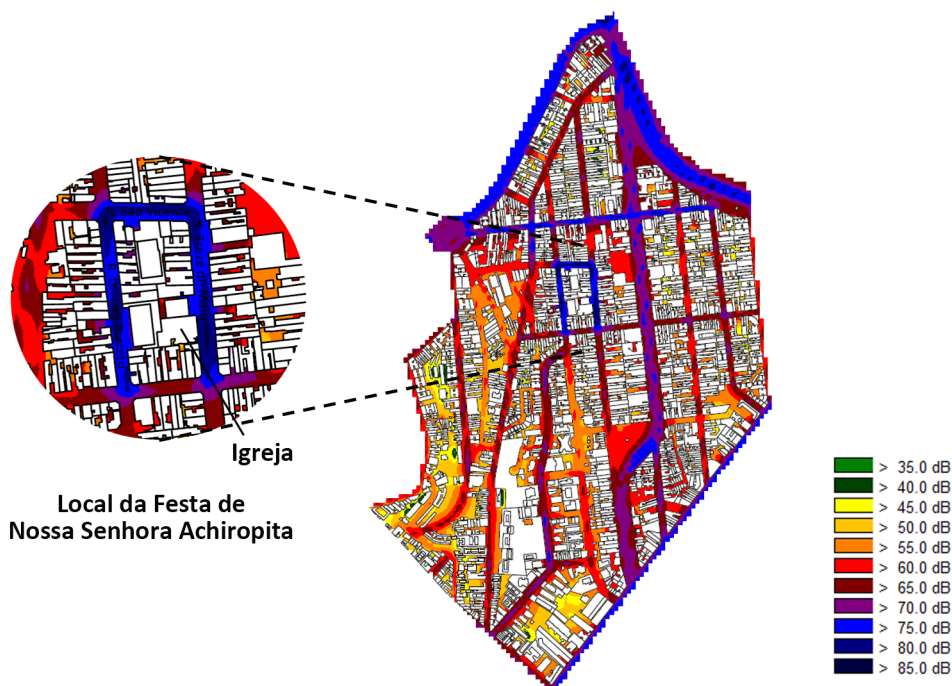


Figura 54 – Mapa de ruído do Bixiga com a influência da Festa Nossa Senhora Achiropita.
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4.2 Festa de Nossa Senhora Achiropita - Gravações Binaurais

Para integrar as informações do mapa de ruído e visando uma maior compreensão da paisagem sonora do local, foram realizadas gravações binaurais nos mesmos pontos detalhados na Figura 53, no dia 13/08/2022 entre 18:00 e 23:00. As gravações binaurais (.wav) podem ser ouvidas em sua versão bruta clicando [aqui](#), para isso é recomendada a utilização de fones de ouvido.

A Tabela 18 apresenta os resultados globais do Ponto 01 de níveis de pressão sonora e os parâmetros psicoacústicos que estão apresentados respectivamente como canal esquerdo e direito. Demais informações como parâmetros ambientais e coordenadas geográficas estão descritas no Apêndice C.

Na Figura 55 é possível observar o histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 01 e seus valores específicos em que se nota não haver valores elevados na paisagem sonora para os parâmetros *roughness* e *sharpness*. Já para o parâmetro *loudness* se nota que o local possui valores constantes sem diferenças abruptas de níveis.

No parâmetro *fluctuation strength* (Figuras 55g, 55h) se verifica que há um destaque na flutuação específica na frequência 20 Bark (≈ 8 kHz), esse valor é referente a falas provindas das caixas de som que realizam a sonorização do evento.

Tabela 18 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 01 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Parâmetro	Métricas a serem determinadas para cada canal separadamente								
	Nível de pressão sonora	L_{Aeq} (dB)		L_{Ceq} (dB)		L_{AF5} (dB)		L_{AF95} (dB)	
	80,0		83,5		83,2		77,2		
<i>Loudness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	N_5 (Sones)		$N_{média}$ (Sones)		N_{rmc} (Sones)		N_{95} (Sones)		$\frac{N_5}{N_{95}}$
	28,4	29,2	23,5	24,2	20,8	21,4	14,3	14,6	2,0 2,0
<i>Roughness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	R_{10} (Asper)				R_{50} (Asper)				
	0,1256		0,1193		0,0817		0,0775		
<i>Sharpness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	S_5 (Acum)		$S_{média}$ (Acum)		S_{95} (Acum)				
	1,56	1,56	1,32	1,33	1,15		1,15		
<i>Fluctuation strength</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	F_{10} (Vacils)				F_{50} (Vacils)				
	0,0830		0,0826		0,0397		0,0416		

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 19 apresenta os resultados do Ponto 02 e a Figura 56 apresenta o histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos no Ponto 02 e seus valores específicos. É possível observar que não há valores elevados na paisagem sonora para os parâmetros de *roughness* e *sharpness*. Já para o parâmetro *loudness* se nota que o local possui valores constantes sem diferenças abruptas de níveis.

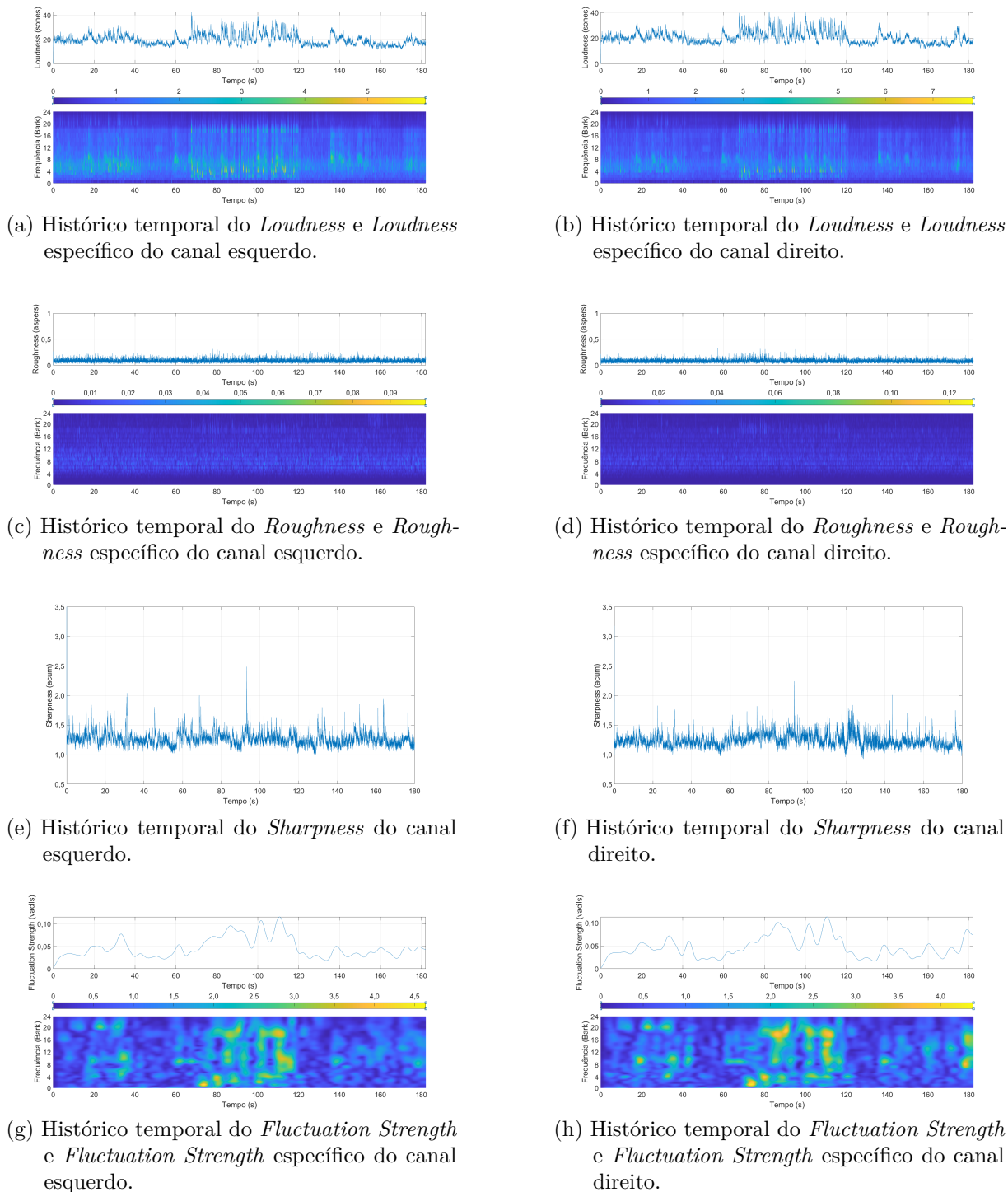


Figura 55 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 01 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No parâmetro *fluctuation strength* (Figuras 56g, 56h) se verifica que há um destaque na flutuação específica na frequência 20 Bark (≈ 8 kHz). De modo semelhante ao observado no Ponto 01, esse valor é referente a falas providas das caixas de som que realizam a sonorização do evento.

Tabela 19 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 02 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Parâmetro	Métricas a serem determinadas para cada canal separadamente									
Nível de pressão sonora	L_{Aeq} (dB)		L_{Ceq} (dB)		L_{AF5} (dB)		L_{AF95} (dB)			
	79,2		82,2		83,2		74,5			
<i>Loudness</i>	N_5 (Sones)		$N_{média}$ (Sones)		N_{rnc} (Sones)		N_{95} (Sones)		$\frac{N_5}{N_{95}}$	
(Ca. esquerdo/ Ca. direito)	35,6	37,8	30,2	31,8	27,2	28,7	15,5	16,3	2,3	2,3
<i>Roughness</i>	R_{10} (Asper)					R_{50} (Asper)				
(Ca. esquerdo/ Ca. direito)	0,0749		0,0921			0,0388		0,0433		
<i>Sharpness</i>	S_5 (Acum)			$S_{média}$ (Acum)			S_{95} (Acum)			
(Ca. esquerdo/ Ca. direito)	1,65	1,71	1,40	1,45	1,09	1,10				
<i>Fluctuation strength</i>	F_{10} (Vacils)					F_{50} (Vacils)				
(Ca. esquerdo/ Ca. direito)	0,1076		0,0487			0,0659		0,0323		

Fonte: Elaborado pelo autor.

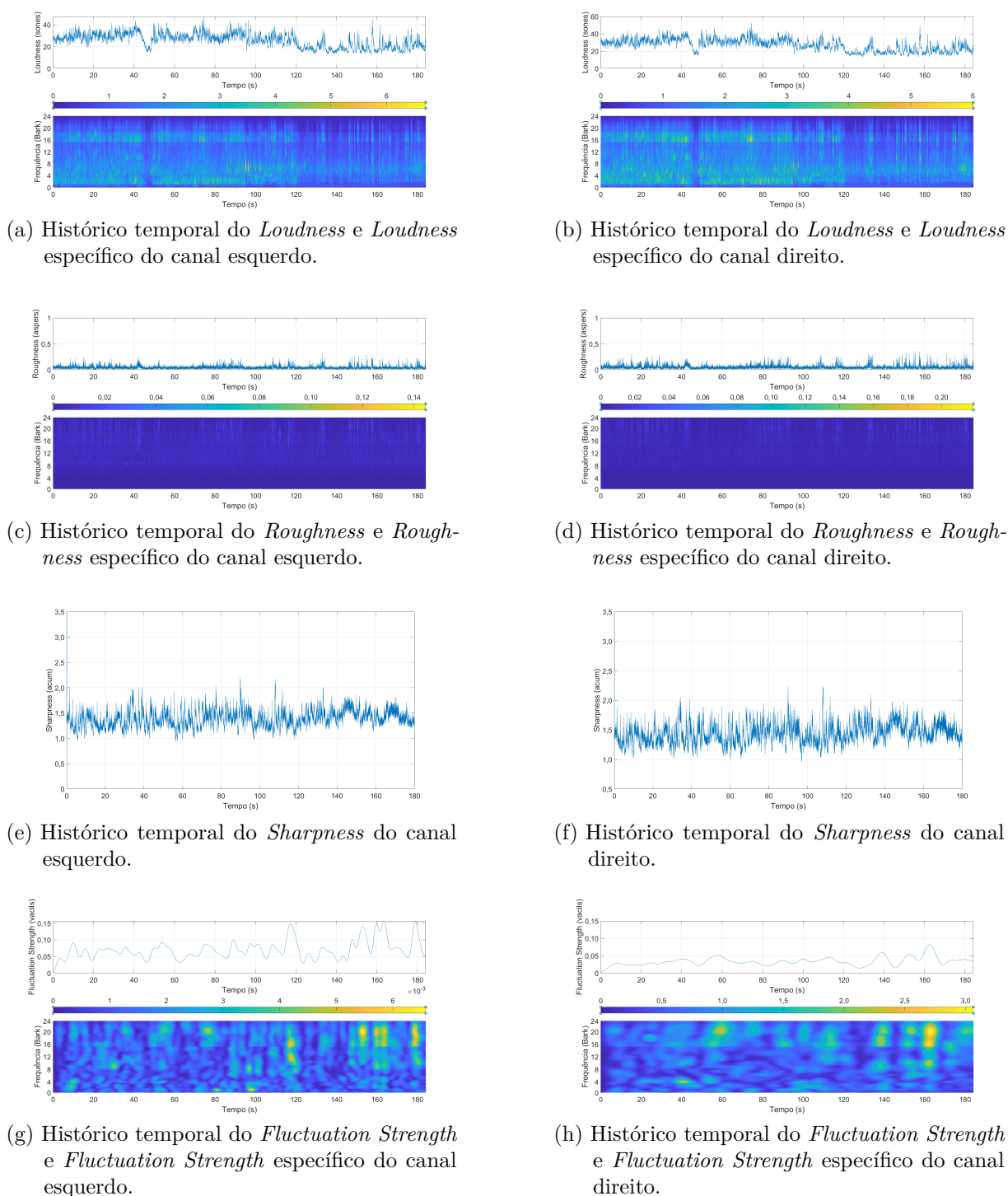


Figura 56 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 02 da Festa Nossa Senhora Achirópita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 20 apresenta os resultados do Ponto 03 e a Figura 57 apresenta o histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos no Ponto 03 e seus valores específicos. Observa-se que não há valores elevados na paisagem sonora para os parâmetros *roughness* e *sharpness*.

Já para o parâmetro *loudness* se nota que o local possui valores constantes sem diferenças abruptas de níveis.

No parâmetro *fluctuation strength* (Figura 57g), se verifica que há um destaque na flutuação específica na frequência 10 Bark ($\approx 1,5$ kHz), esse valor é referente a falas de pessoas que se encontravam no entorno da gravação, porém não elevando os valores globais.

Tabela 20 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 03 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Parâmetro	Métricas a serem determinadas para cada canal separadamente									
Nível de pressão sonora	L_{Aeq} (dB)		L_{Ceq} (dB)		L_{AF5} (dB)		L_{AF95} (dB)			
	80,8		84,6		82,9		78,0			
<i>Loudness</i>	N_5 (Sones)		$N_{média}$ (Sones)		N_{rmc} (Sones)		N_{95} (Sones)		$\frac{N_5}{N_{95}}$	
(Ca. esquerdo/ Ca. direito)	30,3	26,7	25,9	23,4	23,0	21,4	15,5	15,6	2,0	1,7
<i>Roughness</i>	R_{10} (Asper)					R_{50} (Asper)				
(Ca. esquerdo/ Ca. direito)	0,1089		0,1211			0,0681		0,0789		
<i>Sharpness</i>	S_5 (Acum)			$S_{média}$ (Acum)			S_{95} (Acum)			
(Ca. esquerdo/ Ca. direito)	1,41	1,36		1,24	1,22		1,03		1,05	
<i>Fluctuation strength</i>	F_{10} (Vacils)					F_{50} (Vacils)				
(Ca. esquerdo/ Ca. direito)	0,0585		0,0642			0,0362		0,0401		

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 21 apresenta os resultados do Ponto 04 e a Figura 58 apresenta o histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos no Ponto 04 e seus valores específicos. É possível notar que não há valores elevados na paisagem sonora para os parâmetros de *roughness* e *sharpness*. Já para o parâmetro *loudness* se nota que o local possui valores constantes sem diferenças abruptas de níveis.

No parâmetro de *fluctuation strength* (Figuras 58g, 58h) se verifica que há um destaque na flutuação específica nas frequências entre 16 Bark (≈ 4 kHz) e 20 Bark (≈ 8 kHz), esse valor é referente a falas provindas das caixas de som que realizavam a sonorização do evento.

De forma semelhante aos pontos anteriores, a Tabela 22 apresenta os resultados do Ponto 05.

Na Figura 59 é possível observar o histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos no Ponto 05 e seus valores específicos em que se nota não haver valores elevados na paisagem sonora para os parâmetros de *roughness* e *sharpness*. Já para o parâmetro *loudness* se nota que o local possui valores constantes sem diferenças abruptas de níveis.

No parâmetro *fluctuation strength* (Figuras 59g, 59h) se verifica que há um destaque na flutuação específica na frequência de 2 Bark (≈ 200 Hz), esse valor é referente a batidas

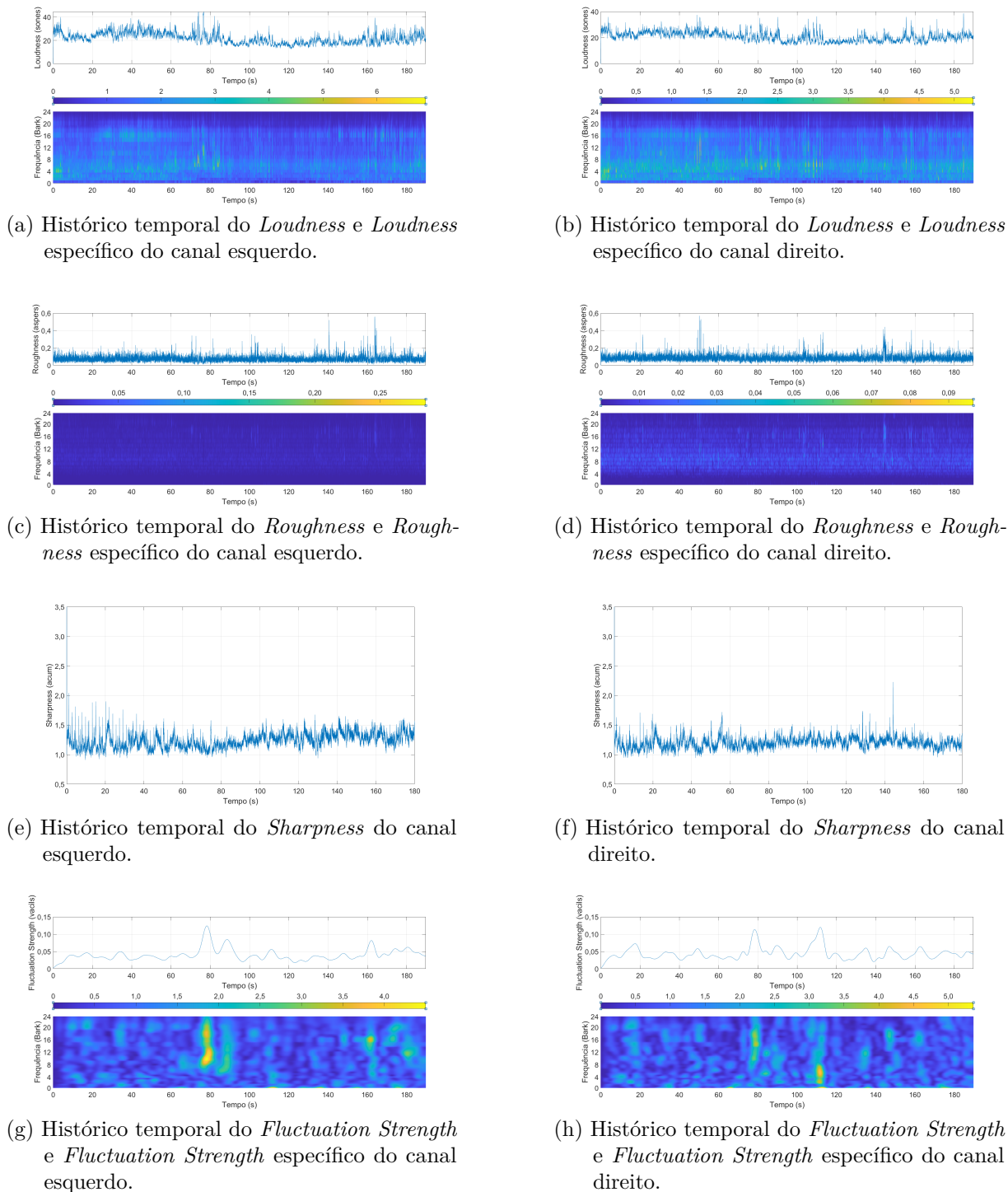


Figura 57 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 03 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

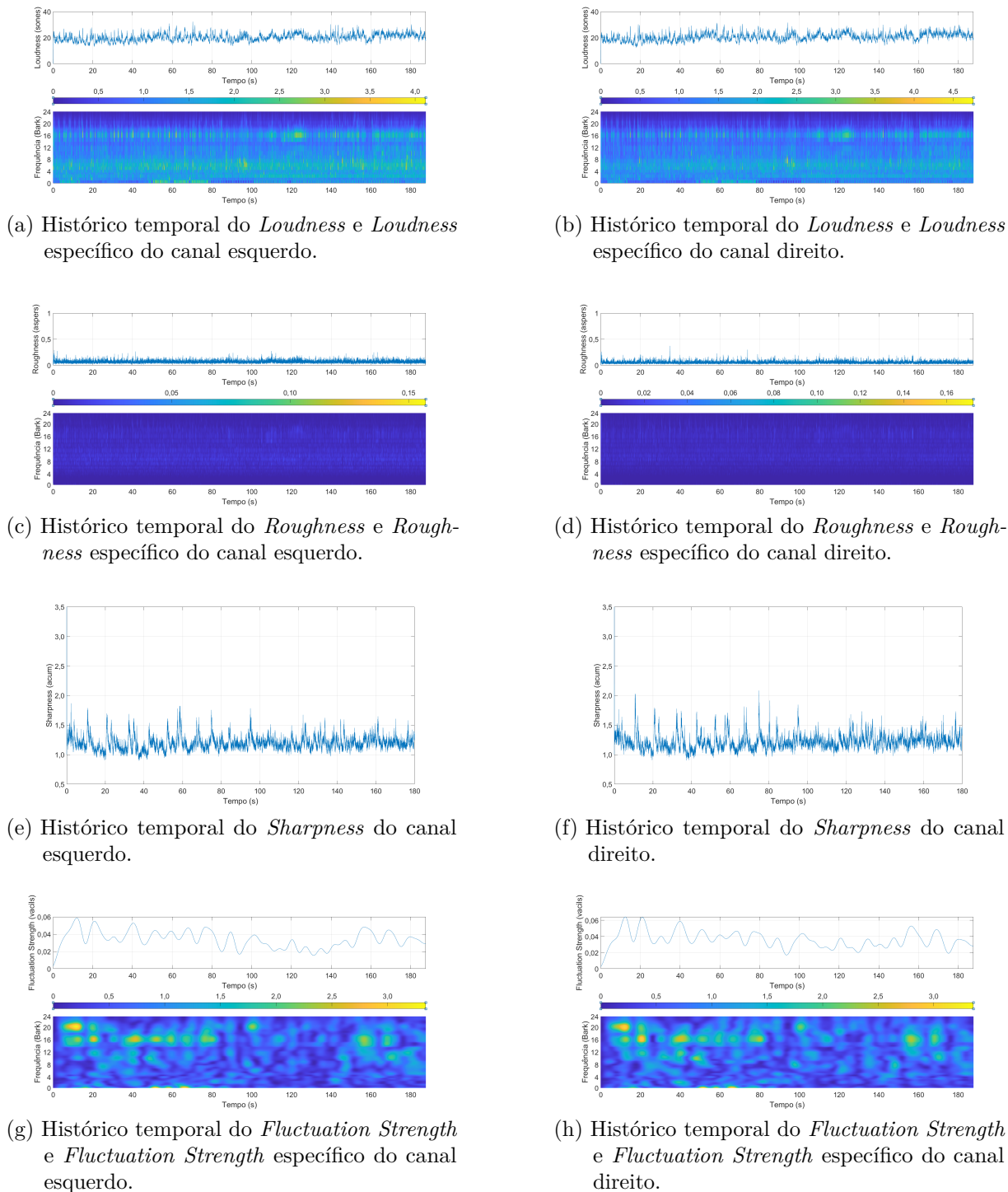


Figura 58 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 04 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 21 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 04 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Parâmetro	Métricas a serem determinadas para cada canal separadamente									
Nível de pressão sonora	L_{Aeq} (dB)		L_{Ceq} (dB)		L_{AF5} (dB)		L_{AF95} (dB)			
	78,4		84,2		80,5		75,9			
<i>Loudness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	N_5 (Sones)		$N_{média}$ (Sones)		N_{rmc} (Sones)		N_{95} (Sones)		$\frac{N_5}{N_{95}}$	
	24,8	25,5	22,2	22,9	20,5	21,0	16,0	16,1	1,5	1,6
<i>Roughness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	R_{10} (Asper)					R_{50} (Asper)				
	0,1006		0,0833			0,649		0,0514		
<i>Sharpness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	S_5 (Acum)			$S_{média}$ (Acum)			S_{95} (Acum)			
	1,38	1,41		1,23	1,25		1,04		1,05	
<i>Fluctuation strength</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	F_{10} (Vacils)					F_{50} (Vacils)				
	0,0470		0,0485			0,0337		0,0352		

Fonte: Elaborado pelo autor.

de instrumentos de percussão reproduzidas nas caixas de som que realizavam a sonorização do evento.

Tabela 22 – Parâmetros e métricas obtidas no Ponto 05 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Parâmetro	Métricas a serem determinadas para cada canal separadamente									
Nível de pressão sonora	L_{Aeq} (dB)		L_{Ceq} (dB)		L_{AF5} (dB)		L_{AF95} (dB)			
	78,4		84,1		80,7		73,8			
<i>Loudness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	N_5 (Sones)		$N_{média}$ (Sones)		N_{rmc} (Sones)		N_{95} (Sones)		$\frac{N_5}{N_{95}}$	
	26,9	26,5	24,5	23,9	22,3	21,8	16,4	14,9	1,6	1,8
<i>Roughness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	R_{10} (Asper)					R_{50} (Asper)				
	0,0977		0,1434			0,0642		0,0937		
<i>Sharpness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	S_5 (Acum)			$S_{média}$ (Acum)			S_{95} (Acum)			
	1,44	1,44		1,24	1,23		1,03		1,04	
<i>Fluctuation strength</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	F_{10} (Vacils)					F_{50} (Vacils)				
	0,3015		0,3036			0,2130		0,2031		

Fonte: Elaborado pelo autor.

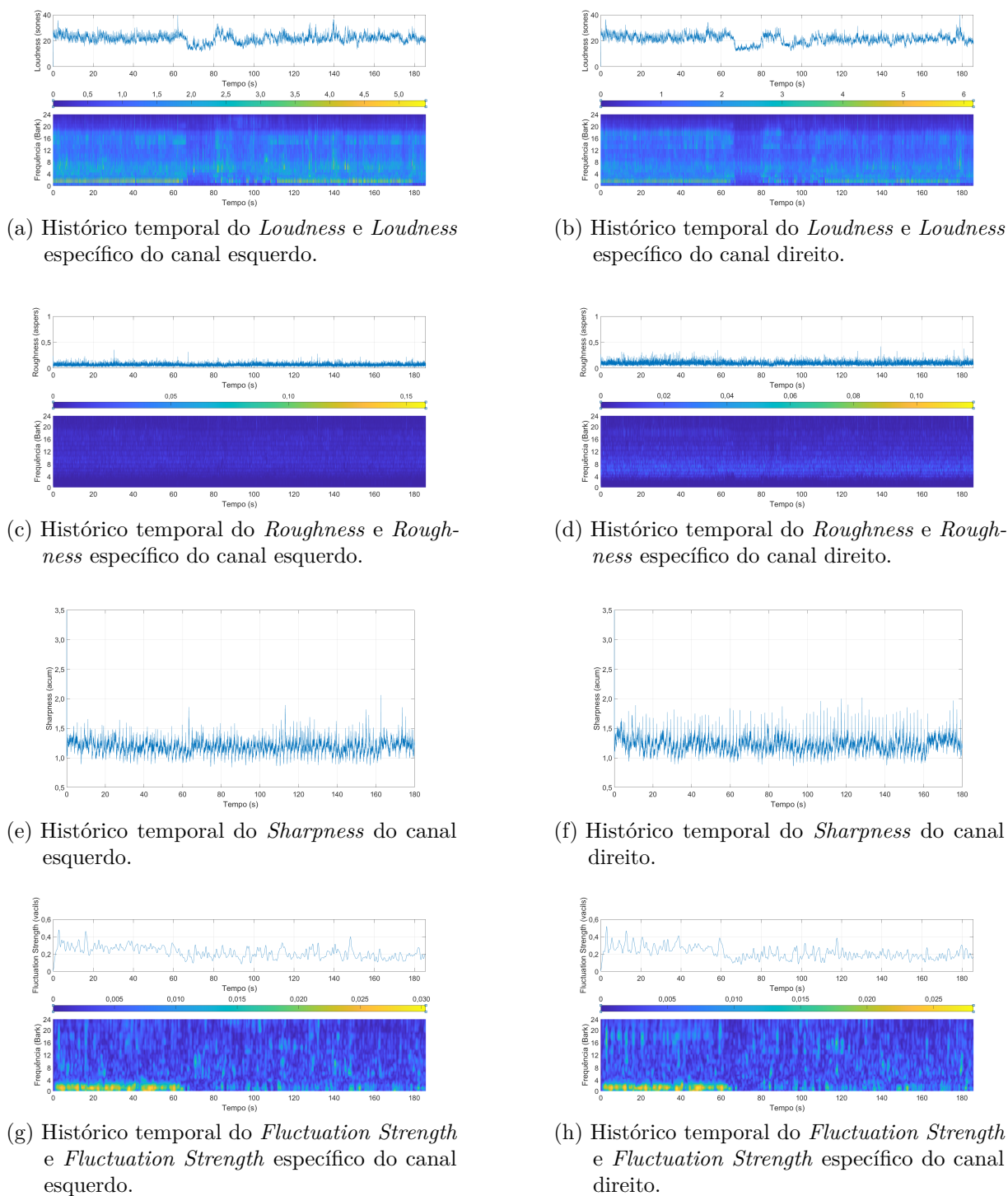


Figura 59 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 05 da Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4.3 Festa de Nossa Senhora Achiropita - Análise qualitativa

Visando uma compreensão completa da paisagem sonora da Festa de Nossa Senhora Achiropita foram realizadas entrevistas com frequentadores do evento. As entrevistas foram realizadas em paralelo às medições detalhadas nas Seções 4.4.1 e 4.4.2 entre os dias 13/08/2022 e 04/09/2022 entre as ruas Treze de Maio, São Vicente e Dr. Luis Barreto, no momento das festividades.

A estruturação do questionário teve como objetivos traçar o perfil dos participantes e compreender a percepção dos participantes em relação à paisagem sonora e às fontes descritas conforme o Método A da ISO/TS 12913-2 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2018), conforme detalhado no item 3.2. Os detalhes de cada parâmetro podem ser visualizados na Tabela 8.

Reconhecimento dos participantes

Durante as festividades foram entrevistadas 176 pessoas, sendo esses participantes frequentadores e voluntários do evento. Desse valor total, 3 entrevistados não concordaram com a utilização dos dados na pesquisa, os demais 173 entrevistados autorizaram o uso dos dados, sendo essa quantidade de sujeitos utilizados nas análises subsequentes.

Quanto às variáveis pessoais, a faixa etária se configurou de maneira que a média foi 40,8 anos com um desvio padrão (DP) de 14,1 anos. Quanto ao gênero, 56,1% são do feminino e 43,9% são do masculino. Já para a escolaridade, 1,0% não possuem o primário, 5,8% possuem o primário completo, 4,6% possuem técnico incompleto, 14,3% possuem técnico completo, 15,0% não possuem ensino médio completo, 15,6% possuem ensino médio completo, 10,4% possuem o ensino superior incompleto, 28,3% possuem o ensino superior completo, 4,0% possuem mestrado e 1,0% possuem doutorado.

Referente a possuir algum tipo de deficiência, 96,5% dos participantes responderam que não possuem deficiência. Quanto à dificuldade em ouvir, 91,9% responderam que não possuem dificuldade e 8,1% responderam que possuem, porém, ao responderem se já foram diagnosticados com perda auditiva, 95,4% dos participantes responderam negativamente. Ao serem questionados referente ao conhecimento na área de pesquisa deste trabalho,

97,7% responderam que são leigos. Sobre se são moradores do bairro, 39,3% são moradores do bairro, 1,8% são trabalhadores e 58,9% são visitantes.

Identificação da fonte sonora

Após a primeira etapa, os participantes foram questionados, em uma escala linear variando entre 0 e 100, sobre até que ponto atualmente escutavam os quatro tipos de sons, sendo eles, ruído de trânsito, sons de atividades humanas, sons naturais e outros tipos de sons. A Figura 60 mostra um diagrama de caixas das respostas obtidas, em que é possível observar a tendência central das respostas dos diferentes tipos de fontes sonoras. Sobre até que ponto se escuta o ruído de trânsito no local, a mediana de respostas foi 10,0 com um DP de 24,6. 10 participantes assinalaram em 70 na escala linear e 7 participantes assinalaram em 100 na escala linear, sendo esses valores caracterizados como *outliers*.

Sobre até que ponto se escutam sons de atividades humanas, a mediana de respostas foi 90,0 com um DP de 18,4. Para até que ponto se escutam sons naturais, a mediana de respostas foi 10,0 com um DP de 24,1. 1 participante assinalou em 65 na escala linear e 6 participantes assinalaram em 100 na escala linear, sendo esses valores caracterizados como *outliers*. Em relação à percepção para outros tipos de sons, a mediana de respostas foi 10,0 com um DP de 21,0. 1 participante assinalou em 80 na escala linear, sendo esse valor caracterizado *outlier*.

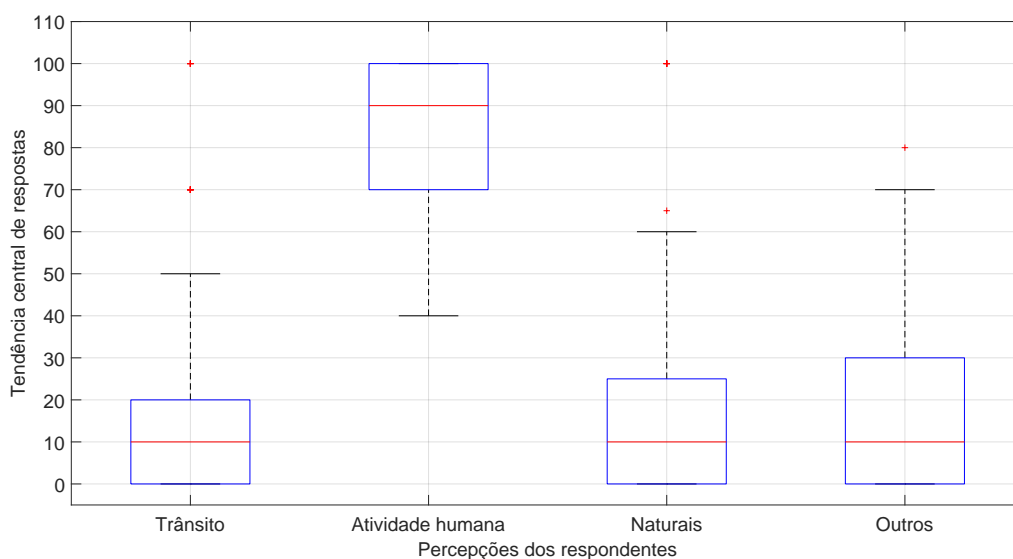


Figura 60 – Diagrama de caixas das respostas para identificação da fonte sonora da Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Qualidade afetiva percebida

Foi questionado aos participantes, em uma escala linear variando entre 0 e 100, sobre até que ponto concordavam que o ambiente acústico circundante era agradável, caótico, vibrante, estático, calmo, irritante, movimentado e/ou monótono. A Figura 61 mostra um diagrama de caixas das respostas obtidas, em que é possível observar a tendência central das respostas das diferentes qualidades afetivas percebidas.

Sobre o quão agradável era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 65,0 com um DP de 25,0. 13 participantes assinalaram em 0 na escala linear, sendo esses valores caracterizados *outliers*. Já em relação ao quão caótico era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 50,0 com um DP de 26,8. Para o quão vibrante era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 65,0 com um DP de 24,7. 13 participantes assinalaram em 0 na escala linear, sendo esses valores caracterizados *outliers*.

Sobre o quão estático era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 20,0 com um DP de 15,2. Já em relação ao quão calmo era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 15,0 com um DP de 23,5. 14 participantes assinalaram em 70, 3 participantes assinalaram em 80 e 2 participantes assinalaram em 100 na escala linear, sendo esses valores caracterizados *outliers*.

Para o quão irritante era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 30,0 com um DP de 28,0. Já em relação ao quão movimentado era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 80,0 com um DP de 18,7. 2 participantes assinalaram em 35, 2 participantes assinalaram em 30 e 5 participantes assinalaram em 20 na escala linear, sendo esses valores caracterizados como *outliers*. Por final, para o quão monótono era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 20,0 com um DP de 23,6. 1 participante assinalou em 80 e 6 participantes assinalaram em 100 na escala linear, sendo esses valores caracterizados *outliers*.

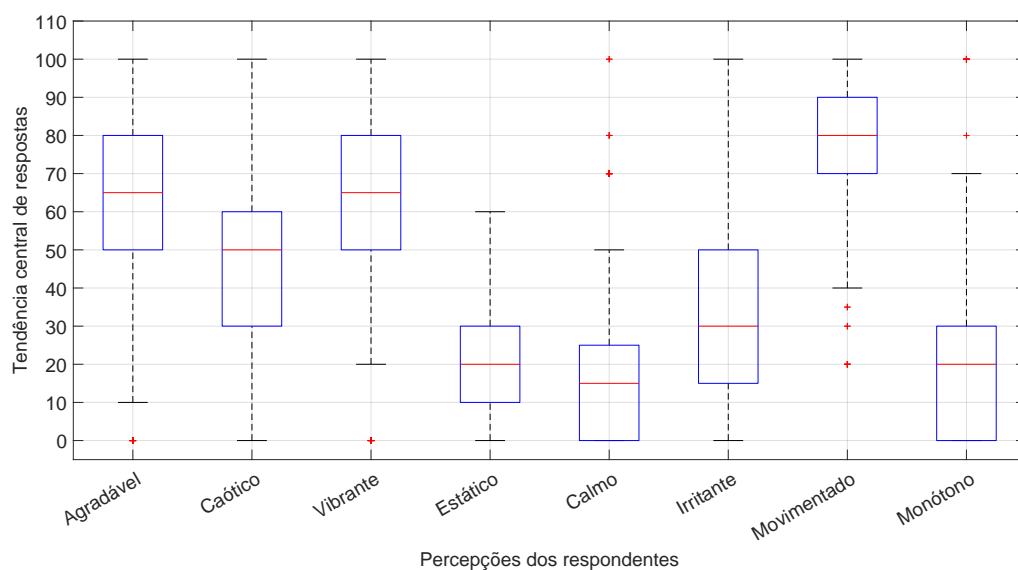


Figura 61 – Diagrama de caixas das respostas para qualidade afetiva percebida da Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 62 apresenta o diagrama bidimensional da percepção dos participantes em relação à Festa de Nossa Senhora Achiropita. É possível notar que as respostas dos participantes estão entre as dimensões vibrante-movimentado e caótico-movimentado.

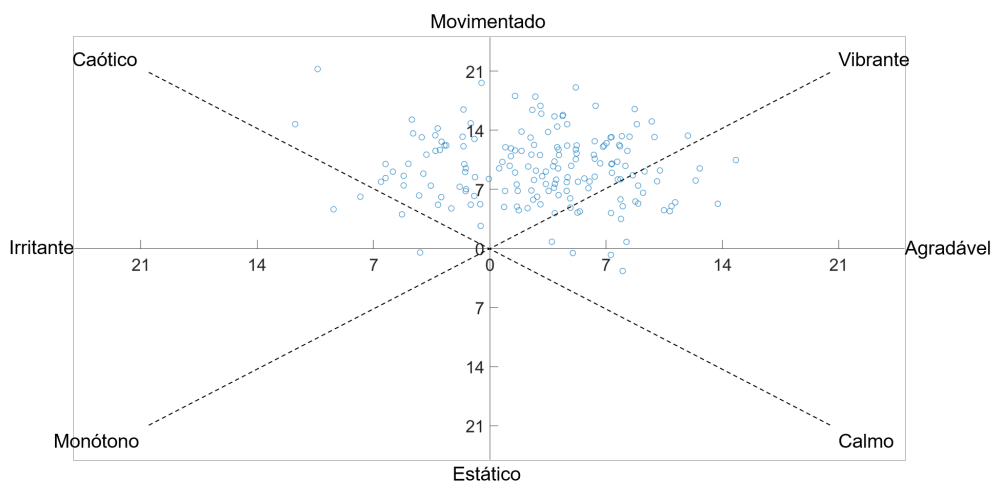


Figura 62 – Diagrama bidimensional da percepção sonora dos participantes da Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Avaliação do ambiente sonoro circundante

De modo geral, foi questionado aos participantes, em uma escala linear variando entre 0 e 100, sobre até que ponto concordavam que o ambiente sonoro circundante era

positivo, que o ambiente sonoro circundante era adequado ao lugar atual, que o ambiente sonoro circundante era adequado ao evento atual que estava ocorrendo e com que frequência gostariam de retornar ao local novamente. A Figura 63 mostra o diagrama de caixas das respostas obtidas, no qual é possível observar a tendência central das respostas para o ambiente sonoro circundante.

Sobre o quão positivo era o atual ambiente sonoro circundante, a mediana de respostas foi 60,0 com um DP de 21,1. 4 participantes assinalaram em 0 na escala linear, sendo esses valores caracterizados *outliers*. Já em relação ao quão o atual ambiente sonoro circundante é adequado ao local atual, a mediana de respostas foi 75,0 com um DP de 23,5. Em relação ao quão o atual ambiente sonoro circundante é adequado ao evento atual que estava ocorrendo, a mediana de respostas foi 90,0 com um DP de 17,1. 13 participantes assinalaram em 50 e 5 participantes assinalaram em 40 na escala linear, sendo esses valores caracterizados *outliers*.

Sobre com que frequência o participante gostaria de retornar ao local, a mediana de respostas foi 90,0 com um DP de 24,0. 3 participantes assinalaram em 40 e 3 participantes assinalaram em 0 na escala linear, sendo esses valores caracterizados *outliers*.

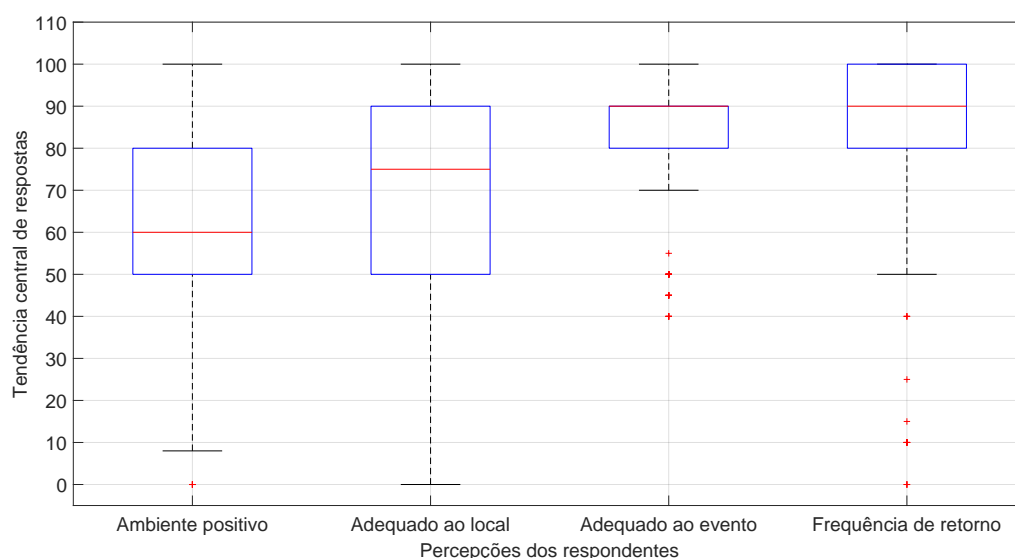


Figura 63 – Diagrama de caixas das respostas para o ambiente sonoro circundante da Festa de Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para completar o questionário se realizou uma pergunta descritiva opcional para que o participante tivesse a oportunidade de expor alguma situação específica. Foram levantados apontamentos em relação ao espaço físico da festa ser pequeno, do local ser

um ambiente comunitário, do local ser ruidoso, porém ser adequado à festa e diversas respostas mencionaram o incômodo em relação ao sistema de sonorização.

4.4.4 Relação entre a análise quantitativa e a análise qualitativa

Ao longo das festividades de Nossa Senhora Achiropita foram realizadas medições de níveis de pressão sonora e gravações binaurais em diferentes pontos. O ambiente sonoro mostrou-se um ambiente com um $L_{Aeq} = 80$ dB, porém com diferenças nos níveis estatísticos $L_{10}-L_{90}$ não superiores a 9 dB, ou seja, não causando incômodo devido a mudanças bruscas de nível sonoro. Em relação aos parâmetros psicoacústicos *sharpness* e *roughness* não houve valores elevados na paisagem sonora. Já para os valores de *loudness* observam-se valores médios de 25 Sones, sendo condizentes com os valores de nível de pressão sonora.

Em relação aos valores de *fluctuation strength*, os resultados mensurados para os pontos mostram haver valores elevados na paisagem sonora. Esses valores foram isolados nas análises e constatou-se que referem-se ao sistema de reprodução de áudio, em especial, quando há falas sendo reproduzidas, podendo esses serem relacionados com a percepção de irritabilidade e caótico na análise quantitativa, já que nas respostas descritivas houve a menção em relação ao sistema de sonorização.

Os parâmetros passaram pelo teste de normalidade de D'Agostino-Pearson, em que para caótico e *loudness* se mostraram como normais, todos os demais parâmetros se caracterizaram como não-normais. Como esperado, a correlação de Spearman indicou haver uma relação inversa entre o ruído de atividades humanas e o quão estático era o som do local ($\rho = -0,15$ e valor- $p = 0,004$). Também se encontrou uma relação direta entre o ruído de atividades humanas e os valores de quão movimentado era o som do local ($\rho = 0,16$ e valor- $p = 0,035$) e uma relação direta entre o quão caótico era o som do local e os valores de quão irritante era o som do local ($\rho = 0,23$ e valor- $p = 0,002$). De forma complementar, houve uma relação direta entre o *loudness* e o *sharpness* ($\rho = 0,54$ e valor- $p = 0,001$) e o *loudness* e o *fluctuation strength* ($\rho = 0,37$ e valor- $p = 0,008$). As demais correlações, para um valor- $p < 0,05$, estão detalhadas na Figura 64.

Sendo assim, considera-se o ambiente sonoro circundante como um ambiente com um nível de pressão sonora elevado e constante, com destaque para a agradabilidade, sendo vibrante e movimentado, devido a ausência de grandezas psicoacústicas como *sharpness*, *roughness* e presença apenas de valores pontuais de *fluctuation strength*.

4.5 Escadaria do Bixiga

A Escadaria do Bixiga é um dos pontos turísticos mais antigos do bairro. Construída em 1929, serve como acesso entre a Rua Treze de Maio e a Rua dos Ingleses e atualmente é um local de ocupação para o evento da Escadaria do Jazz. A Escadaria do Jazz proporciona uma experiência única para os frequentadores desse espaço e apreciadores do gênero musical, combinando boas apresentações musicais com um cenário único da cidade.

O evento foi criado em 2014 e até o início da pandemia da COVID-19 ocorria de forma mensal. Após dois anos (2020-2021) dos eventos interrompidos devido à pandemia da COVID-19, as atividades musicais retornaram de forma presencial e tímidas em outubro de 2022, tendo somente dois eventos nesse ano, em outubro e dezembro. Visando abordar os eventos musicais, no dia 03/12/2022 foram realizadas medições de níveis de pressão sonora e das condições ambientais do local, gravações binaurais e entrevistas com os frequentadores, buscando assim a caracterização tanto quantitativa como qualitativa da paisagem sonora do local.

A Escadaria do Jazz ocorre fielmente na Escadaria do Bixiga entre as ruas Treze de Maio e dos Ingleses. Na Figura 65 é possível analisar o ponto de medição determinado e a limitação do local de estudo.

Para a medição de nível de pressão sonora foi utilizado o conjunto Criffer com um tempo de medição de 5 minutos. A gravação binauricular foi realizada utilizando o sistema MK, com um tempo de medição de 3 min.

A seguir serão apresentados de forma separada os resultados do mapa de ruído do Bixiga com a influência do evento da Escadaria do Bixiga, das gravações binaurais e das entrevistas com os frequentadores.



Figura 65 – Ponto de medição da Escadaria do Bixiga.
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5.1 Escadaria do Bixiga - Mapa de Ruído

A medição ocorreu no dia 03/12/2022 entre 16:00 e 20:00. Em relação ao ponto de medição, é possível observar na Tabela 23 o valor global do L_{Aeq} e os níveis estatísticos. No Apêndice D estão detalhadas informações da medição.

Tabela 23 – Resultados dos valores globais, estatísticos e da medição da Escadaria do Bixiga.

Parâmetro	Localização	L_{Aeq} (dB)	L_{10} (dB)	L_{90} (dB)	$L_{10}-L_{90}$ (dB)
01	Rua Treze de Maio, 752	89,2	93,3	86,8	6,5

Fonte: Elaborado pelo autor.

A simulação do mapa de ruído e a validação da calibração se basearam nas mesmas informações já expostas anteriormente. Nesse caso, foram utilizados valores já mensurados e calibrados expostos na Tabela 14 e, de forma complementar, foi considerado o valor de L_{Aeq} da Tabela 23.

A Tabela 24 apresenta o valor de nível de pressão sonora global mensurado, o valor simulado e a diferença aritmética entre os valores. Nota-se que o valor é idêntico.

Tabela 24 – Comparação das medições realizadas com os valores de simulação no receptor para a Escadaria do Bixiga.

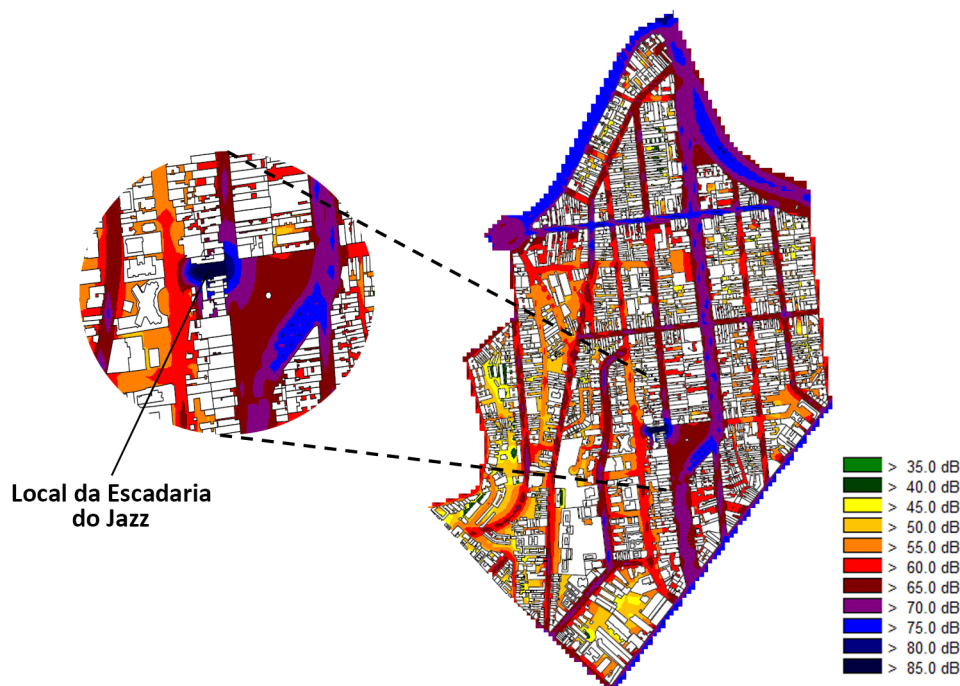
Ponto	L_{Aeq} (dB) - Medição	L_{Aeq} (dB) - Simulação	L_{Aeq} (dB) - Diferença
01	89,2	89,2	0,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi analisado se a inserção do novo ponto de medição modificou os pontos simulados da Tabela 14. Verificou-se que houve mudanças entre 0,5 dB e 2 dB nos pontos 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 11 e 20. O ponto 05 teve um aumento de 30,5 dB pela proximidade com o local do evento. Os demais pontos tiveram diferenças menores que 0,5 dB.

É possível observar na Figura 66 o mapa de ruído do bairro do Bixiga com a influência da Escadaria do Bixiga. Em destaque do mapa, à esquerda, é evidenciado o local em que ocorre o evento analisado. Devido às festividades mensuradas, é possível notar que os valores de níveis sonoros são superiores aos destacados na Figura 50. É possível observar também a contribuição nos níveis sonoros na Praça Dom Orione, aumentando os níveis para $L_{Aeq} \geq 65$ dB.

Figura 66 – Mapa de ruído do Bixiga com a influência da Escadaria do Bixiga.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5.2 Escadaria do Bixiga - Gravações Binaurais

Para integrar as informações do mapa de ruído e visando uma maior compreensão da paisagem sonora do local, foram realizadas as gravações binaurais no mesmo ponto detalhado na Figura 65, no dia 03/12/2022 entre as 16:00 e 20:00. A gravação binauricular (.wav) pode ser ouvida em sua versão bruta clicando [aqui](#), para isso é recomendada a utilização de fones de ouvido.

A Tabela 25 apresenta os resultados do Ponto 01 dos níveis de pressão sonora e dos parâmetros psicoacústicos, respectivamente apresentados como canal esquerdo e direito. Demais informações como parâmetros ambientais e coordenadas geográficas estão descritas no Apêndice D.

Na Figura 67 é possível observar o histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos no Ponto 01 e seus valores específicos em que se nota não haver valores elevados na paisagem sonora para os parâmetros de *roughness* e *sharpness*. Já para o parâmetro *Loudness* se nota que o local possui valores constantes sem diferenças abruptas de níveis.

No parâmetro *fluctuation strength* (Figuras 67g, 67h) se verifica que há um destaque na flutuação específica na frequência entre 16 Bark (≈ 4 kHz) e 20 Bark (≈ 8 kHz), esse valor é referente às reproduções musicais das caixas de som que realizam a sonorização do evento, porém não elevando os valores globais de *fluctuation strength*.

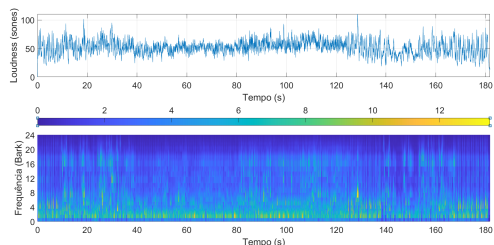
Tabela 25 – Parâmetros e métricas obtidas na Escadaria do Bixiga.

Parâmetro	Métricas a serem determinadas para cada canal separadamente									
	Nível de pressão sonora	L_{Aeq} (dB)		L_{Ceq} (dB)		L_{AF5} (dB)		L_{AF95} (dB)		
	89,2		93,3		94,3		80,9			
<i>Loudness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	N_5 (Sones)		$N_{média}$ (Sones)		N_{rmc} (Sones)		N_{95} (Sones)		$\frac{N_5}{N_{95}}$	
	71,8	76,2	62,8	66,6	54,7	58,1	31,8	34,5	2,3	2,2
<i>Roughness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	R_{10} (Asper)					R_{50} (Asper)				
	0,1217		0,1262			0,0709		0,0709		
<i>Sharpness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	S_5 (Acum)			$S_{média}$ (Acum)			S_{95} (Acum)			
	1,40	1,46	1,17	1,21	0,82		0,86			
<i>Fluctuation strength</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	F_{10} (Vacils)					F_{50} (Vacils)				
	0,5150		0,5056			0,2982		0,3043		

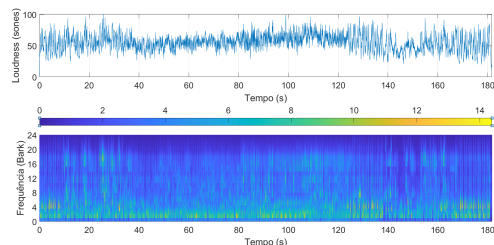
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5.3 Escadaria do Bixiga - Análise qualitativa

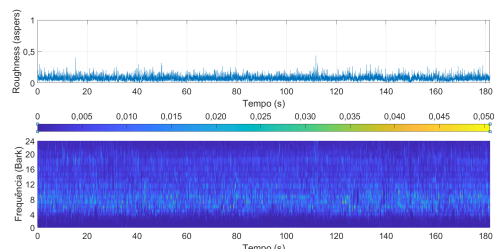
As entrevistas com frequentadores dos eventos foram realizadas em paralelo às medições detalhadas nas Seções 4.5.1 e 4.5.2 no dia 03/12/2022 entre as ruas Treze de Maio e dos Ingleses, no momento do evento. A estruturação do questionário e as entrevistas seguiram o mesmo procedimento que o aplicado na Festa de Nossa Senhora Achiropita.



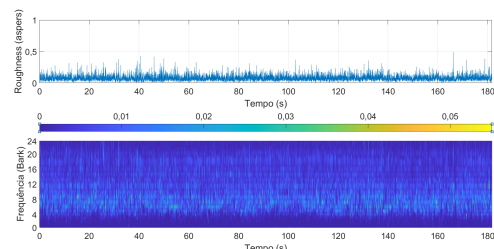
(a) Histórico temporal do *Loudness* e *Loudness* específico do canal esquerdo.



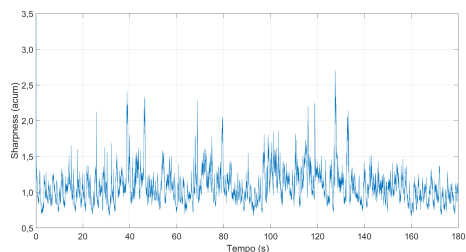
(b) Histórico temporal do *Loudness* e *Loudness* específico do canal direito.



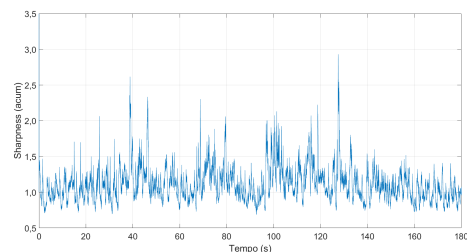
(c) Histórico temporal do *Roughness* e *Roughness* específico do canal esquerdo.



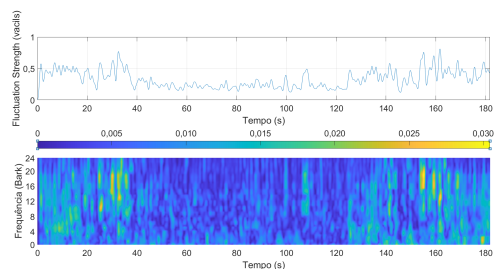
(d) Histórico temporal do *Roughness* e *Roughness* específico do canal direito.



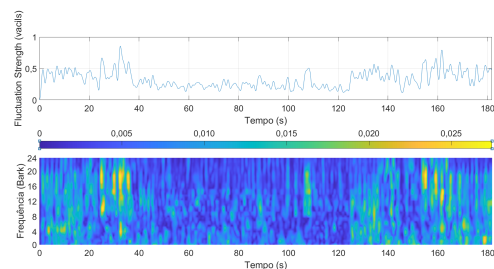
(e) Histórico temporal do *Sharpness* do canal esquerdo.



(f) Histórico temporal do *Sharpness* do canal direito.



(g) Histórico temporal do *Fluctuation Strength* e *Fluctuation Strength* específico do canal esquerdo.



(h) Histórico temporal do *Fluctuation Strength* e *Fluctuation Strength* específico do canal direito.

Figura 67 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos da Escadaria do Bixiga.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Reconhecimento dos participantes

Durante as festividades foram entrevistadas 20 pessoas, sendo esses sujeitos frequentadores do evento e todos autorizaram o uso dos dados, sendo 20 o valor de participantes utilizados nas análises subsequentes.

Quanto às variáveis pessoais, a média da faixa etária foi 29,6 anos com um desvio padrão (DP) de 4,7 anos. Quanto ao gênero, 45,0% são do feminino e 55,0% são do masculino. Já para a escolaridade, 5,0% possuem técnico incompleto, 20,0% possuem técnico completo, 20,0% não possuem ensino médio completo, 20,0% possuem ensino médio completo, 15,0% possuem o ensino superior incompleto, 10,0% possuem o ensino superior completo, 10,0% possuem mestrado.

Referente a possuir algum tipo de deficiência, 100,0% dos participantes responderam que não possuem. Quanto à dificuldade em ouvir, 90,0% responderam que não possuem dificuldade, porém, ao responderem se já foram diagnosticados com perda auditiva, 100,0% dos participantes responderam negativamente. Ao serem questionados referente ao conhecimento na área de pesquisa deste trabalho, 100,0% responderam que são leigos. Sobre se são moradores do bairro, 30,0% são moradores do bairro, 70,0% são visitantes.

Identificação da fonte sonora

Após a primeira etapa, os participantes foram questionados, em uma escala linear variando entre 0 e 100, sobre até que ponto atualmente escutavam os quatro tipos de sons, sendo ele, ruído de trânsito, sons de atividades humanas, sons naturais e outros tipos de sons. A Figura 68 mostra o diagrama de caixas das respostas obtidas, no qual é possível observar a tendência central das respostas dos diferentes tipos de fontes sonoras.

Sobre até que ponto se escuta o ruído de trânsito no local, a mediana de respostas foi 10,0 com um DP de 16,3. 2 participantes assinalaram em 50 na escala linear e 1 participante assinalou em 40 na escala linear, sendo esses valores caracterizados *outliers*.

Sobre até que ponto se escutam sons de atividades humanas, a mediana de respostas foi 95,0 com um DP de 8,3. Para até que ponto se escutam sons naturais, a mediana de respostas foi 5,0 com um DP de 25,5. 1 participante assinalou em 80 na escala linear, sendo esse valor considerado *outlier*. Em relação à percepção para outros tipos de sons, a

mediana de respostas foi 10,0 com um DP de 12,8. 2 participantes assinalaram em 40 na escala linear, sendo esses caracterizados como *outliers*.

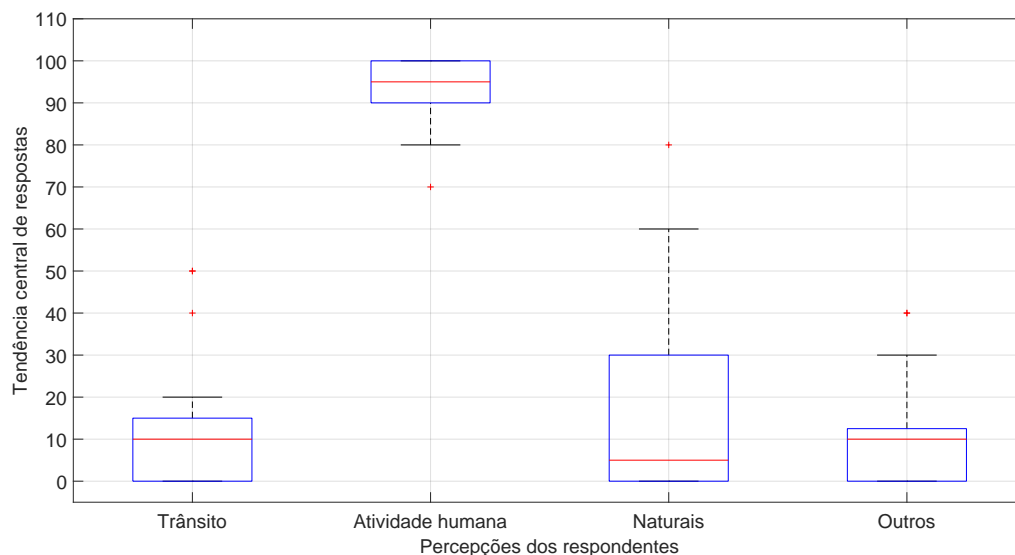


Figura 68 – Diagrama de caixas das respostas para identificação da fonte sonora da Escadaria do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Qualidade afetiva percebida

Foi questionado aos participantes, em uma escala linear variando entre 0 e 100, sobre até que ponto concordavam que o ambiente acústico circundante era agradável, caótico, vibrante, estático, calmo, irritante, movimentado e/ou monótono. A Figura 69 mostra o diagrama de caixas das respostas obtidas, no qual é possível observar a tendência central das respostas das diferentes qualidades afetivas percebidas.

Sobre o quão agradável era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 80,0 com um DP de 14,4. 2 participantes assinalaram em 50 na escala linear, sendo esses valores caracterizados *outliers*. Já em relação ao quão caótico era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 35,0 com um DP de 23,8. Para o quão vibrante era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 75,0 com um DP de 20,0.

Sobre o quão estático e calmo era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 10,0 com um DP respectivo de 15,1 e 25,0. Para o quão irritante era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 15,0 com um DP de 25,1. Já em relação ao quão movimentado era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi

67,5 com um DP de 17,3. Por final, para o quão monótono era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 20,0 com um DP de 24,3.

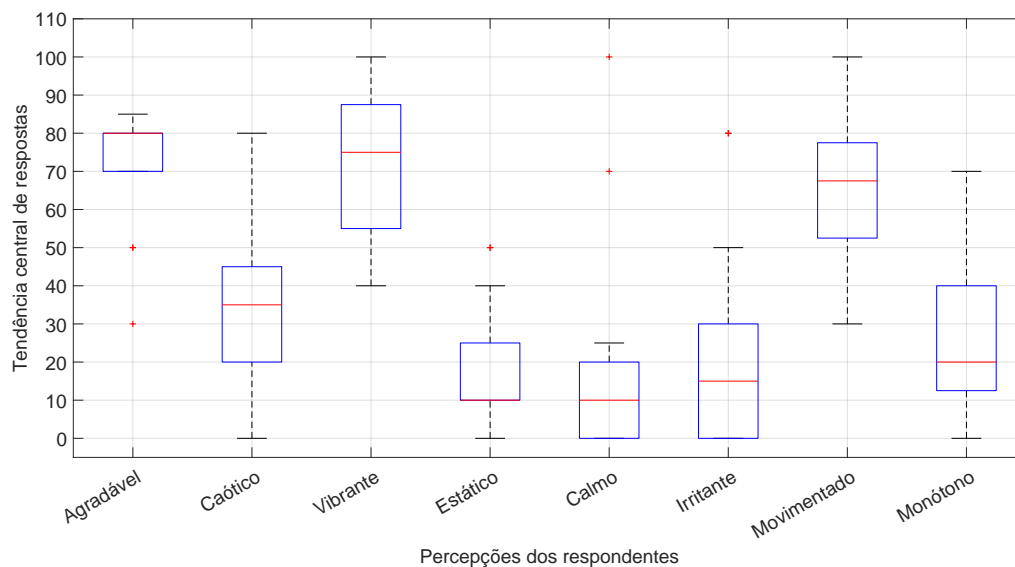


Figura 69 – Diagrama de caixas das respostas para qualidade afetiva percebida da Escadaria do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 70 apresenta o diagrama bidimensional da percepção dos participantes em relação à Escadaria do Bixiga. É possível observar que as respostas dos participantes estão entre as dimensões de vibrante-movimentado e vibrante-agradável.

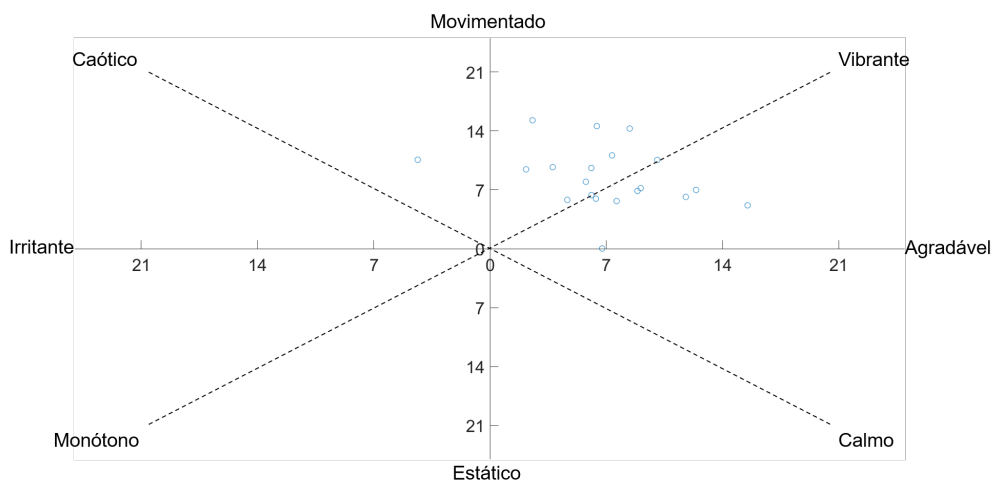


Figura 70 – Diagrama bidimensional da percepção sonora dos participantes da Escadaria do Bixiga

Fonte: Elaborado pelo autor.

Avaliação do ambiente sonoro circundante

De maneira semelhante ao que foi avaliado na Festa de Nossa Senhora Achiropita, foi analisado o ambiente sonoro circundante no evento na Escadaria do Bixiga. A Figura 71 mostra o diagrama de caixas das respostas obtidas, em que é possível observar a tendência central das respostas para o ambiente sonoro circundante.

Sobre o quão positivo era o ambiente sonoro circundante, a mediana de respostas foi 77,5 com um DP de 20,9. Já em relação ao quão o ambiente sonoro circundante é adequado ao local atual, a mediana de respostas foi 82,5 com um DP de 16,5. Em relação ao quão o atual ambiente sonoro circundante era adequado ao evento que estava ocorrendo, a mediana de respostas foi 80,0 com um DP de 14,5. Por fim, sobre com que frequência o participante gostaria de retornar ao local, a mediana de respostas foi 90,0 com um DP de 14,6.

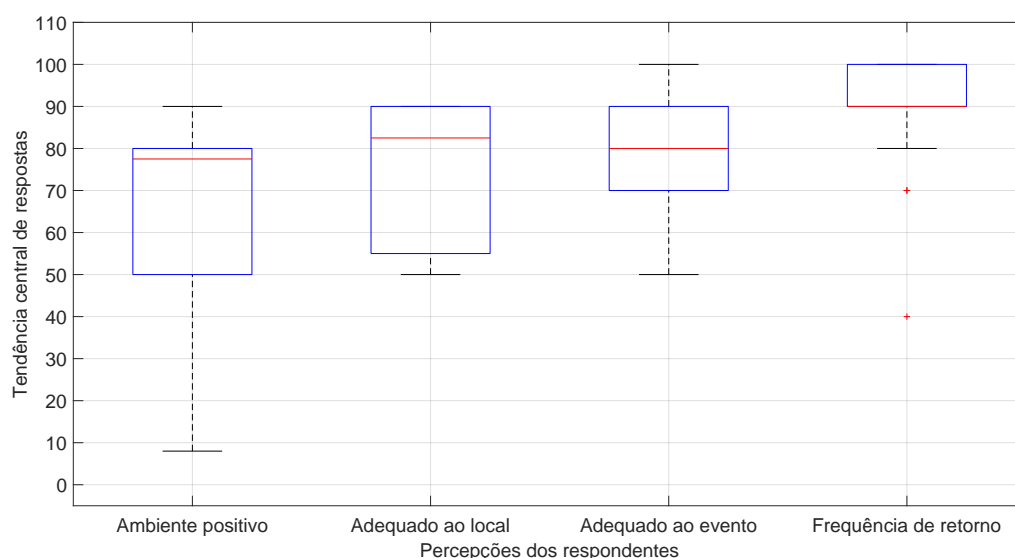


Figura 71 – Diagrama de caixas das respostas para o ambiente sonoro circundante da Escadaria do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para completar o questionário se realizou uma pergunta descritiva opcional para que o participante tivesse a oportunidade de expor alguma situação específica. Foram levantados apontamentos sobre a regularidade dos eventos que diminuiriam após a pandemia da COVID-19, do local ser um espaço cultural importante na cidade e da necessidade de ocupar espaços públicos.

Relação entre a análise quantitativa e a análise qualitativa - Ao longo do evento da Escadaria do Jazz que ocorreu na Escadaria do Bixiga foram realizadas medições de níveis de pressão sonora e gravações binaurais. O ambiente sonoro mostrou-se um ambiente com um L_{Aeq} de 89,2 dB, porém com diferenças nos níveis estatísticos L_{10} - L_{90} não superiores a 9 dB, ou seja, não havendo incômodo devido a mudanças bruscas de nível sonoro. Em relação aos parâmetros psicoacústicos de *sharpness* e *roughness*, não houve valores elevados na paisagem sonora. Já para os valores de *loudness*, observam-se valores médios de 63 sones, sendo condizentes com os valores de nível de pressão sonora.

Em relação aos valores de *fluctuation strength*, os resultados mensurados para os pontos mostram destaques pontuais de valores elevados na paisagem sonora. Esses valores foram isolados nas análises e constatou-se que se referem ao sistema de reprodução de áudio.

Os parâmetros passaram pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk, em que caótico, vibrante, movimentado, nível de pressão sonora, *sharpness* e *fluctuation strength* se mostraram como normais, todos os demais parâmetros se caracterizaram como não-normais. Como esperado, a correlação de Spearman indicou haver uma relação direta entre caótico e nível de pressão sonora do local ($\rho = -0,46$ e valor- $p = 0,004$). Também se encontrou uma relação inversa entre o quão caótico e o quão adequado era o ambiente circundante ao evento ($\rho = -0,45$ e valor- $p = 0,05$). As demais correlações, para um valor- $p < 0,05$, estão detalhadas na Figura 72.

Sendo assim, considera-se o ambiente sonoro circundante como um ambiente com um nível de pressão sonora elevado e constante, com baixo fluxo de veículos e alta atividade humana, enfatizando a agradabilidade, sendo vibrante e movimentado, devido a ausência de grandezas psicoacústicas como *sharpness* e *roughness* e presença apenas de valores pontuais de *fluctuation strength*.

4.6 Escola de samba Vai-Vai

4.6.1 Gravações binaurais

Foram realizadas as gravações binaurais visando uma maior compreensão da paisagem sonora que contempla a Escola de samba Vai-Vai. As gravações binaurais foram realizadas no dia 05/02/2023 entre 16:00 e 20:00. A gravação binauricular (.wav) pode ser ouvida em sua versão bruta clicando [aqui](#), para isso é recomendado a utilização de fones de ouvido.

O local dos ensaios da escola de samba Vai-Vai vem alternando desde 2021, quando após 50 anos deixou sua sede no bairro do Bixiga para a construção da nova estação de metrô 14 bis da Linha Laranja. Os ensaios mensurados ocorreram na sede do Sindicato dos Bancários localizado na Rua Tabatinguera, 192. Devido a esse local ser um ginásio fechado e fora da área física de estudo, não foram analisadas as condições de mapa de ruído.

A Tabela 26 apresenta os resultados globais do ponto de medição dos parâmetros de nível de pressão sonora além dos parâmetros psicoacústicos que estão apresentados respectivamente como canal esquerdo e direito. Demais informações como parâmetros ambientais e coordenadas geográficas estão descritas no Apêndice E.

Na Figura 73 é possível observar o histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos e seus valores específicos em que se nota não haver valores elevados na paisagem sonora para os parâmetros de *roughness*, *sharpness* e *fluctuation strength*. Já para o parâmetro *loudness*, se nota que o local possui valores constantes, havendo diminuição e aumento do parâmetro conforme executadas músicas pela bateria da escola de samba.

Tabela 26 – Parâmetros e métricas obtidas no ensaio da Escola de Samba Vai-Vai.

Parâmetro	Métricas a serem determinadas para cada canal separadamente								
Nível de pressão sonora	L_{Aeq} (dB)		L_{Ceq} (dB)		L_{AF5} (dB)		L_{AF95} (dB)		
	99,3		106,3		104,2		93,0		
<i>Loudness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	N_5 (Sones)		$N_{média}$ (Sones)		N_{rmc} (Sones)		N_{95} (Sones)		$\frac{N_5}{N_{95}}$
	97,9	91,9	84,7	78,5	77,6	72,8	33,5	33,3	2,9 2,8
<i>Roughness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	R_{10} (Asper)				R_{50} (Asper)				
	0,0546		0,1239		0,0318		0,0810		
<i>Sharpness</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	S_5 (Acum)		$S_{média}$ (Acum)		S_{95} (Acum)				
	1,50	1,40	1,25	1,18	1,03		1,01		
<i>Fluctuation strength</i> (Ca. esquerdo/ Ca. direito)	F_{10} (Vacils)				F_{50} (Vacils)				
	0,3772		0,1589		0,2522		0,0933		

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6.2 Escola de Samba Vai-Vai - Análise qualitativa

Visando uma compreensão completa da paisagem sonora do espaço de ensaios da escola de samba Vai-Vai, foram realizadas entrevistas com frequentadores do evento. As entrevistas foram realizadas em paralelo às medições detalhadas no dia 05/02/2023 no momento do evento.

Reconhecimento dos participantes

Durante o ensaio da escola de samba foram entrevistadas 20 pessoas, sendo esses sujeitos frequentadores do evento e todos autorizaram o uso dos dados, sendo 20 o valor de participantes utilizados nas análises subsequentes.

Quanto às variáveis pessoais, a faixa etária se configurou de maneira que a média foi 36,1 anos com um desvio padrão (DP) de 9,5 anos. Quanto ao gênero, 55,0% são do feminino e 45,0% são do masculino. Já para a escolaridade, 10,0% possuem técnico incompleto, 25,0% não possuem ensino médio completo, 20,0% possuem ensino médio completo, 30,0% possuem ensino superior incompleto, 15,0% possuem o ensino superior completo.

Referente a possuir algum tipo de deficiência, 95,0% dos participantes responderam que não possuem deficiência. Quanto à dificuldade em ouvir, 90,0% responderam que não possuem dificuldade, porém, ao responderem se já foram diagnosticados com perda auditiva, 95,0% dos participantes responderam negativamente. Ao serem questionados referente ao conhecimento na área de pesquisa deste trabalho, 100,0% responderam que

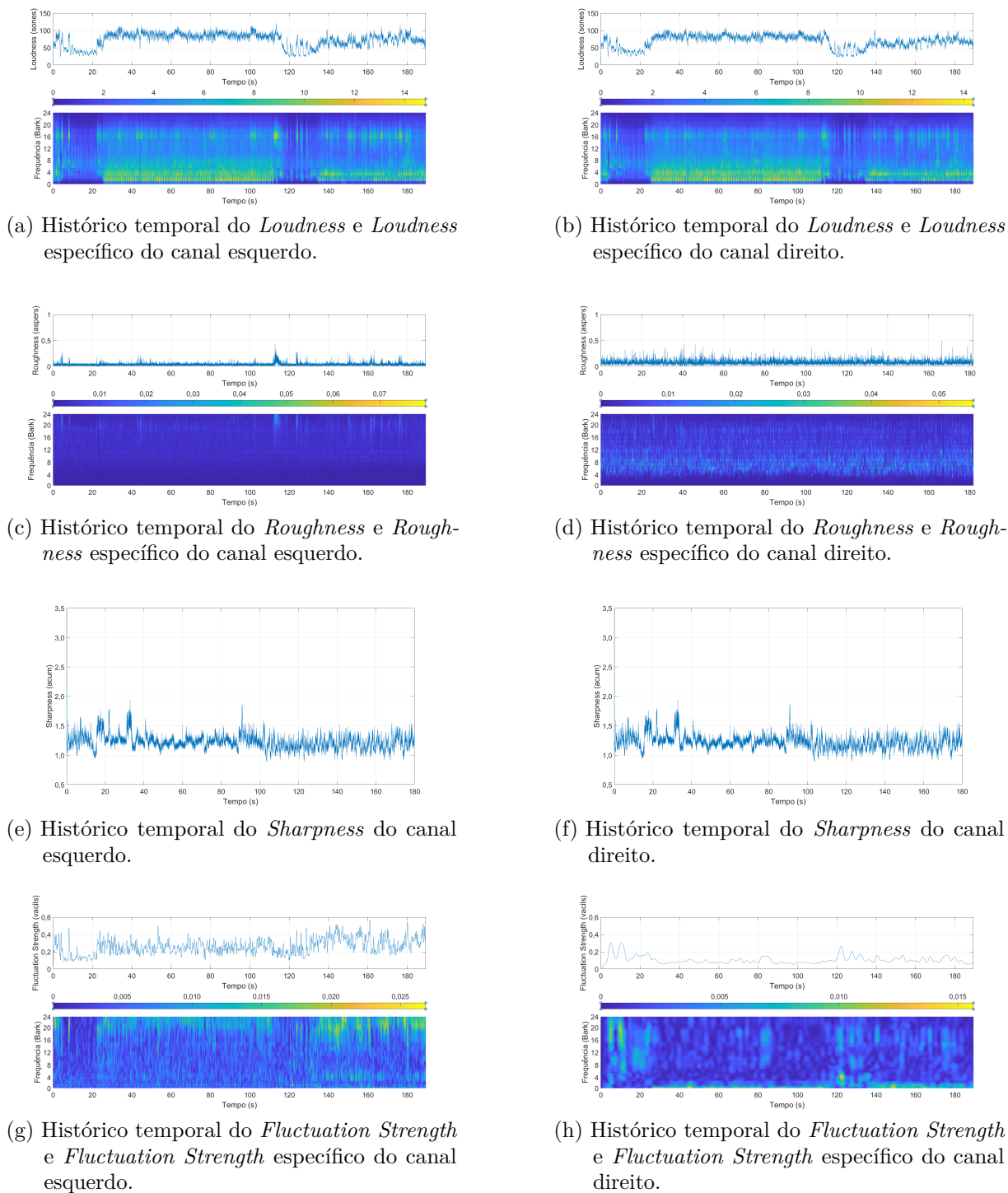


Figura 73 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos da escola de samba Vai-Vai.
Fonte: Elaborado pelo autor.

são leigos. Sobre se são moradores do bairro, 60,0% são moradores do bairro, 40,0% são visitantes.

Identificação da fonte sonora

Com relação aos questionamentos sobre as fontes sonoras, a Figura 74 mostra o diagrama de caixas das respostas obtidas, no qual é possível observar a tendência central das respostas dos diferentes tipos de fontes sonoras.

Sobre até que ponto se escuta o ruído de trânsito no local, a mediana de respostas foi 17,5 com um DP de 18,4. Sobre até que ponto se escutam sons de atividades humanas, a mediana de respostas foi 90,0 com um DP de 10,8. Para até que ponto se escutam sons naturais, a mediana de respostas foi 15,0 com um DP de 26,3. Em relação à percepção para outros tipos de sons, a mediana de respostas foi 10,0 com um DP de 15,6.

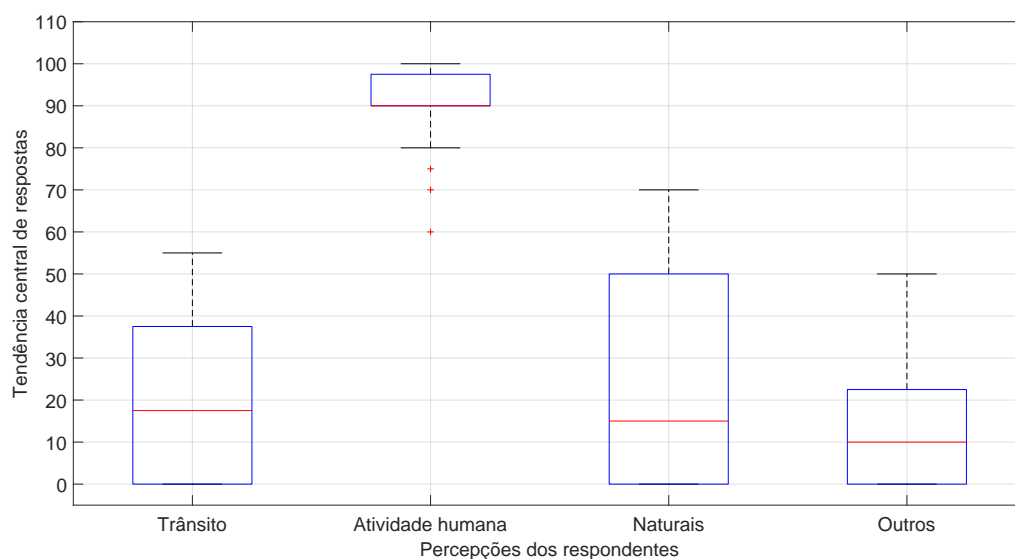


Figura 74 – Diagrama de caixas das respostas para identificação da fonte sonora do ensaio da escola de samba Vai-Vai.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Qualidade afetiva percebida

Quanto à qualidade afetiva percebida, a Figura 75 mostra o diagrama de caixas das respostas obtidas, no qual é possível observar a tendência central das respostas das diferentes qualidades afetivas percebidas.

Sobre o quão agradável era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 80,0 com um DP de 15,9. Já em relação ao quão caótico era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 40,0 com um DP de 26,0. Para o quão vibrante era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 80,0 com um DP de 20,5.

Sobre o quão estático era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 40,0 com um DP de 19,5. Já para o quão calmo era ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 15,0 com um DP de 26,0. Para o quão irritante era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 25,0 com um DP de 24,2. Já em relação ao quão movimentado era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 72,5 com um DP de 15,7. Por fim, para o quão monótono era o ambiente acústico do local, a mediana de respostas foi 30,0 com um DP de 24,6.

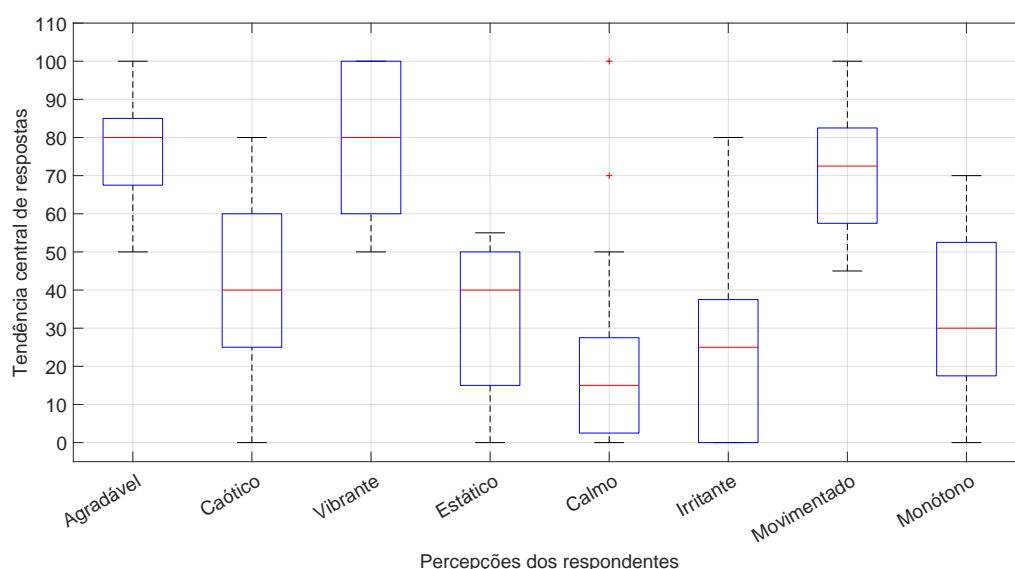


Figura 75 – Diagrama de caixas das respostas para qualidade afetiva percebida do ensaio da escola de samba Vai-Vai.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 76 apresenta o diagrama bidimensional da percepção dos participantes em relação ao ensaio da escola de samba Vai-Vai. É possível observar que as respostas dos participantes estão entre as dimensões de vibrante-movimentado e vibrante- agradável.

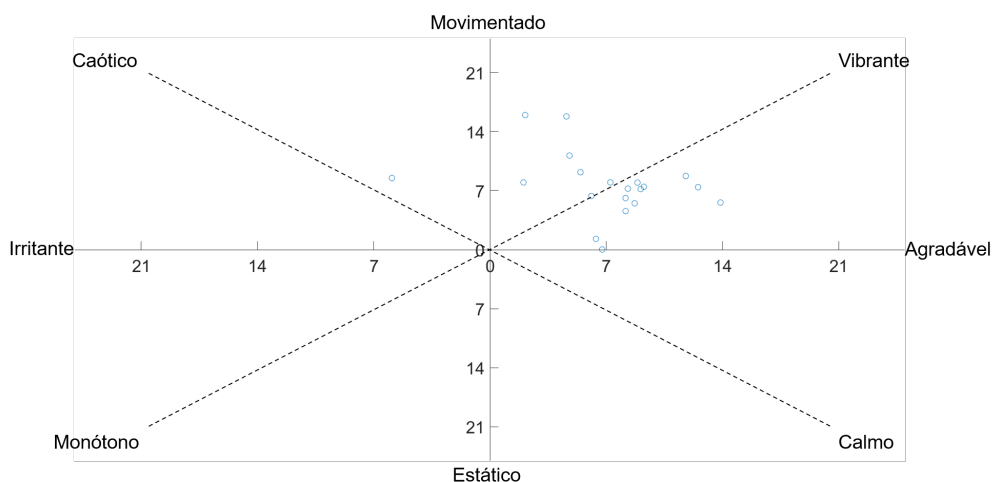


Figura 76 – Diagrama bidimensional da percepção sonora dos participantes do ensaio da escola de samba Vai-Vai.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Avaliação do ambiente sonoro circundante

De maneira semelhante ao que foi avaliado na Festa de Nossa Senhora Achiropita e na Escadaria do Bixiga, foi analisado o ambiente sonoro circundante no ensaio da escola de samba Vai-Vai. A Figura 77 mostra o diagrama de caixas das respostas obtidas, no qual é possível observar a tendência central das respostas para o ambiente sonoro circundante.

Sobre o quão positivo era o ambiente sonoro circundante, a mediana de respostas foi 80,0 com um DP de 16,6. Já em relação ao quão o atual ambiente sonoro circundante era adequado ao local, a mediana de respostas foi 65,0 com um DP de 20,1. Em relação ao quão o ambiente sonoro circundante era adequado ao evento que estava ocorrendo, a mediana de respostas foi 70,0 com um DP de 17,6. Por final, sobre com que frequência o participante gostaria de retornar ao local, a mediana de respostas foi 85,0 com um DP de 16,8.

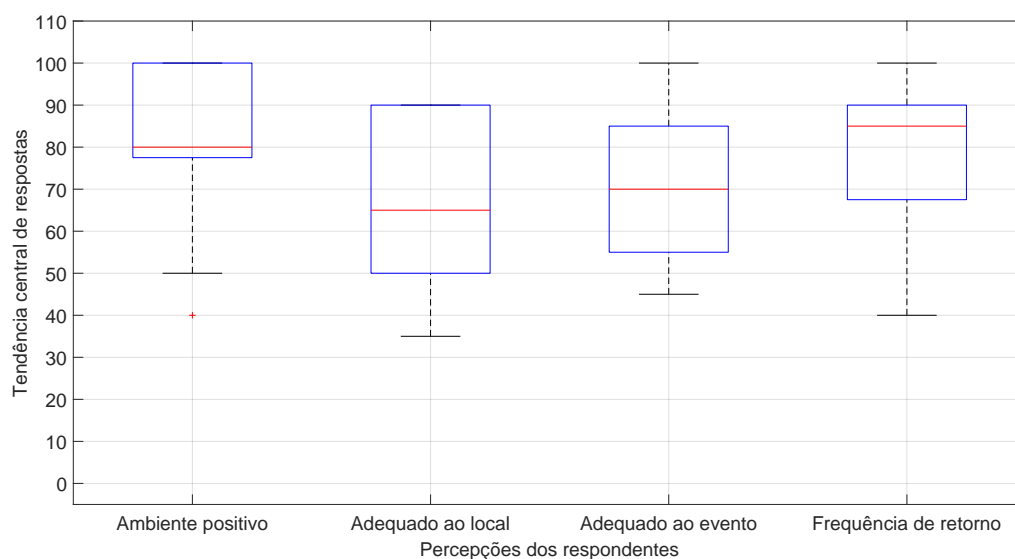


Figura 77 – Diagrama de caixas das respostas para o ambiente sonoro circundante do ensaio da escola de samba Vai-Vai.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para completar o questionário se realizou uma pergunta descritiva opcional para que o participante tivesse a oportunidade de expor alguma situação específica. Foram levantados apontamentos da importância da escola de samba para o bairro, da necessidade de ter um espaço físico próprio para os ensaios e em relação ao ambiente positivo e familiar.

Relação entre a análise quantitativa e a análise qualitativa - Ao longo do evento do ensaio da escola de samba Vai-Vai foram realizadas medições de nível de pressão sonora e gravações binaurais. O ambiente sonoro apresentou um L_{Aeq} 99,3 dB, com diferenças nos níveis estatísticos $L_{10}-L_{90}$ não superiores a 9 dB, ou seja, não havendo mudanças bruscas de nível sonoro. Em relação aos parâmetros psicoacústicos de *sharpness*, *roughness* e *fluctuation strength*, não houve valores elevados na paisagem sonora. Já para *loudness*, observam-se valores médios de 78 sones, sendo condizentes com os valores de nível de pressão sonora.

Os parâmetros passaram pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk, em que para caótico, movimentado, nível de pressão sonora, *roughness*, *sharpness*, *fluctuation strength*, quão adequado é o ambiente circundante ao evento e frequência de retorno se mostraram normais, todos demais parâmetros se caracterizaram como não-normais. Como esperado, a correlação de Spearman indicou haver uma relação direta entre quão caótico e quão movimentado era o ambiente acústico do local ($\rho = 0,52$ e valor- $p = 0,002$). Também se encontrou uma relação direta entre quão calmo e frequência de retorno ao local ($\rho = 0,52$

e valor- $p = 0,02$) e uma relação direta entre movimentado e nível de pressão sonora do local ($\rho = 0,51$ e valor- $p = 0,02$). As demais correlações, para um valor- $p < 0,05$, estão detalhadas na Figura 78.

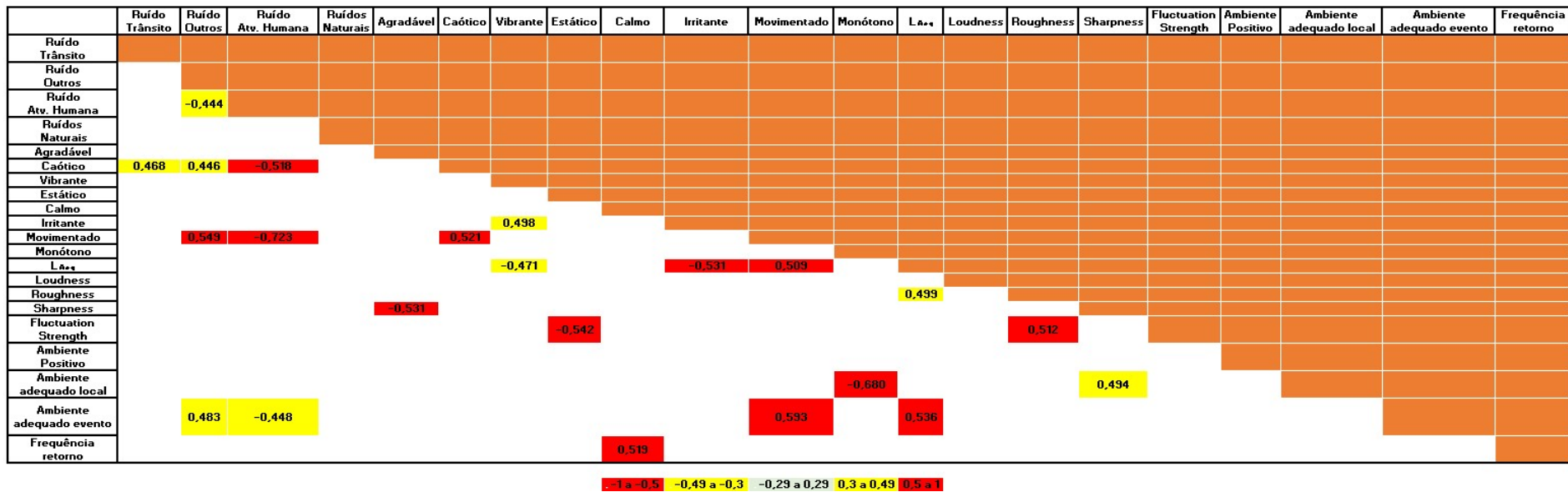


Figura 78 – Correlação entre variáveis quantitativas e qualitativas do ensaio da escola de samba Vai-Vai.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Sendo assim, considera-se o ambiente sonoro circundante como um ambiente com um nível de pressão sonora elevado e constante, com destaque para alta atividade humana, enfatizando a agradabilidade, sendo vibrante e movimentado, devido a ausência de grandezas psicoacústicas como *sharpness*, *roughness* e *fluctuation strength*. Também são destacados os valores para caótico e irritante, que podem ter sido influenciados pelo local ser um local fechado e sem tratamento acústico, levando a uma reverberação alta por conta das diversas reflexões nas superfícies do ambiente.

4.7 Relação dos eventos culturais do Bixiga

Ao longo dos eventos do bairro do Bixiga, foram realizadas medições de nível de pressão sonora e gravações binaurais. Os ambientes sonoros dos eventos mostraram-se com L_{Aeq} variante entre 80 dB e 100 dB. Em relação aos parâmetros psicoacústicos de *sharpness*, *roughness* e *fluctuation strength*, não houve valores elevados na paisagem sonora dos eventos. Já para *loudness*, foram obtidos valores médios variando de 25 a 78 sones, sendo condizentes com os valores de nível de pressão sonora para cada evento.

Para um maior entendimento dos eventos do bairro do Bixiga, foram realizados os testes de Spearman e Pearson entre as mesmas variáveis para os diferentes eventos. A Figura 79 apresenta as correlações entre as próprias variáveis para os diferentes eventos, destacadas as correlações para um valor- $p < 0,1$.

Como esperado, a correlação de Spearman indicou haver uma relação direta entre grande parte das variáveis, sendo destacados para a Festa de Nossa Senhora Achiropita e Escadaria do Bixiga os valores para ruído de atividade humana ($\rho = 0,38$ e valor- $p = 0,095$), e L_{Aeq} ($\rho = 0,34$ e valor- $p = 0,01$). Também para a Festa de Nossa Senhora Achiropita e do ensaio da escola de samba Vai-Vai, houve destaques para movimentado ($\rho = -0,40$ e valor- $p = 0,09$), e L_{Aeq} ($\rho = -0,43$ e valor- $p = 0,06$). Da mesma forma, para os eventos da Escadaria do Bixiga e ensaio da escola de samba Vai-Vai, destacam-se os valores para irritante ($\rho = 0,94$ e valor- $p = 0,001$), monótono ($\rho = 0,90$ e valor- $p = 0,001$), ambiente circundante adequado ao local ($\rho = 0,86$ e valor- $p = 0,001$), movimentado ($\rho = 0,59$ e valor- $p = 0,007$) e vibrante ($\rho = 0,83$ e valor- $p = 0,001$).

Sendo assim, os ambientes sonoros dos eventos do bairro do Bixiga apresentam níveis de pressão sonora elevados, constantes, com destaque para alta atividade humana,

ênfatizando a agradabilidade, sendo vibrante e movimentado, devido à ausência constante de grandezas psicoacústicas como *sharpness*, *roughness* e *fluctuation strength*. Também são destacados os valores para calmo e monótono, que podem ter sido influenciados pelos locais possuírem um níveis de pressão sonora constantes.

	Ruído Trânsito	Ruído Outros	Ruído Atv. Humana	Ruídos Naturais	Agradável	Caótico	Vibrante	Estático	Calmo	Irritante	Movimentado	Monótono	LAeq	Loudness	Roughness	Sharpness	Fluctuation Strength	Ambiente Positivo	Ambiente adequado local	Ambiente adequado evento	Frequência retorno
Achiropita x Escadaria	-0,145	0,002	0,384	-0,076	-0,174	-0,032	0,005	0,151	0,044	0,200	-0,093	0,122	0,338	0,134	0,235	0,000	-0,063	-0,102	0,079	-0,145	0,049
Achiropita x Vai-Vai	0,118	0,241	0,070	0,013	0,267	0,206	0,127	0,370	0,151	0,180	-0,390	-0,076	-0,429	0,197	0,071	0,268	0,167	-0,352	0,084	-0,158	0,172
Escadaria x Vai-Vai	0,340	0,535	-0,198	0,742	0,336	0,593	0,829	0,381	0,860	0,937	0,585	0,901	0,344	-0,114	-0,026	0,096	0,367	0,106	0,856	0,453	0,300

-1 a -0,5 -0,49 a -0,3 -0,29 a 0,29 0,3 a 0,49 0,5 a 1

Figura 79 – Autocorrelação das variáveis quantitativas e qualitativas para os diferentes eventos do bairro do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5 Conclusão

O presente trabalho teve como objetivo explorar as diferentes relações entre objetos sonoros e seu papel acústico na dinâmica sociocultural do bairro do Bixiga. O estudo buscou compreender as diversas complexidades da paisagem sonora do local de estudo, tanto por meio de uma avaliação quantitativa quanto por meio de uma avaliação qualitativa.

Para isso, foi necessário identificar os parâmetros quantitativos e qualitativos a serem avaliados na caracterização da paisagem sonora, em que foram utilizadas as recomendações da ISO 12913 e de outras normativas e regulamentações desde a esfera internacional até a esfera municipal.

Para conduzir as análises dos parâmetros psicoacústicos, foi necessário desenvolver, adquirir e validar um sistema binauricular de baixo custo. Para esse fim, foi realizado um comparativo entre o sistema MK em relação a outro sistema de baixo custo e a dois sistemas de alta precisão. Durante o processo, foram feitas gravações da emissão de ruído por uma fonte sonora conhecida em vários ângulos. Os resultados obtidos foram relacionados usando a média e o desvio padrão, sendo que o desvio padrão global não ultrapassou 3 dB. Além disso, não foram encontrados valores discrepantes médios ou extremos para as diferentes bandas de frequência de terço de oitava. Isso assegurou que os valores medidos pelo sistema de baixo custo apresentam proximidade com os valores obtidos pelos sistemas de alta precisão.

Após sua validação, foi realizado o plano piloto, em uma região de menor área do bairro do Bixiga, para a compreensão prática de toda a metodologia proposta no presente trabalho. O plano piloto contemplou medições de níveis de pressão sonora e posterior simulação do mapa de ruído e o desenvolvimento de uma caminhada sonora (*soundwalk*) para compreensão da metodologia de medições binaurais e entrevistas com os participantes. Com relação ao mapa de ruído, foi possível concluir que a Praça Dom Orione está exposta a níveis sonoros elevados, sendo seus valores condizentes com as percepções dos entrevistados no *soundwalk*. Foi possível também analisar a atenuação pela distância dos níveis sonoros provindos da Rua Rui Barbosa e da Rua Treze de Maio em relação à Escadaria do Bixiga e também pela diferença de nível do solo.

Com relação ao *soundwalk*, foram caracterizados 3 pontos do bairro, com gravações binaurais e entrevistas com participantes em que foi observada, através dos testes es-

tatísticos utilizados, uma correspondência inversa entre o quão alto era o som do local e a frequência de retorno à Praça Dom Orione, uma relação direta entre o quão desagradável era o som do local e os valores de *loudness* para a Igreja Nossa Senhora Achiropita e uma relação direta entre o quão alto era o som do local e o nível de pressão sonora da Escadaria do Bixiga.

Com a metodologia definida e validada, foi desenvolvido o mapa de ruído do bairro do Bixiga, em que se destacaram com níveis sonoros elevados o cruzamento entre a Rua Rui Barbosa e a Rua Manoel Dutra, devido a fato de serem vias de acesso a avenidas de maior fluxo de São Paulo. Também ficou evidente a influência da interdição da construção da Estação 14 Bis da Linha Laranja do metrô. Também foram destacados o local da Festa de Nossa Senhora Achiropita e da Escadaria do Bixiga que puderam ser comparados com os mapas de ruído com a influência dos respectivos eventos culturais.

De forma complementar, foi possível comparar os níveis sonoros simulados com os valores normativos, para um limite de L_{Aeq} de 55 dB para região. Foi possível concluir que o bairro do Bixiga possui, em quase toda sua totalidade, níveis sonoros acima dos limites normativos.

Em relação aos eventos culturais do Bixiga, foram avaliados a Festa de Nossa Senhora Achiropita, a Escadaria do Bixiga e o ensaio da escola de samba Vai-Vai. Todos os eventos culturais possuíam níveis sonoros elevados, porém sendo percebidos pelos frequentadores como ambientes agradáveis, movimentados e caóticos.

Sobre a Festa de Nossa Senhora Achiropita foram realizadas gravações binaurais e entrevistas com participantes em que foi analisado, por meio de testes estatísticos, uma correspondência inversa entre o ruído de atividades humanas e quão estático era o ambiente acústico no local e uma correspondência direta entre o ruído de atividades humanas e o quão movimentado era o ambiente acústico no local.

De forma semelhante, para a Escadaria do Bixiga, foram realizadas gravações binaurais e entrevistas com participantes em que foi analisado, por meio de testes estatísticos, uma correspondência direta entre o quão caótico era o ambiente acústico no local e o nível de pressão sonora, também houve uma correspondência inversa entre o quão caótico era o ambiente acústico no local e quão adequado era o ambiente circundante ao evento.

Por fim, para o evento do ensaio da escola de samba Vai-Vai, foram realizadas gravações binaurais e entrevistas com participantes em que foi analisado, por meio de testes estatísticos, uma correspondência direta entre o quão caótico era o ambiente acústico

no local e o quão movimentado era o ambiente acústico no local, também houve uma correspondência direta entre o quão movimentado era o ambiente acústico no local com o nível de pressão sonora.

Ao identificar e caracterizar esses diferentes elementos, foi possível definir a cultura na percepção de som-espaco-território por meio de estudos sonoros. Sendo assim, com entendimento de abordagens qualitativas, é possível obter uma melhor compreensão da historicidade e do apego afetivo ao meio ambiente a ponto de estabelecer um enaltecimento patrimonial do intangível.

Em suma, a presente pesquisa desempenha um papel fundamental ao registrar e preservar a paisagem sonora do bairro no momento atual. A importância desse registro transcende o âmbito da mera curiosidade, uma vez que a paisagem sonora é uma parte intrínseca da história e da arquitetura de um local. Ao longo do tempo, a informação contida nesses sons pode facilmente se perder pela falta de registros adequados, deixando-nos apenas com fragmentos dispersos da memória auditiva do passado.

Assim, ao capturar e documentar a paisagem sonora atual do bairro, é garantida a preservação de um patrimônio imaterial valioso. Essas gravações servirão como testemunhas vivas do contexto sonoro único deste momento, permitindo que futuras gerações apreciem e compreendam as sutilezas e nuances sonoras que compõem a identidade local.

Além disso, a disponibilidade desses registros sonoros pode fornecer *insights* importantes para a área da arquitetura e do urbanismo. Eles podem auxiliar na concepção de projetos de espaços públicos, na análise do impacto sonoro de determinadas construções e no planejamento de intervenções urbanas que considerem a qualidade acústica do ambiente. Essa compreensão mais profunda da paisagem sonora contribui para o desenvolvimento de espaços urbanos mais harmoniosos e sustentáveis, que levam em conta não apenas os aspectos visuais, mas também os sonoros.

Em última análise, ao reconhecer a importância da preservação da paisagem sonora do bairro e ao realizar esta pesquisa, é possível cumprindo um papel fundamental na salvaguarda de um patrimônio cultural intangível. Garantir que as gerações futuras possam acessar e apreciar essa riqueza sonora é um legado valioso que contribui para a nossa compreensão da história, da arquitetura e da identidade de uma comunidade.

Referências

- ACHIROPITA. *Nossa Senhora Achiropita: como tudo começou*. 2015. Disponível em: <http://achiropita.org.br/como-tudo-comecou/>. Citado na página 89.
- AKIMA, H. A new method of interpolation and smooth curve fitting based on local procedures. *Journal of the ACM (JACM)*, 1973. Citado na página 90.
- ALAM, P. et al. Validation of the road traffic noise prediction model rls-90 in an urban area. *Conference: 2020 3rd International Conference on Emerging Technologies in Computer Engineering: Machine Learning and Internet of Things (ICETCE)*, 2020. Citado na página 43.
- ALBALA, P. L. *Percursos de pedestres: caminhabilidade, conforto ambiental e planejamento estratégico*. [S.l.]: Universidade de São Paulo, 2022. Citado na página 117.
- AURES, W. Ein berechnungsverfahren der rauhgigkeit. 1985. Citado 2 vezes nas páginas 56 e 58.
- BABISH, W. The noise/stress concept, risk assessment and research needs. Federal Environmental Agency, 2002. Citado na página 40.
- BALLOU, G. *Handbook for Sound Engineers*. [S.l.]: Burlington: Focal Press, 2008. Citado na página 53.
- BARBOSA, A. *Um Samba no Bixiga*. 1956. <https://www.letras.mus.br/adoniran-barbosa/188522/> (acessado em 23/08/2020). Citado na página 27.
- BERGER, J. *Modos de ver*. [S.l.]: Rocco, 1999. Citado na página 21.
- BERGER, J. D. *Environmental aesthetics: ideas, politics and planning*. [S.l.]: Routledge, 1996. ISBN 85.325-0867-7. Citado na página 21.
- BERZBORN, M. et al. The ita-toolbox: An open source matlab toolbox for acoustic measurements and signal processing. *43th Annual German Congress on Acoustics*, Kiel, Germany, 2017. Citado na página 81.
- BISMARCK, G. V. *Sharpness as an Attribute of the Timbre of Steady State Sounds*. [S.l.]: Springer, 1974. Citado na página 58.
- BISTAFA, S. R. *Acústica aplicada ao controle de ruído*. [S.l.]: Blucher, 2018. Citado 9 vezes nas páginas 32, 34, 36, 37, 38, 39, 48, 50 e 102.
- BLATRIX, S. *Vias auditivas primárias*. 2020. Disponível em: <http://www.cochlea.eu/po/cerebro-auditivo/>. Citado na página 52.
- BLAUERT, J. *Spatial hearing: the psychophysics of human sound localization*. [S.l.]: MIT Press., 1997. Citado 2 vezes nas páginas 48 e 49.
- BRANDAO, E. *Acústica de Salas, projeto e modelagem*. [S.l.]: Blucher, 2016. Citado 3 vezes nas páginas 30, 31 e 32.
- BRISOLA, S. *Descubra Sampa: Cultura e informação*. 2018. <https://www.descubrasampa.com.br/2018/07/vila-itororo.html> (acessado em 21/08/2020). Citado na página 26.

- BRITO, A. *Tolerância Zero em Fortaleza*. [S.l.]: Premius, 2013. Citado na página 44.
- BROWN, A.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*, 2011. Citado na página 66.
- CHITTKA, L.; BROCKMANN, A. *Perception Space—The Final Frontier*. 2009. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomy_of_the_Human_Ear.svg. Citado na página 47.
- CONCLI, R. *Resistências e conflitos marcam a gentrificação em São Paulo*. 2018. Disponível em: <https://aun.webhostusp.sti.usp.br/index.php/2018/02/07/resistencias-e-conflitos-marcam-a-gentrificacao-em-sao-paulo/>. Citado na página 27.
- CORTES, M. M. Método de avaliação sonora em áreas urbanas formais e informais. *Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018. Citado 3 vezes nas páginas 22, 42 e 102.
- CRUZ, M.; MAZIVIERO, M. C.; SAMPAIO, I. A percepção do ruído na cidade de São Paulo em contraponto ao planejamento urbano. *XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica*, XXVII Sobrac - Anais, Brasília, 2017. Citado na página 45.
- D'AGOSTINO, R. Transformation to normality of the null distribution of g_1 . *Biometrika*, 1970. Citado na página 90.
- DANIEL, P.; WEBER, R. Psychoacoustic roughness: Implementation of an optimized model. 1997. Citado na página 56.
- DORNICKE. *Escadaria do Bixiga*. 2008. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Escadaria_do_Bixiga.01.JPG (acessado em 21/08/2020). Citado na página 26.
- FASTL, H.; ZWICKER, E. Psychoacoustics: Facts and models. 2007. Citado 5 vezes nas páginas 53, 56, 59, 60 e 85.
- FELIX, R.; GOURÉVITCH, B.; PORTFORS, C. Subcortical pathways: Towards a better understanding of auditory disorders. 2018. Citado 2 vezes nas páginas 51 e 52.
- FILME, G. *Tradição*. 1956. <https://www.letras.mus.br/geraldo-filme/763068/> (acessado em 24/04/2021). Citado na página 74.
- GELFAND, S. *An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics*. [S.l.]: Informa Healthcare, 2004. Citado 2 vezes nas páginas 48 e 50.
- GERGELEY, B. European noise policy - directive 2002/49/ec. *Internoise*, Lisboa, Portugal, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 43.
- HAST, A. et al. Speech perception of elderly cochlear implant users under different noise conditions. *Otol Neurotol*, 2015. Citado na página 90.
- HOFMAN, P. M.; RISWICK, J. V.; OPSTAL, A. V. *Relearning sound localization with new ears*. [S.l.]: Nature Neuroscience, 1998. Citado na página 48.
- HOLTZ, M. C. de B. *Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos. Estudo de caso: Parque Villa Lobos, em São Paulo*. [S.l.]: Universidade de São Paulo, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 23, 41 e 43.

- INAD. *Mapa Centro SP*. 2018. Disponível em: <https://www.mapaderuidosp.org.br/mapa-de-ruído/mapa-centro-sp/>. Citado 2 vezes nas páginas 45 e 46.
- INAD. *Mapa Piloto SP*. 2018. Disponível em: <https://www.mapaderuidosp.org.br/mapa-de-ruído/mapa-piloto-sp/>. Citado na página 45.
- JUSTINO, I. Início da avenida nove de julho. *Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo*, 1935. Citado na página 72.
- JUSTINO, I. Praça 14 bis e rua Manoel Dutra. *Acervo Fotográfico do Museu da Cidade de São Paulo*, 1935. Citado na página 72.
- KNUDSEN, E.; BRAINARD, M. Visual instruction of the neural map of auditory space in the developing optic tectum. 1991. Citado na página 51.
- KRYTER, K. *The Effects of Noise and Man*. [S.l.]: Academic Press, 1985. Citado na página 50.
- LAMANCUSA, J. Noise control course - lectures notes. *The Pennsylvania State University*, 2000. Citado 2 vezes nas páginas 50 e 51.
- LAY, M.; REIS, A. Análise quantitativa na área de estudo-comportamento. *Ambiente Construído*, 2005. Citado na página 90.
- LIMA, E. M. d. A.; YASUI, S. Territórios e sentidos: espaço, cultura, subjetividade e cuidado na atenção psicossocial. *Saúde em Debate*, p. 593–606,, 2014. Citado na página 24.
- LUCENA, C. T. Letras musicais registram marcas identitárias no bixiga (sp). *Cadernos Ceru*, p. V. 28, n. 1,, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 73.
- MA, K.; MAK, C.; WONG, H. Effects of environmental sound quality on soundscape preference. *Applied Acoustics*, 2021. Citado na página 90.
- MACHADO, A. d. A. *Brás, Bexiga e Barra Funda*. [S.l.]: IMESP, 1983. Citado na página 27.
- MARDONES, M. D. M. *Mapeamento dos Níveis de Ruído em Copacabana, Rio de Janeiro, Através de Simulação Computacional*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. Citado na página 41.
- MAREZE, P. *Controle de ruído*. [S.l.]: Notas de aula, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.
- MENESES, T. d. C. B. *Mapa de ruído como ferramenta para o planejamento territorial a partir da análise da população exposta: estudo de caso na área de influência da Rodovia Transamazônica (BR-230) na região metropolitana de João Pessoa/PB*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2021. Citado na página 44.
- MICHALSKI, R. L. X.; CAPARROZ, G. M. Avaliação sonora de espaços urbanos na área central de São Paulo: o caso da Avenida Ipiranga. *Acústica e Vibrações*, v. 51, 2019. Citado na página 35.
- MIOT, H. Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e experimentais. *Jornal Vascular Brasileiro*, 2017. Citado na página 90.

MIRANDA, A. C. d. et al. *O território na saúde: construindo referências para análises em saúde e ambiente*. [S.l.]: Rio de Janeiro, 2008. Citado na página 24.

MOORE, B. *An Introduction to the Psychology of Hearing*. [S.l.]: Academic Press, 1997. Citado na página 51.

MORAES, E. et al. Modelling the urban noise of the city of belém (brasil). *19 International Congress on Acoustics*, Madrid, 2007. Citado na página 44.

NEUMANN, H. R. Mudanças históricas nos ruídos da cidade: A paisagem sonora urbana como uma composição musical. *II Encontro internacional de gestão, desenvolvimento e inovação*, 2018. Citado na página 35.

PAUL, S. Som e ruído - releitura crítica de textos brasileiros. XXIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, 2010. Citado na página 30.

PAUL, S. *O ruído, a vibração e o ser humano*. [S.l.]: Notas de aula, 2012. Citado 4 vezes nas páginas 32, 45, 47 e 50.

PAUL, S. *Acústica Ambiental*. [S.l.]: Notas de aula, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 42.

PAVIOTTI, M. *The new Common Method? UIC Workshop*. [S.l.], 2009. Citado na página 44.

PINTO, F.; GUEDES, M.; LEITE, M. Projecto piloto de demonstração de mapas de ruído - escalas municipal e urbana. *Instituto do Ambiente*, Lisboa, Portugal, 2004. Citado na página 80.

RICARDI, P. et al. Sound quality indicators for urban places in paris cross-validated by milan data. *Journal Acoustical Society of America.*, 2015. Citado na página 35.

ROSSING, T. *Springer handbook of acoustics*. [S.l.]: Springer, 2007. ISBN 978-0-387-30446-5. Citado 4 vezes nas páginas 36, 37, 38 e 42.

RUMSEY, F. *Spatial audio*. [S.l.]: Focal Press, 2001. Citado na página 32.

SALES, E. M. et al. Desenvolvimento de método para mapeamento sonoro da cidade de são paulo. *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 45 e 46.

SANTOS, M. *Metamorfosis del espacio habitado*. [S.l.]: Oikos-Tau, 1996. ISBN 84-281-0890-0. Citado na página 24.

SCHAFER, R. *Ouvir e cantar: 75 exercícios para ouvir e criar música*. [S.l.]: Editora Unesp, 2018. ISBN 978-85-393-0767-8. Citado na página 32.

SCHAFER, R. M. *Tuning of the wold*. [S.l.: s.n.], 1977. Citado 5 vezes nas páginas 22, 24, 31, 35 e 66.

SCHLOTZHAUER, S. Elementary statistics using jmp. *SAS Press*, 2007. Citado na página 89.

SCHULTZ, T. J. *Community Noise Rating*. [S.l.]: Applied Science Publishers, 1982. Citado na página 42.

- SHAPIRO, S.; WILK, M. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 1965. Citado na página 90.
- SHIN, K.; HAMMOND, J. *Fundamentals of Signal Processing for Sound and Vibration Engineers*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2008. Citado na página 49.
- SMITH, J.; ABEL, J. *The Bark Frequency Scale*. [S.l.]: IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, 1999. Citado na página 54.
- SO, R. et al. *Toward orthogonal non-individualized head-related transfer functions for forward and backward directional sound: cluster analysis and an experimental study*. [S.l.]: Ergonomics, 2010. Citado na página 49.
- SOUZA, D. Mapeamento acústico do ruído de tráfego rodoviário do bairro imbuí, salvador - ba. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Arquitetura,, 2012. Citado na página 34.
- TENENBAUM, R. et al. Auralization generated by modeling hrirs with artificial neural networks and its validation using articulation tests. *Applied Acoustics*, 2018. Citado na página 49.
- TERHARDT, E. On the perceptions of periodic sound fluctuation (roughness). 1974. Citado na página 56.
- ACERVO DO MUSEU PAULISTA. *Planta dos terrenos do Bixiga*. 1890. Disponível em: <http://www.portaldobixiga.com.br/historia/terrenos-no-bixiga/>. Citado na página 72.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 16313: Acústica — terminologia. Rio de Janeiro, Brasil, n. 16313, 2014. Citado 4 vezes nas páginas 24, 30, 31 e 32.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 10151: Acústica — medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, Brasil, n. 10151, 2019. Citado 5 vezes nas páginas 34, 62, 78, 101 e 105.
- Bela Vista Antiga. 2021. Disponível em: <https://www.instagram.com/belavistaantiga/>. Citado 3 vezes nas páginas 73, 75 e 76.
- Brüel & Kjør. *Measuring sound*. 2021. <https://www.bksv.com/en/knowledge/blog/sound/what-is-sound> (acessado em 22/12/2021). Citado na página 33.
- CC BY-SA 3.0. *Par de funções de transferência relacionadas à cabeça*. 2019. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=58811>. Citado na página 49.
- Cidade de São Paulo. *96 FESTA DA ACHIROPITA*. 2022. Disponível em: <https://cidadedesaopaulo.com/novidades/96a-festa-da-achiro-pita/>. Citado na página 75.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Future noise policy european commission green paper. 1996. Brussels. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 41.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Decisão de diretoria N° 100/2009/P*. 2009. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/camaras-ambientais/wp-content/uploads/sites/21/2013/11/proced_med_niveis_ruido.pdf. Citado na página 63.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Decisão de diretoria Nº 389/2010/P*. 2010. Disponível em: <https://docplayer.com.br/79532052-Decisao-de-diretoria-cetesb-no-389-de.html>. Citado 2 vezes nas páginas 63 e 64.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. 45692: Measurement technique for the simulation of the auditory sensation of sharpness. n. 45692, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 58 e 85.

EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP ASSESSMENT OF EXPOSURE TO NOISE. *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*. [S.l.: s.n.], 2017. Citado na página 45.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY . *Environmental noise*. [S.l.: s.n.], 2020. Citado na página 40.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. 60942: Electroacoustics – sound calibrators. n. 60942, 2017. Citado na página 63.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. 61672-1: Electroacoustics – sound level meters – part 1: Specifications. n. 61672-1, 2013. Citado na página 63.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. 61672-2: Electroacoustics – sound level meters – part 2: Pattern evaluation tests. n. 61672-2, 2013. Citado na página 63.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. 61672-3: Electroacoustics – sound level meters – part 3: Periodic tests. n. 61672-3, 2013. Citado na página 63.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 9613-2: Acoustics - attenuation of sound during propagation outdoors - part 2: General method of calculation. n. 9613-2, 1996. Citado na página 61.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 12913-1: Acoustics — soundscape - part 1: Definition and conceptual framework. n. 12913-1, 2014. Citado 3 vezes nas páginas 22, 67 e 68.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 1996-2: Acoustics - description, measurement and assessment of environmental noise - part 2: Determination of sound pressure levels. n. 1996-2, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 62 e 68.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 532-1: Acoustics — methods for calculating loudness — part 1: Zwicker method. n. 532-1, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 55 e 85.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 12913-2: Acoustics — soundscape - part 2: Data collection and reporting requirements. n. 12913-2, 2018. Citado 10 vezes nas páginas 53, 67, 69, 77, 85, 86, 88, 89, 105 e 131.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. 12913-3: Acoustics — soundscape - part 3: Data analysis. n. 12913-3, 2019. Citado 8 vezes nas páginas 55, 56, 58, 60, 67, 70, 85 e 86.

- Matlab. *Perceived fluctuation strength of acoustic signal*. 2020. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/audio/ref/acousticfluctuation.html>. Citado na página 61.
- Matlab. *Perceived sharpness of acoustic signal*. 2020. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/audio/ref/acousticsharpness.html>. Citado na página 59.
- Matlab. *Convert from Bark scale to hertz*. 2019. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/audio/ref/bark2hz.html>. Citado na página 54.
- Matlab. *Perceived loudness of acoustic signal*. 2020. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/audio/ref/acousticloudness.html>. Citado na página 56.
- Matlab. *Perceived roughness of acoustic signal*. 2021. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/audio/ref/acousticroughness.html>. Citado na página 57.
- PARLAMENTO EUROPEU. *DIRETIVA 2002/49/CE*. 2002. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 41.
- PORTAL DO BIXIGA. *Terrenos no bixiga*. 2015. Disponível em: <http://www.portaldobixiga.com.br/historia/terrenos-no-bixiga/>. Citado na página 72.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. *Bixiga. O mais fiel retrato da cidade*. 2005. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/comunicacao/noticias/?p=140150#:~:text=H%C3%A1%20pelo%20menos%20duas%20teorias,recebendo%20por%20isso%20a%20alcunha.> Citado 2 vezes nas páginas 71 e 75.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. *Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo*. 2014. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16050-de-31-de-julho-de-2014>. Citado na página 64.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. *Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo*. 2016. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16402-de-22-de-marco-de-2016>. Citado 2 vezes nas páginas 64 e 65.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. *Mapa digital da cidade de São Paulo*. 2021. Disponível em: https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx. Citado 3 vezes nas páginas 64, 80 e 118.
- São Paulo Minha Cidade. *Bela Vista/Bixiga*. 2013. Disponível em: <https://www.saopaulominhacidade.com.br/conteudo/28/Bela+VistaBixiga>. Citado na página 71.
- Vai-Vai. *Hino da Vai-Vai*. 1978. Citado na página 75.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for community noise*. [S.l.: s.n.], 1999. Citado na página 117.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Environmental noise guidelines for the European Region*. [S.l.: s.n.], 2018. Citado 2 vezes nas páginas 40 e 41.

- TOPP, D. *Resonancia siniestra. El oyente como médium*. [S.l.]: Caja Negra, 2013. ISBN 978-987-1622-21-4. Citado na página 21.
- TRAUNMULLER, H. *Analytical Expressions for the Tonotopic Sensory Scale*. [S.l.]: Journal of the Acoustical Society of America, 1990. Citado na página 53.
- TRIOLA, M. F. *Introdução à Estatística*. [S.l.]: LTC, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 89 e 90.
- TRUAX, B. Models and strategies for acoustic design. *Stockholm, Hey Listen!*” Conference, Royal Swedish Academy of Music, 1998. Citado na página 23.
- VER, I. L.; BERANEK, L. *Noise and vibration control engineering: principles and applications*. [S.l.]: John Wiley & Sons INC, 2005. Citado na página 31.
- VITOR, C. et al. *Resistências e conflitos marcam a gentrificação em São Paulo*. 2018. (<https://paineira.usp.br/aun/index.php/2018/02/07/resistencias-e-conflitos-marcam-a-gentrificacao-em-sao-paulo/>) (acessado em 20/08/2020). Citado 2 vezes nas páginas 25 e 71.
- WEBER, R. *On the Aesthetics of Architecture: A Psychological Approach to the Structure and the Order of Perceived Architectural Space*. [S.l.]: Avebury, 1995. Citado na página 21.
- YARWOOD, M. *Psychology of human emotion: An open access textbook*. 2022. Disponível em: (<https://psu.pb.unizin.org/psych425/>). Citado na página 58.
- YOUNG, A.; BRUCE, V. *Understanding person perception*. [S.l.]: Br J Psychol, 2011. Citado na página 22.
- ZWICKER, E.; FASTL, H. *Psychoacoustics: Facts and Models*. [S.l.]: Springer, 1990. Citado 3 vezes nas páginas 54, 55 e 58.

Apêndices

Apêndice A – Medições do plano piloto

A.1 Medições do mapa de ruído do plano piloto

Ponto 01 - Rua Rui Barbosa, 344

Tabela 27 – Resultados do Ponto 01 do mapa de ruído do plano piloto.

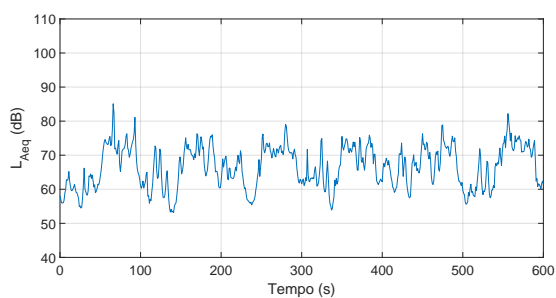
Referência	Ponto 01		
Local	Rua Rui Barbosa, 344		
Início	15/12/2021 - 08:24		
Fim	15/12/2021 - 08:34		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	70,5	74,1	59,0
Coordenadas Geográficas	23°33'30.61"S, 46°38'43.08"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	25,7	74,2	0,49
Contagem de veículos	Leves 219		Pesados 7
Velocidade máxima da via (km/h)	50		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

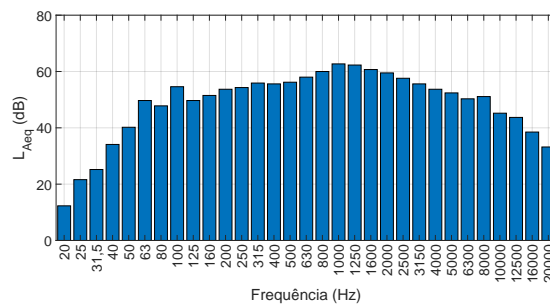


Figura 80 – Imagem do Ponto 01 do mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 81 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 01 do mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 02 - Praça Dom Orione, s/n

Tabela 28 – Resultados do Ponto 02 do mapa de ruído do plano piloto.

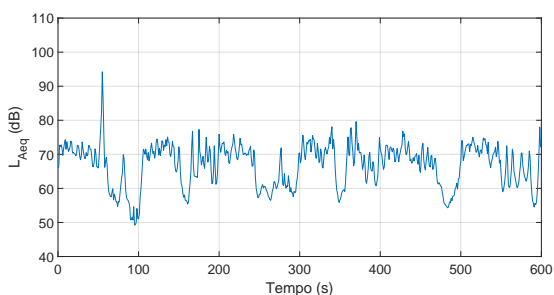
Referência	Ponto 02		
Local	Praça Dom Orione s/n		
Início	15/12/2021 - 08:38		
Fim	15/12/2021 - 08:48		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	71,8	73,4	58,2
Coordenadas Geográficas	23°33'37.23"S, 46°38'44.12"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	26,0	73,6	0,56
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	226		8
Velocidade máxima da via (km/h)	50		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

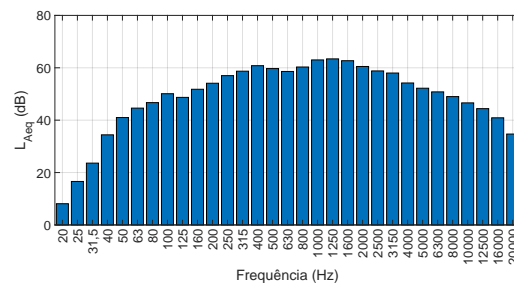


Figura 82 – Imagem do Ponto 02 do mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 83 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 02 do mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 03 - Rua Treze de Maio, 962

Tabela 29 – Resultados do Ponto 03 do mapa de ruído do plano piloto.

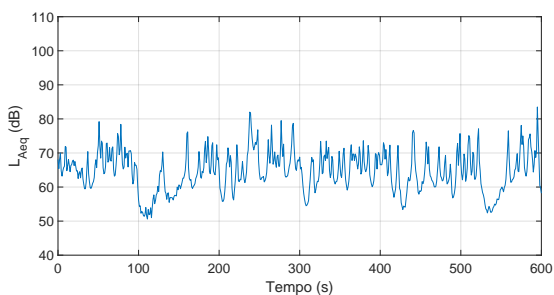
Referência	Ponto 03		
Local	Rua Treze de Maio, 962		
Início	15/12/2021 - 08:56		
Fim	15/12/2021 - 09:06		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	68,8	72,2	57,3
Coordenadas Geográficas	23°33'43.22"S, 46°38'45.97"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	27,8	67,1	1,15
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	97		5
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

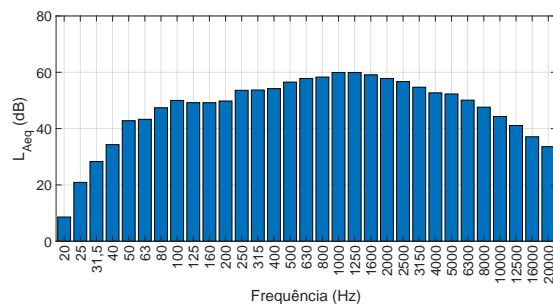


Figura 84 – Imagem do Ponto 03 do mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 85 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 03 do mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 04 - Rua dos Ingleses, 449

Tabela 30 – Resultados do Ponto 04 do mapa de ruído do plano piloto.

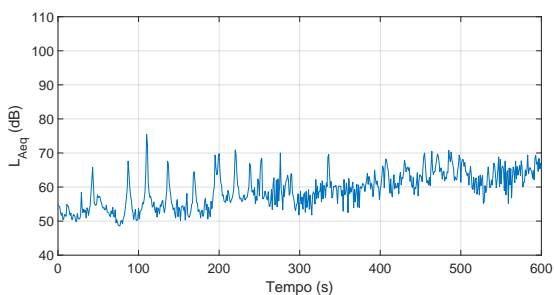
Referência	Ponto 04		
Local	Rua dos Ingleses, 449		
Início	15/12/2021 - 09:15		
Fim	15/12/2021 - 09:25		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	62,3	66,2	52,8
Coordenadas Geográficas	23°33'42.98"S, 46°38'48.35"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	25,8	75,3	0,13
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	28		2
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

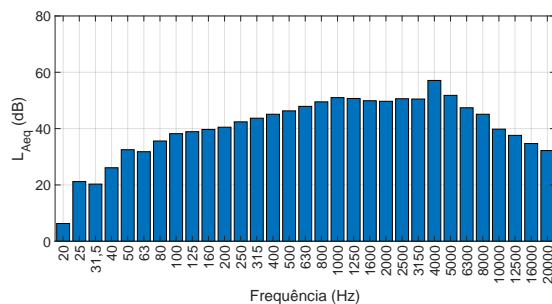


Figura 86 – Imagem do Ponto 04 do mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 87 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 04 do mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 05 - Rua dos Ingleses, 197

Tabela 31 – Resultados do Ponto 05 do mapa de ruído do plano piloto

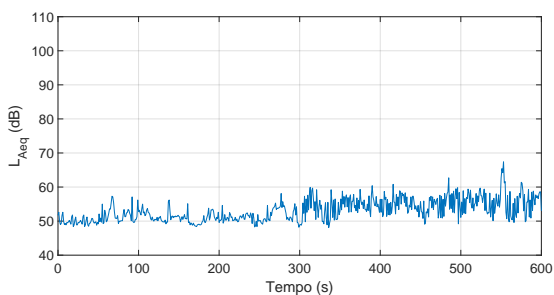
Referência	Ponto 05		
Local	Rua dos Ingleses, 197		
Início	15/12/2021 - 09:29		
Fim	15/12/2021 - 09:39		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	54,6	57,3	49,9
Coordenadas Geográficas	23°33'36.20"S, 46°38'49.02"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	26,4	71,6	0,12
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	24		0
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

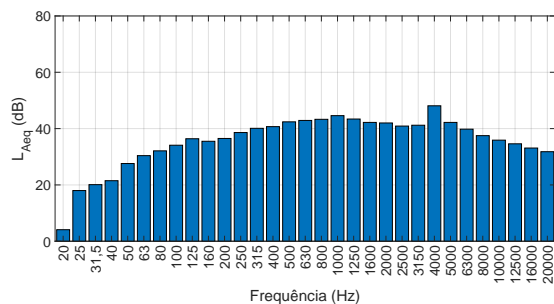


Figura 88 – Imagem do Ponto 05 do mapa de ruído do plano piloto

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 89 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 05 do mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 06 - Rua Conselheiro Carrão, 458

Tabela 32 – Resultados do Ponto 06 do mapa de ruído do plano piloto.

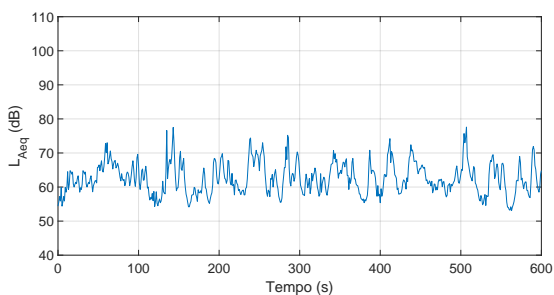
Referência	Ponto 06		
Local	Rua Conselheiro Carrão, 458		
Início	15/12/2021 - 09:46		
Fim	15/12/2021 - 09:56		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	65,4	69,0	57,2
Coordenadas Geográficas	23°33'28.46"S, 46°38'48.08"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	28,3	65,5	1,03
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	77		2
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

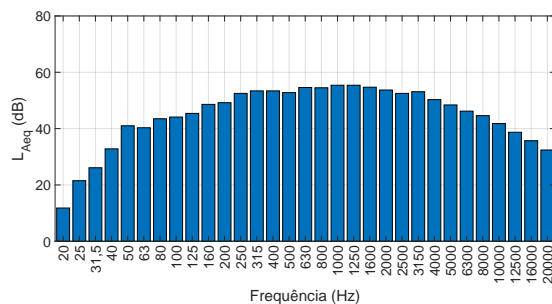


Figura 90 – Imagem do Ponto 06 do mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 91 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 06 do mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 07 - Rua Treze de Maio, 668

Tabela 33 – Resultados do Ponto 07 do mapa de ruído do plano piloto.

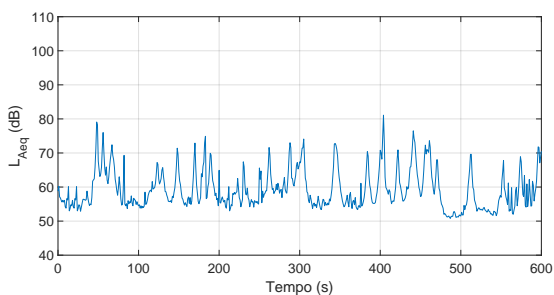
Referência	Ponto 07		
Local	Rua Treze de Maio, 668		
Início	15/12/2021 - 10:00		
Fim	15/12/2021 - 10:10		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	64,7	68,9	53,9
Coordenadas Geográficas	23°33'34.89"S, 46°38'46.87"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	27,4	68,0	1,45
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	40		2
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

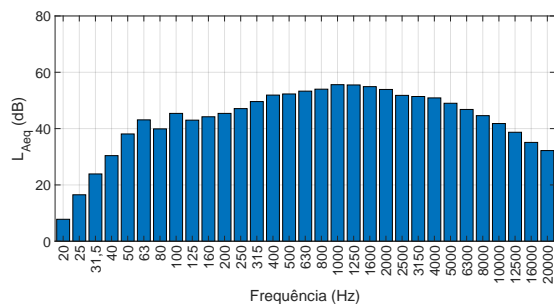


Figura 92 – Imagem do Ponto 07 do mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 93 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 07 do mapa de ruído do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

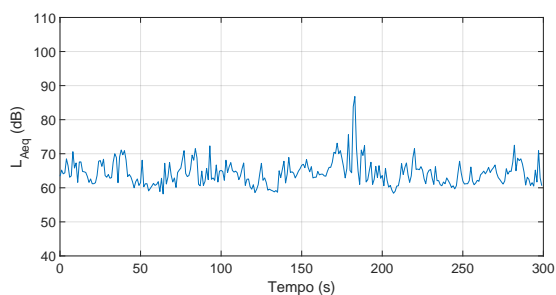
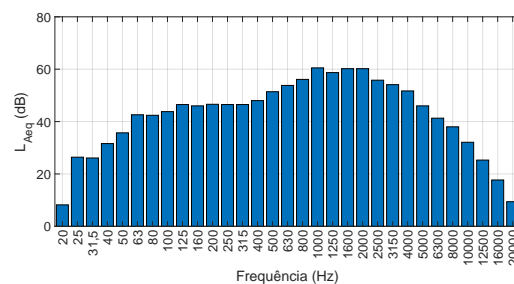
A.2 Medições do *soundwalk* do plano piloto

Ponto 01 - Praça Dom Orione, s/n

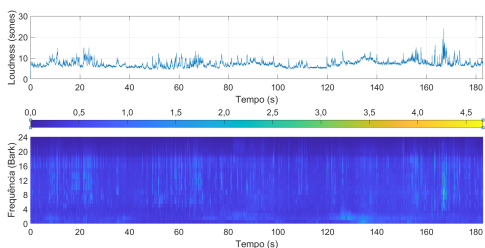
Tabela 34 – Resultados do Ponto 01 de medição do *soundwalk* do plano piloto.

Referência	Ponto 01		
Local	Praça Dom Orione, s/n		
Início	12/08/2022 - 15:18		
Fim	12/08/2022 - 15:23		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	67,7	68,9	60,2
Coordenadas Geográficas	23°33'36.98"S, 46°38'44.62"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	19,2	67,0	0,43
Observações da Paisagem Sonora	Sons gerados por movimento humano, transporte motorizado, voz e social coletivo.		

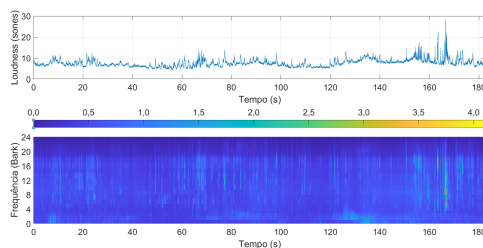
Fonte: Elaborado pelo autor.

(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .(b) Espectro do L_{Aeq} .Figura 94 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 01 do *soundwalk* do plano piloto.

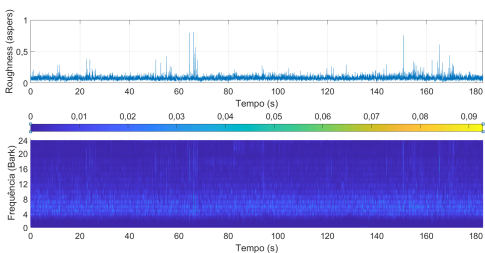
Fonte: Elaborado pelo autor.



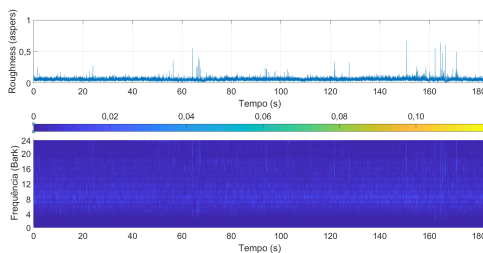
(a) Histórico temporal do *Loudness* e *Loudness* específico do canal esquerdo.



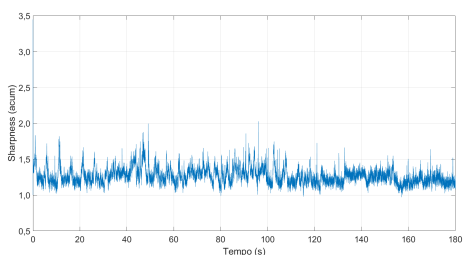
(b) Histórico temporal do *Loudness* e *Loudness* específico do canal direito.



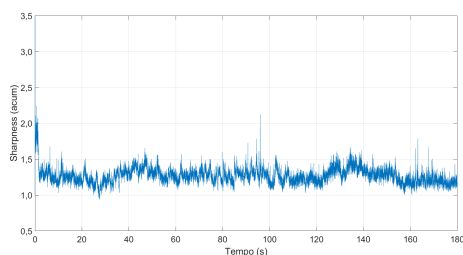
(c) Histórico temporal do *Roughness* e *Roughness* específico do canal esquerdo.



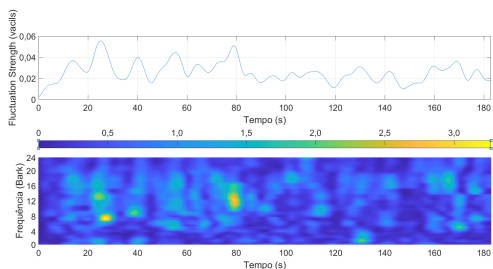
(d) Histórico temporal do *Roughness* e *Roughness* específico do canal direito.



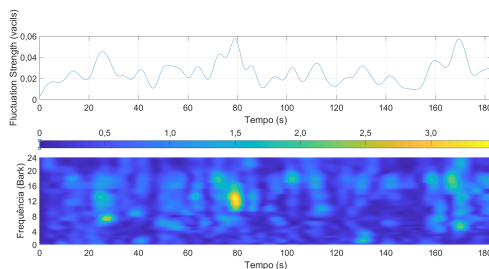
(e) Histórico temporal do *Sharpness* do canal esquerdo.



(f) Histórico temporal do *Sharpness* do canal direito.



(g) Histórico temporal do *Fluctuation Strength* e *Fluctuation Strength* específico do canal esquerdo.



(h) Histórico temporal do *Fluctuation Strength* e *Fluctuation Strength* específico do canal direito.

Figura 95 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 01 do *soundwalk* do plano piloto.

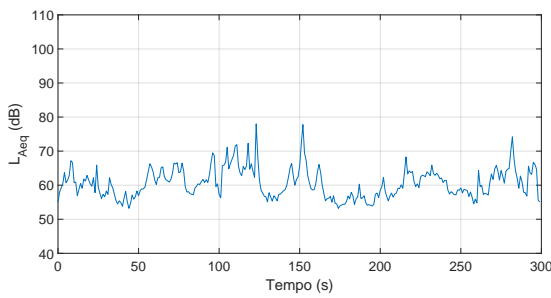
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 02 - Rua Treze de Maio, 476

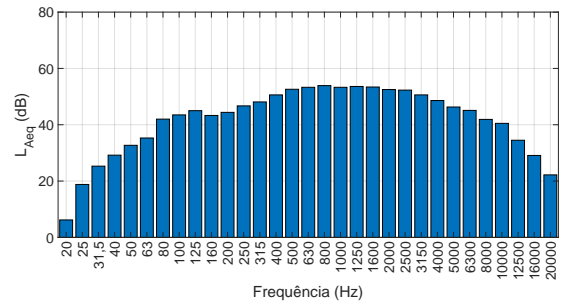
Tabela 35 – Resultados do Ponto 02 de medição do *soundwalk* do plano piloto.

Referência	Ponto 02		
Local	Rua Treze de Maio, 476		
Início	12/08/2022 - 15:36		
Fim	12/08/2022 - 15:41		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	63,6	66,3	55,0
Coordenadas Geográficas	23°33'26.60"S, 46°38'47.78"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	21,2	65,8	0,28
Observações da Paisagem Sonora	Sons gerados por movimento humano, transporte motorizado, voz e social coletivo.		

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 96 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 02 do *soundwalk* do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

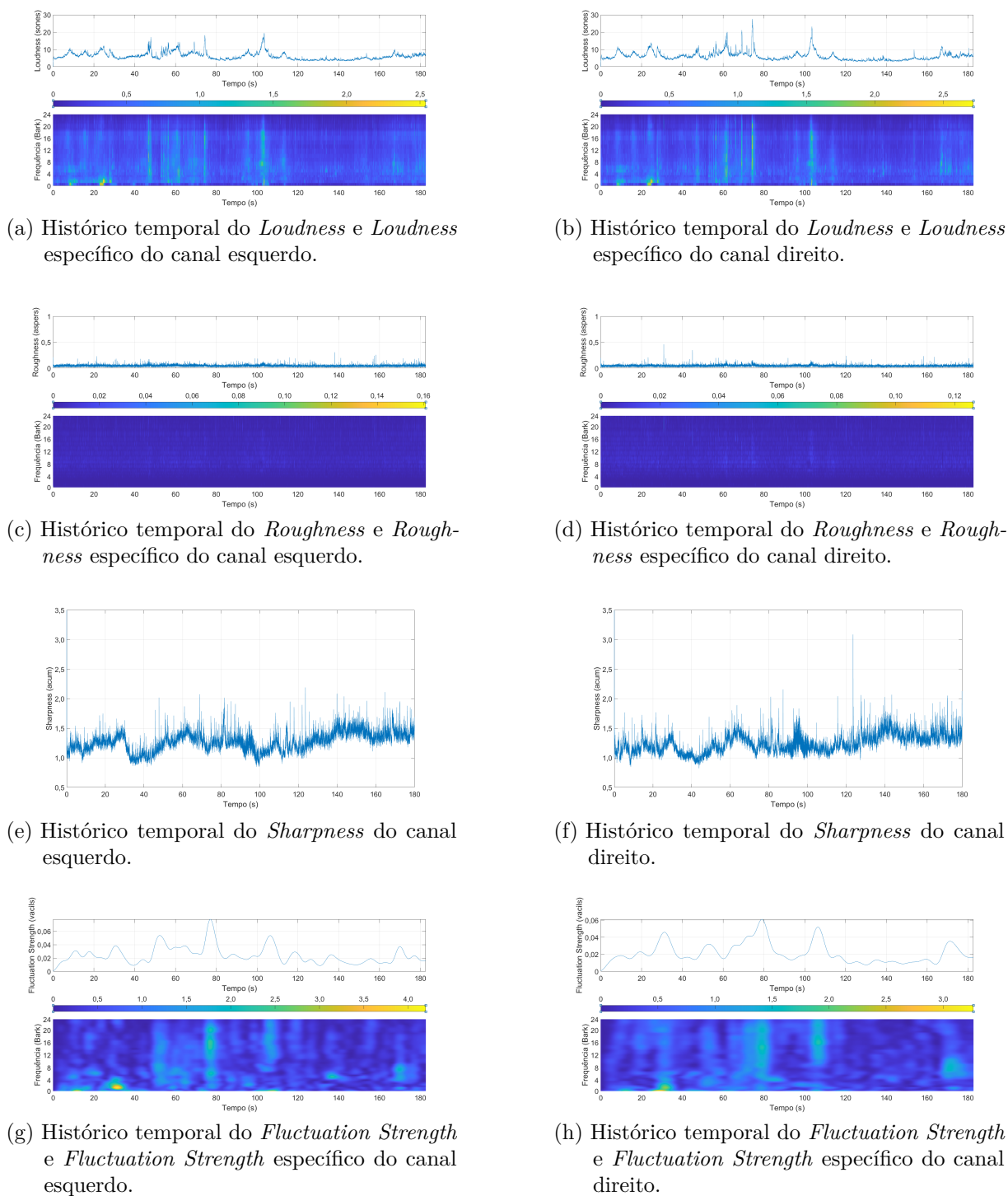


Figura 97 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 02 do *soundwalk* do plano piloto.

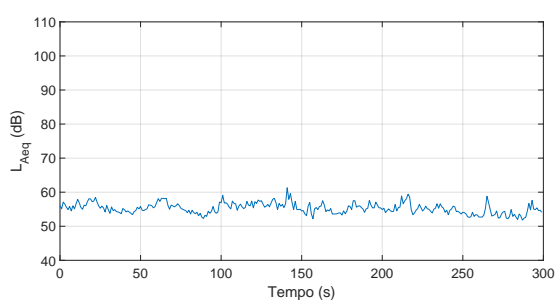
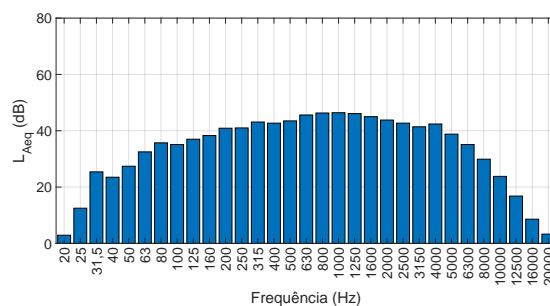
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 03 - Escadaria do Bixiga

Tabela 36 – Resultados do Ponto 03 de medição do *soundwalk* do plano piloto.

Referência	Ponto 03		
Local	Escadaria do Bixiga		
Início	12/08/2022 - 15:53		
Fim	12/08/2022 - 15:58		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	55,9	57,3	53,3
Coordenadas Geográficas	23°33'35.86"S, 46°38'47.87"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	20,7	64,9	0,54
Observações da Paisagem Sonora	Sons gerados por movimento humano, transporte motorizado, voz, social coletivo e sons naturais.		

Fonte: Elaborado pelo autor.

(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .(b) Espectro do L_{Aeq} .Figura 98 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 03 do *soundwalk* do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

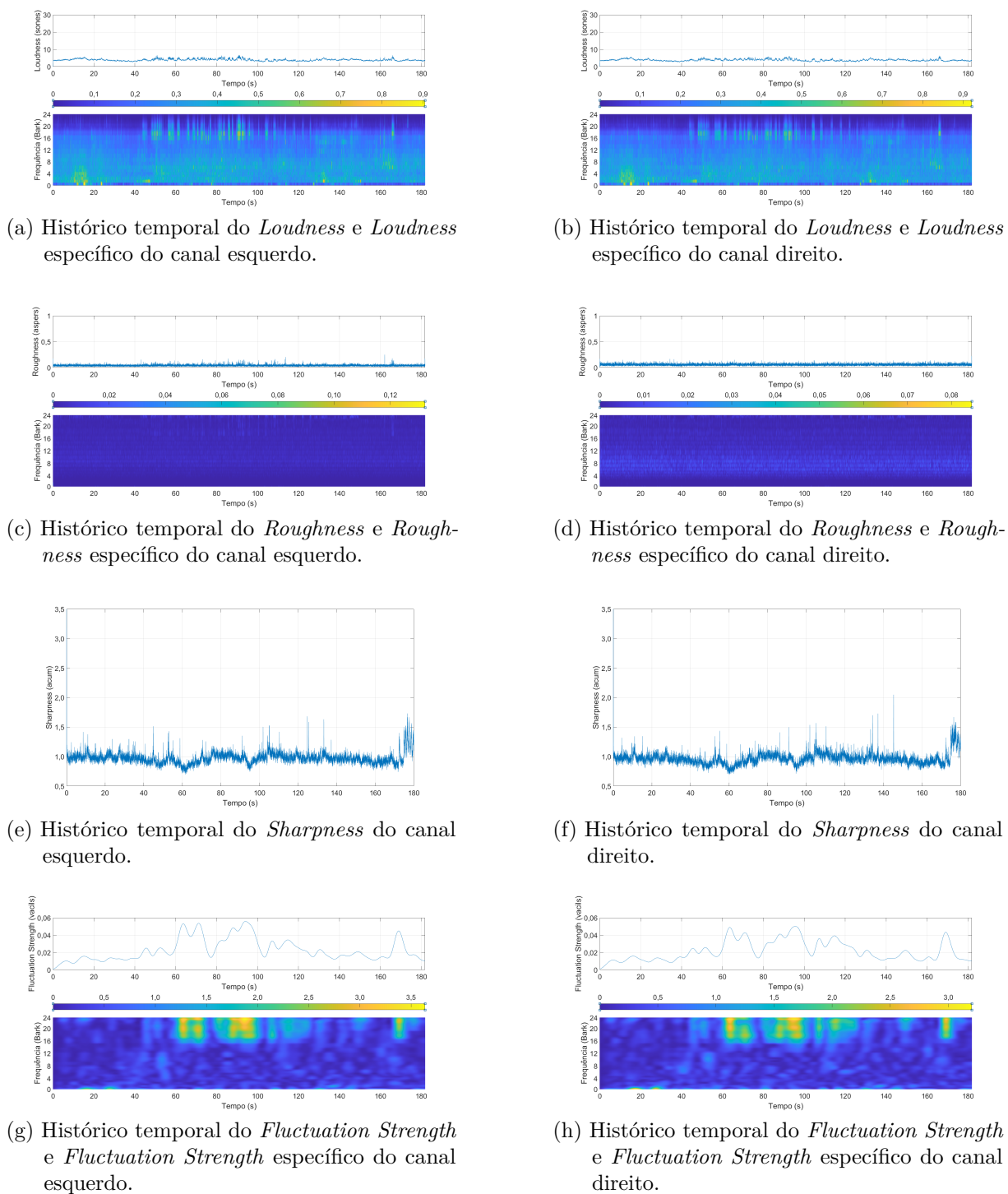


Figura 99 – Histórico temporal dos parâmetros psicoacústicos do Ponto 03 do *soundwalk* do plano piloto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice B – Medições do Mapa de Ruído do Bixiga

Ponto 01 - Rua Rui Barbosa, 436

Tabela 37 – Resultados do Ponto 01 do mapa de ruído do Bixiga.

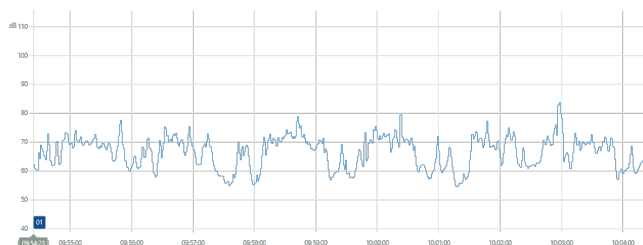
Referência	Ponto 01		
Local	Rua Rui Barbosa, 436		
Início	09/02/2023 - 09:54		
Fim	09/02/2023 - 10:04		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	69,6	72,6	58,9
Coordenadas Geográficas	23°33'31.77"S, 46°38'43.40"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	27,1	61,8	0,28
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	267		5
Velocidade máxima da via (km/h)	50		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

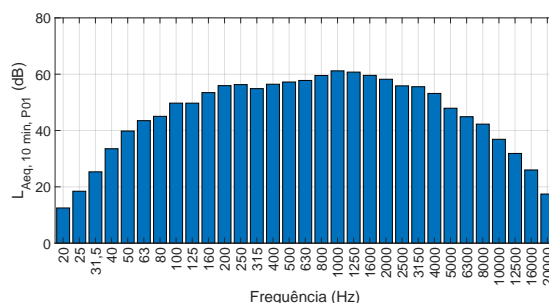


Figura 100 – Imagem do Ponto 01 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 101 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 01 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 02 - Praça Dom Orione

Tabela 38 – Resultados do Ponto 02 do mapa de ruído do Bixiga.

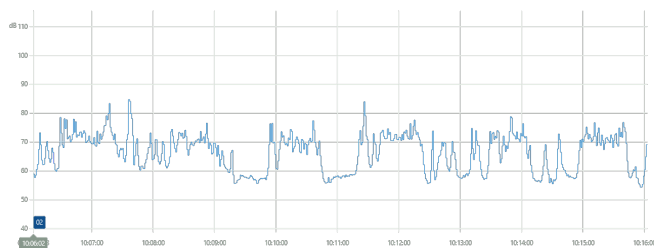
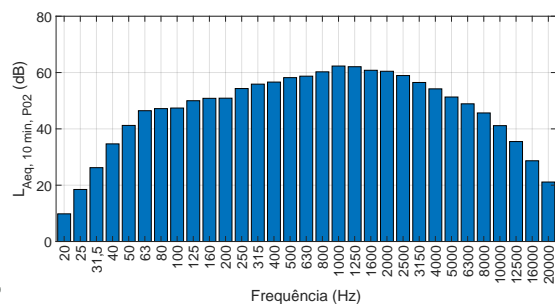
Referência	Ponto 02		
Local			
Início	09/02/2023 - 10:06		
Fim	09/02/2023 - 10:16		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	70,6	73,5	57,4
Coordenadas Geográficas	23°33'37.22"S, 46°38'43.76"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	25,7	66,2	0,17
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	221		4
Velocidade máxima da via (km/h)	50		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 102 – Imagem do Ponto 02 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .(b) Espectro do L_{Aeq} .Figura 103 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 02 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 03 - Rua Treze de Maio, 918

Tabela 39 – Resultados do Ponto 03 do mapa de ruído do Bixiga.

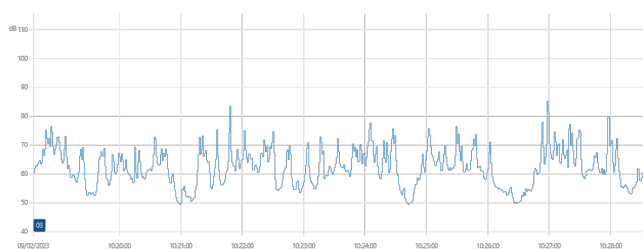
Referência	Ponto 03		
Local	Rua Treze de Maio, 918		
Início	09/02/2023 -10:18		
Fim	09/02/2023 - 10:28		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	67,6	70,5	62,6
Coordenadas Geográficas	23°33'42.43"S, 46°38'45.80"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	28,4	57,7	0,21
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	71		5
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

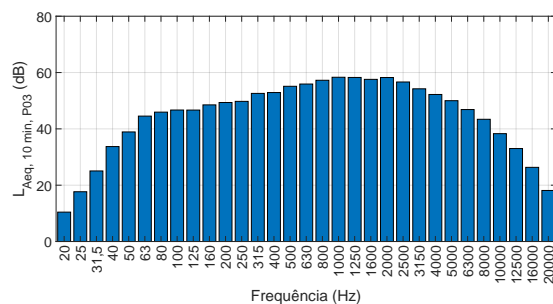


Figura 104 – Imagem do Ponto 03 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 105 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 03 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 04 - Rua dos Ingleses, 454

Tabela 40 – Resultados do Ponto 04 do mapa de ruído do Bixiga.

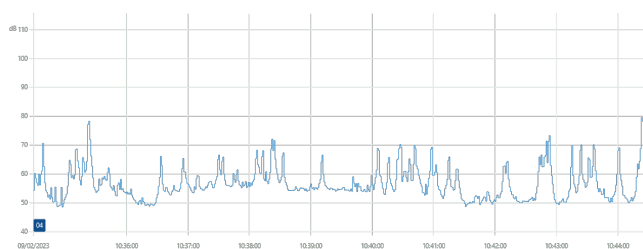
Referência	Ponto 04		
Local	Rua dos Ingleses, 454		
Início	09/02/2023 -10:34		
Fim	09/02/2023 - 10:44		
Parâmetro (dB)	$L_{Aeq,10min,P04}$	$L_{10,P04}$	$L_{90,P04}$
	61,9	64,7	50,4
Coordenadas Geográficas	23°33'41.16"S, 46°38'48.54"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	29,6	56,9	0,14
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	47		0
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

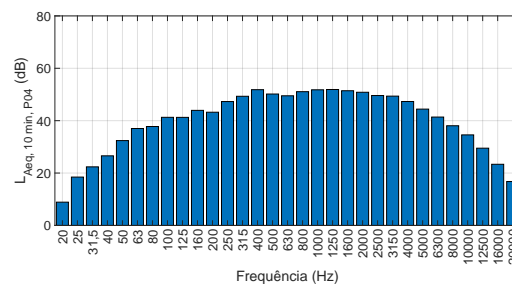


Figura 106 – Imagem do Ponto 04 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 107 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 04 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 05 - Rua dos Ingleses, 209

Tabela 41 – Resultados do Ponto 05 do mapa de ruído do Bixiga.

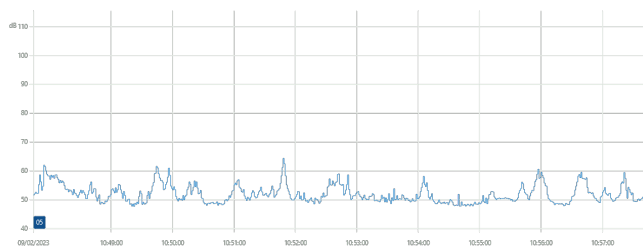
Referência	Ponto 05		
Local	Rua dos Ingleses, 209		
Início	09/02/2023 -10:47		
Fim	09/02/2023 - 10:57		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	53,3	56,5	48,7
Coordenadas Geográficas	23°33'36.15"S, 46°38'48.55"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	27,5	60,6	0,10
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	40		1
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

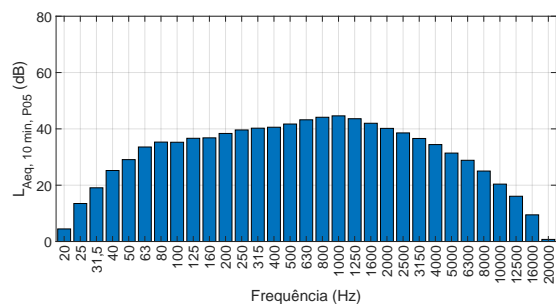


Figura 108 – Imagem do Ponto 05 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 109 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 05 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 06 - Rua Conselheiro Carrão, 468

Tabela 42 – Resultados do Ponto 06 do mapa de ruído do Bixiga.

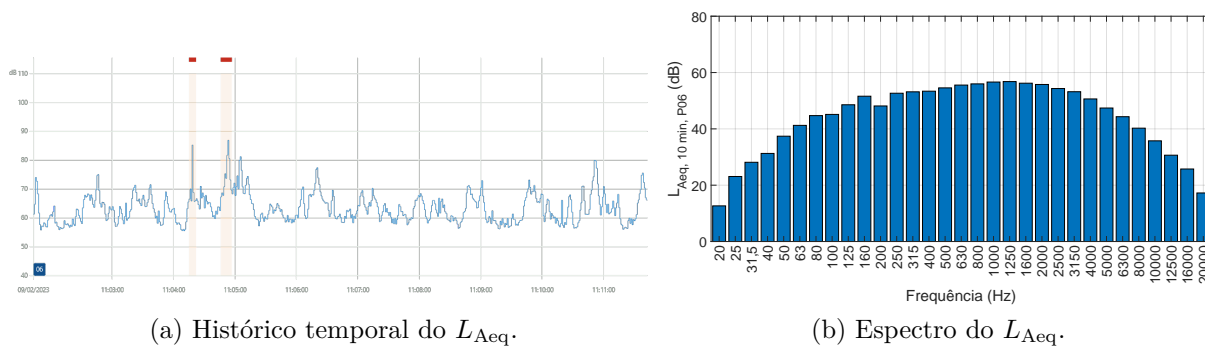
Referência	Ponto 06		
Local	Rua Conselheiro Carrão, 468		
Início	09/02/2023 - 11:01		
Fim	09/02/2023 - 11:11		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	66,5	68,5	57,7
Coordenadas Geográficas	23°33'28.38"S, 46°38'48.68"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	29,0	55,1	0,29
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	80		7
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 110 – Imagem do Ponto 06 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .

(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 111 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 06 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 07 - Rua Treze de Maio, 654

Tabela 43 – Resultados do Ponto 07 do mapa de ruído do Bixiga.

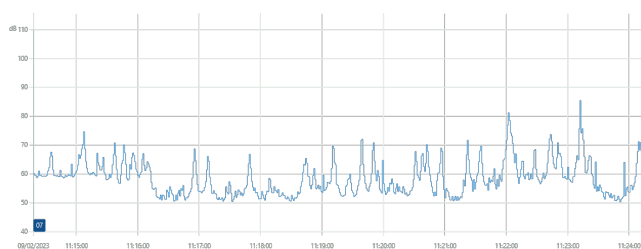
Referência	Ponto 07		
Local	Rua Treze de Maio, 654		
Início	09/02/2023 -11:14		
Fim	09/02/2023 - 11:24		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	64,4	66,7	52,0
Coordenadas Geográficas	23°33'33.05"S, 46°38'47.05"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	29,1	56,3	0,18
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	42		1
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

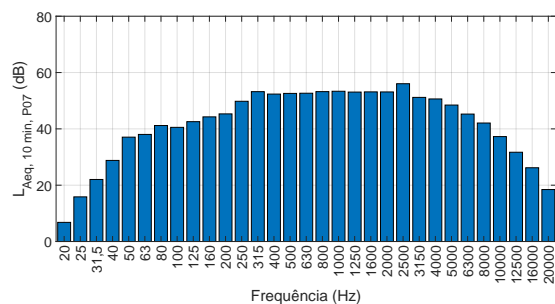


Figura 112 – Imagem do Ponto 07 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 113 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 07 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 08 - Rua Major Diogo, 807

Tabela 44 – Resultados do Ponto 08 do mapa de ruído do Bixiga.

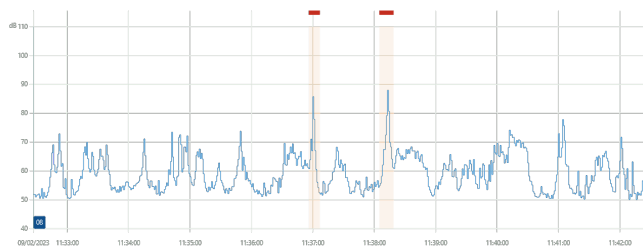
Referência	Ponto 08		
Local	Rua Major Diogo, 807		
Início	09/02/2023 - 11:32		
Fim	09/02/2023 - 11:42		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	63,1	66,9	52,0
Coordenadas Geográficas	23°33'28.15"S, 46°38'33.79"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	28,3	59,8	0,22
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	62		2
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

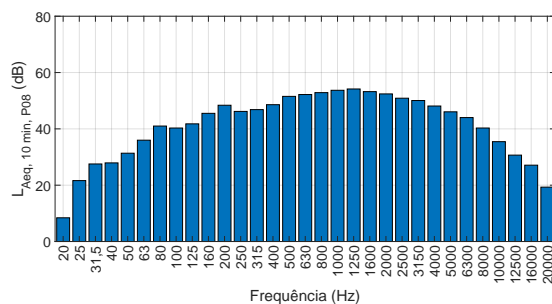


Figura 114 – Imagem do Ponto 08 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 115 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 08 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 09 - Rua Maria José, 220

Tabela 45 – Resultados do Ponto 09 do mapa de ruído do Bixiga.

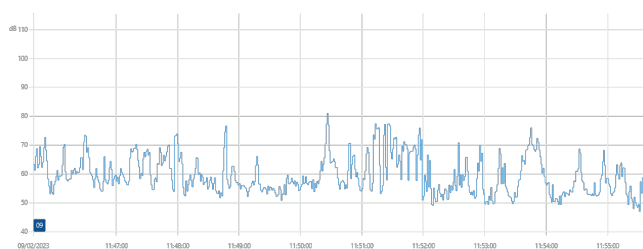
Referência	Ponto 09		
Local	Rua Maria José, 220		
Início	09/02/2023 -11:45		
Fim	09/02/2023 - 11:55		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	65,3	69,0	52,4
Coordenadas Geográficas	23°33'25.07"S, 46°38'37.20"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	28,7	60,1	0,15
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	15		1
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

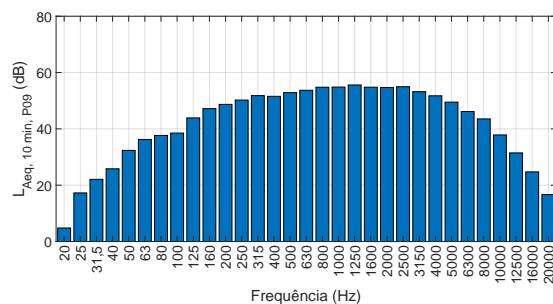


Figura 116 – Imagem do Ponto 09 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 117 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 09 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 10 - Rua Conselheiro Ramalho, 726

Tabela 46 – Resultados do Ponto 10 do mapa de ruído do Bixiga.

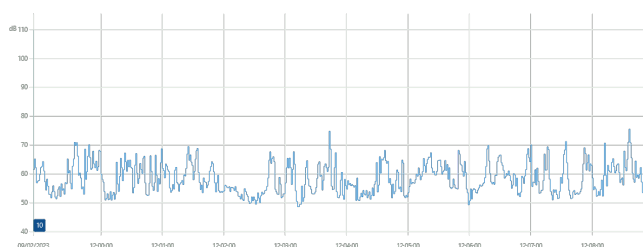
Referência	Ponto 10		
Local	Rua Conselheiro Ramalho, 726		
Início	09/02/2023 -11:58		
Fim	09/02/2023 - 12:08		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	61,7	69,5	57,7
Coordenadas Geográficas	23°33'29.18"S, 46°38'39.64"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	29,3	58,7	0,15
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	54		2
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

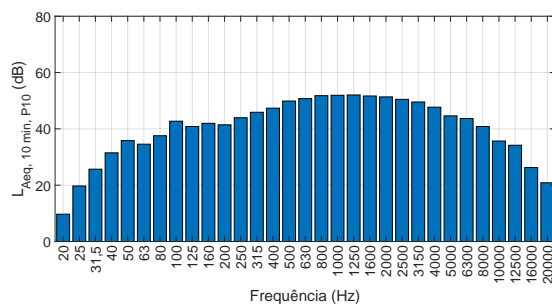


Figura 118 – Imagem do Ponto 10 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 119 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 10 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 11 - Rua Fortaleza, 172

Tabela 47 – Resultados do Ponto 11 do mapa de ruído do Bixiga.

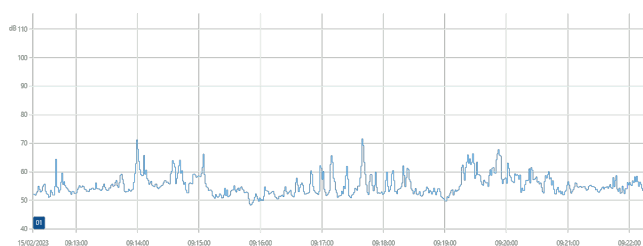
Referência	Ponto 11		
Local	Rua Fortaleza, 172		
Início	15/02/2023 -09:12		
Fim	15/02/2023 - 09:22		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	57,4	59,9	51,8
Coordenadas Geográficas	23°33'35.22"S, 46°38'40.47"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	25,2	78,8	0,23
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	3		0
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

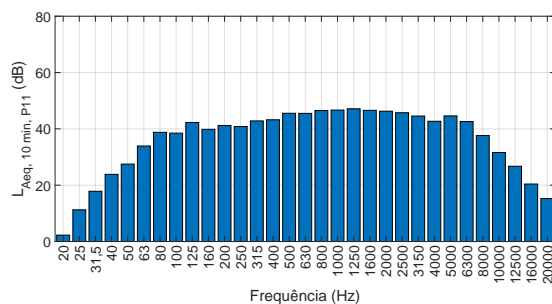


Figura 120 – Imagem do Ponto 11 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 121 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 11 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 12 - Avenida Brigadeiro Luis Antônio, 1314

Tabela 48 – Resultados do Ponto 12 do mapa de ruído do Bixiga.

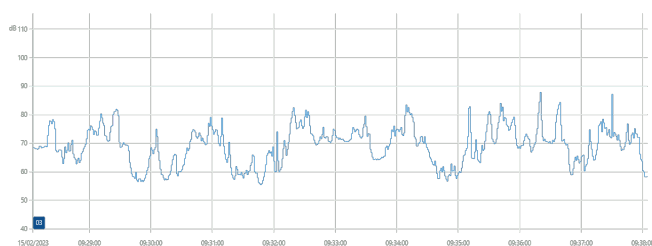
Referência	Ponto 12		
Local	Avenida Brigadeiro Luis Antônio, 1314		
Início	15/02/2023 -09:28		
Fim	15/02/2023 - 09:38		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	73,8	77,5	59,4
Coordenadas Geográficas	23°33'37.97"S, 46°38'36.72"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	25,7	78,3	0,38
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	293		16
Velocidade máxima da via (km/h)	50		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

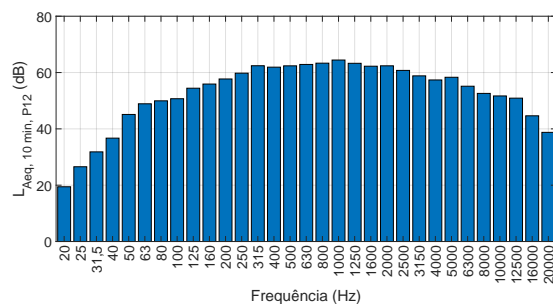


Figura 122 – Imagem do Ponto 12 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 123 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 12 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 13 - Alameda Ribeirão Preto, 117

Tabela 49 – Resultados do Ponto 13 do mapa de ruído do Bixiga.

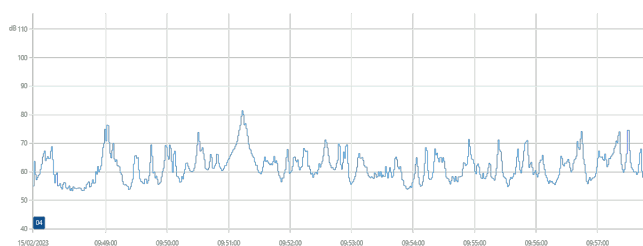
Referência	Ponto 13		
Local	Alameda Ribeirão Preto, 117		
Início	15/02/2023 -09:47		
Fim	15/02/2023 - 09:57		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	65,5	68,3	55,9
Coordenadas Geográficas	23°33'53.24"S, 46°38'53.97"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	26,2	77,5	0,22
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	83		2
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

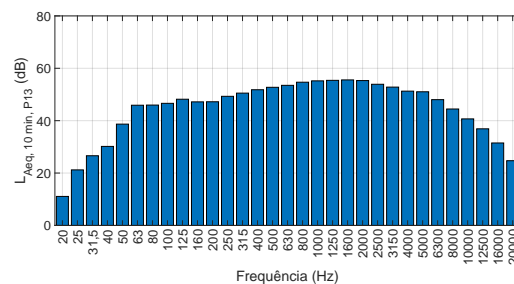


Figura 124 – Imagem do Ponto 13 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 125 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 13 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 14 - Alameda Joaquim Eugênio de Lima, 113

Tabela 50 – Resultados do Ponto 14 do mapa de ruído do Bixiga.

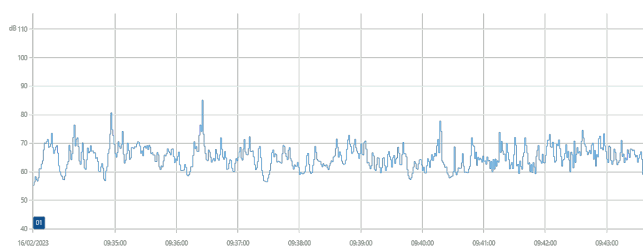
Referência	Ponto 14		
Local	Alameda Joaquim Eugênio de Lima, 113		
Início	16/02/2023 -09:33		
Fim	16/02/2023 - 09:43		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	67,3	69,8	60,0
Coordenadas Geográficas	23°33'49.08"S, 46°38'53.51"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	26,7	78,3	0,10
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	172		5
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

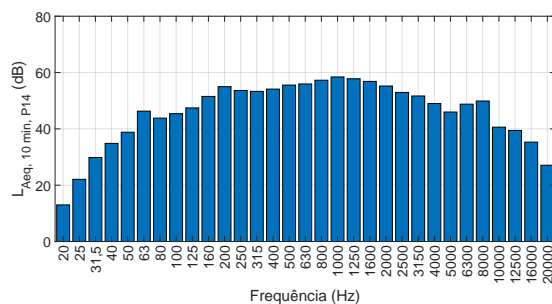


Figura 126 – Imagem do Ponto 14 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 127 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 14 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 15 - Rua Rocha, 583

Tabela 51 – Resultados do Ponto 15 do mapa de ruído do Bixiga.

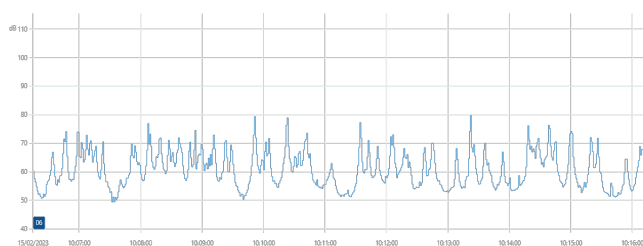
Referência	Ponto 15		
Local	Rua Rocha, 583		
Início	15/02/2023 -10:06		
Fim	15/02/2023 - 10:16		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	65,7	69,6	53,2
Coordenadas Geográficas	23°33'39.75"S, 46°38'58.25"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	27,8	67,2	0,11
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	93		3
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

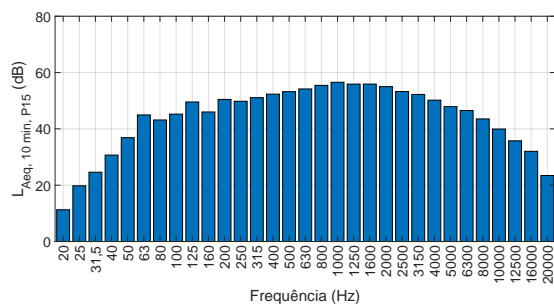


Figura 128 – Imagem do Ponto 15 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 129 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 15 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 16 - Rua dos Franceses, 120

Tabela 52 – Resultados do Ponto 16 do mapa de ruído do Bixiga.

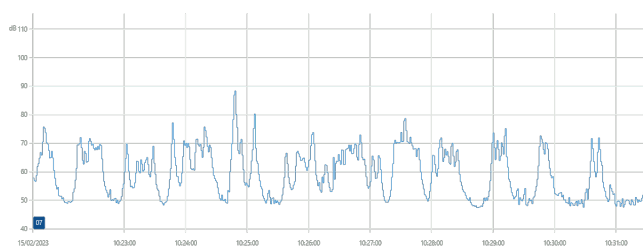
Referência	Ponto 16		
Local	Rua dos Franceses, 120		
Início	15/02/2023 -10:21		
Fim	15/02/2023 - 10:31		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	67,7	70,1	49,3
Coordenadas Geográficas	23°33'33.81"S, 46°38'51.73"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	29,0	60,5	0,24
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	90		2
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

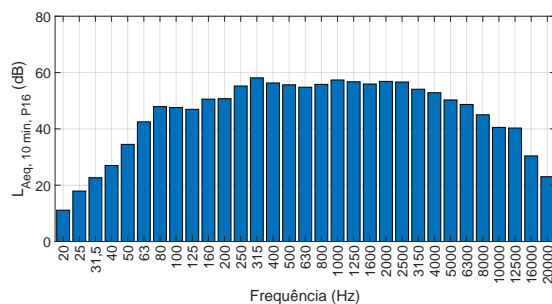


Figura 130 – Imagem do Ponto 16 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 131 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 16 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 17 - Rua Almirante Marquês Leão, 318

Tabela 53 – Resultados do Ponto 17 do mapa de ruído do Bixiga.

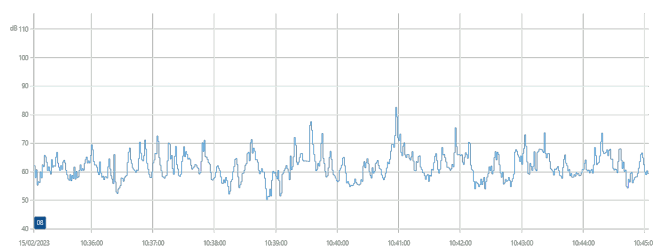
Referência	Ponto 17		
Local	Rua Almirante Marquês Leão, 318		
Início	15/02/2023 - 10:35		
Fim	15/02/2023 - 10:45		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	65,0	67,3	56,7
Coordenadas Geográficas	23°33'34.91"S, 46°38'55.28"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	29,3	58,3	0,10
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	73		4
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

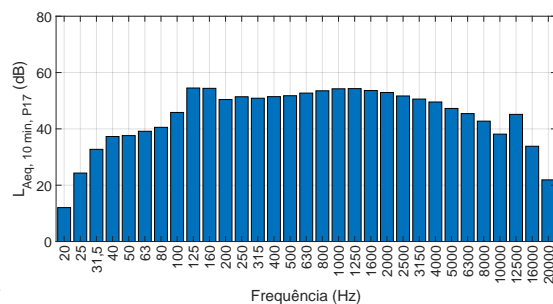


Figura 132 – Imagem do Ponto 17 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 133 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 17 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 18 - Rua Cardeal Leme, 387

Tabela 54 – Resultados do Ponto 18 do mapa de ruído do Bixiga.

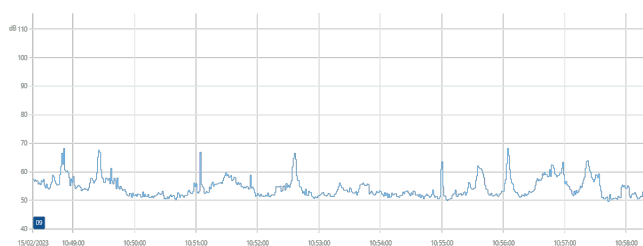
Referência	Ponto 18		
Local	Rua Cardeal Leme, 387		
Início	15/02/2023 -10:48		
Fim	15/02/2023 - 10:48		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	56,2	58,8	51,2
Coordenadas Geográficas	23°33'29.15"S, 46°38'56.83"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	28,7	59,6	0,18
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	7		0
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

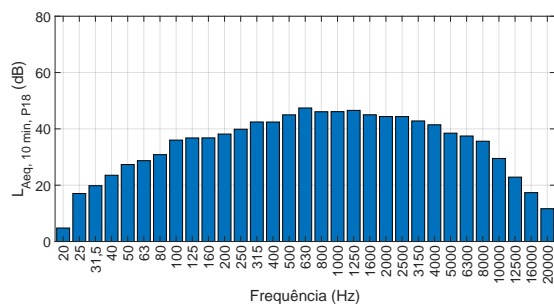


Figura 134 – Imagem do Ponto 18 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 135 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 18 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 19 - Rua Manoel Dutra, 439

Tabela 55 – Resultados do Ponto 19 do mapa de ruído do Bixiga.

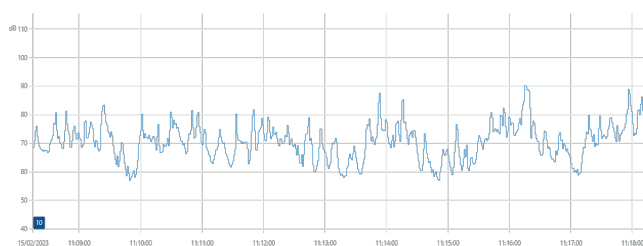
Referência	Ponto 19		
Local	Rua Manoel Dutra, 439		
Início	15/02/2023 - 11:08		
Fim	15/02/2023 - 11:18		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	75,5	78,6	61,9
Coordenadas Geográficas	23°33'20.16"S, 46°38'49.74"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	29,3	59,4	0,27
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	220		7
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

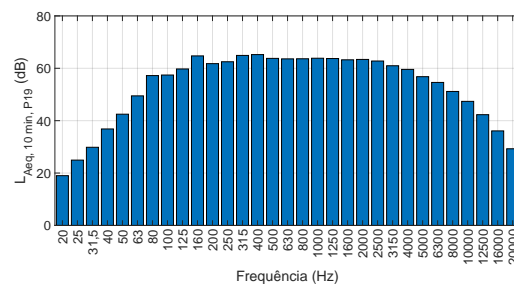


Figura 136 – Imagem do Ponto 19 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 137 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 19 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 20 - Avenida Nove de Julho, 1035

Tabela 56 – Resultados do Ponto 20 do mapa de ruído do Bixiga.

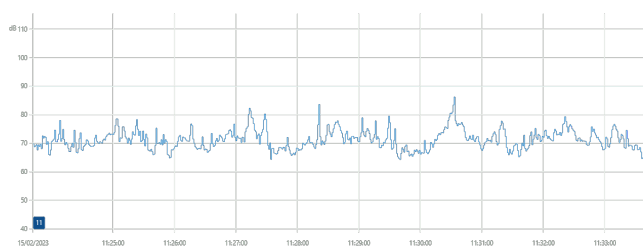
Referência	Ponto 20		
Local	Avenida Nove de Julho, 1035		
Início	15/02/2023 - 11:23		
Fim	15/02/2023 - 11:33		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	72,9	76,0	67,3
Coordenadas Geográficas	23°33'9.75"S, 46°38'50.64"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	29,8	61,3	0,18
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	185		5
Velocidade máxima da via (km/h)	50		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

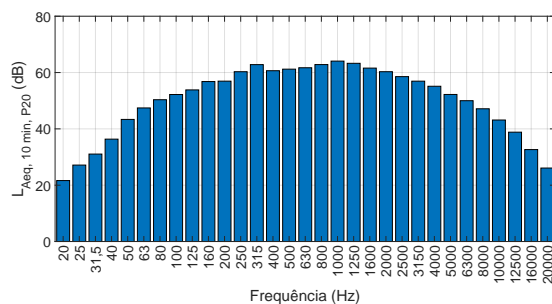


Figura 138 – Imagem do Ponto 20 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 139 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 20 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 21 - Avenida Nove de Julho (pista central)

Tabela 57 – Resultados do Ponto 21 do mapa de ruído do Bixiga.

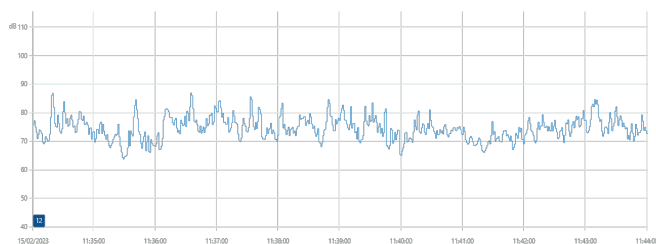
Referência	Ponto 21		
Local	Avenida Nove de Julho (pista central)		
Início	15/02/2023 -11:34		
Fim	15/02/2023 - 11:44		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	76,5	79,9	69,6
Coordenadas Geográficas	23°33'9.67"S, 46°38'50.86"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	30,1	60,8	0,15
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	742		36
Velocidade máxima da via (km/h)	50		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

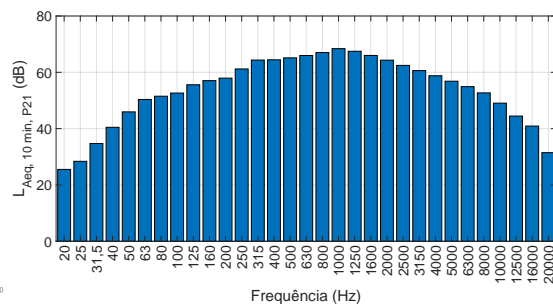


Figura 140 – Imagem do Ponto 21 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 141 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 21 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 22 - Rua Silvia, 301

Tabela 58 – Resultados do Ponto 22 do mapa de ruído do Bixiga.

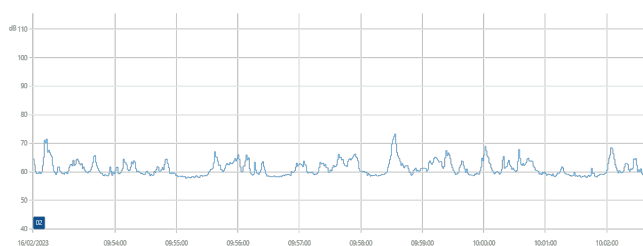
Referência	Ponto 22		
Local	Rua Silvia, 301		
Início	16/02/2023 -09:52		
Fim	16/02/2023 - 10:02		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	62,2	64,7	58,6
Coordenadas Geográficas	23°33'39.83"S, 46°39'2.24"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	26,3	77,8	0,10
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	52		2
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.

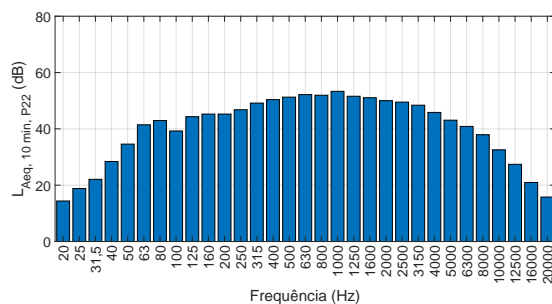


Figura 142 – Imagem do Ponto 22 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 143 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 22 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 23 - Rua Itapeva, 56

Tabela 59 – Resultados do Ponto 23 do mapa de ruído do Bixiga.

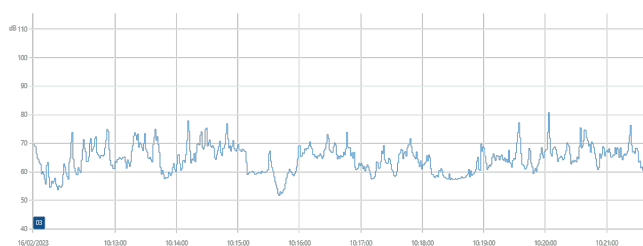
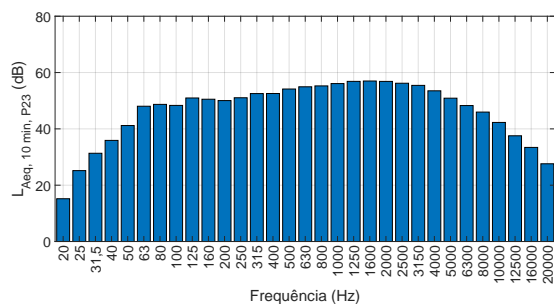
Referência	Ponto 23		
Local	Rua Itapeva, 56		
Início	16/02/2023 - 10:11		
Fim	16/02/2023 - 10:21		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	67,1	70,1	58,3
Coordenadas Geográficas	23°33'28.38"S, 46°39'1.22"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	26,3	76,3	0,12
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	121		6
Velocidade máxima da via (km/h)	40		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 144 – Imagem do Ponto 23 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .(b) Espectro do L_{Aeq} .Figura 145 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 23 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 24 - Viaduto Julio de Mesquita Filho, 1218

Tabela 60 – Resultados do Ponto 24 do mapa de ruído do Bixiga.

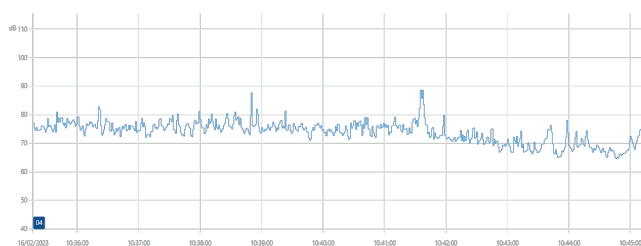
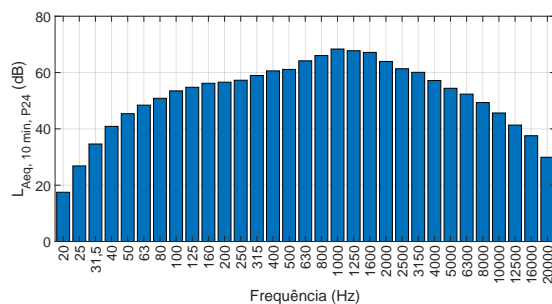
Referência	Ponto 24		
Local	Ponto 24 - Vd. Julio de Mesquita Filho, 1218		
Início	16/02/2023 - 10:35		
Fim	16/02/2023 - 10:45		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	75,6	77,8	67,9
Coordenadas Geográficas	23°33'16.82"S, 46°38'40.19"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	25,8	77,3	1,3
Contagem de veículos	Leves		Pesados
	837		32
Velocidade máxima da via (km/h)	50		
Tipo de pavimentação	Asfalto		

Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 146 – Imagem do Ponto 24 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .(b) Espectro do L_{Aeq} .Figura 147 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 24 do mapa de ruído do Bixiga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice C – Medições da Festa Nossa Senhora Achiropita

Ponto 01 - Rua Treze de Maio, 518

Tabela 61 – Resultados do Ponto 01 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

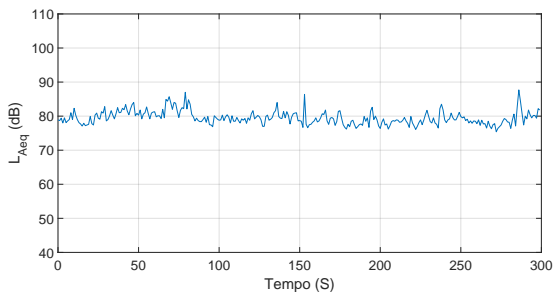
Referência	Ponto 01		
Local	Rua Treze de Maio, 518		
Início	13/08/2022 - 20:06		
Fim	13/08/2022 - 20:11		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	80,0	81,9	77,6
Coordenadas Geográficas	23°33'27.86"S, 46°38'47.63"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	24,3	72,8	0,49
Observações da Paisagem Sonora	Sons gerados por movimento humano, eletromecânico, voz e instrumentos amplificados e não amplificados e social coletivo.		

Fonte: Elaborado pelo autor.

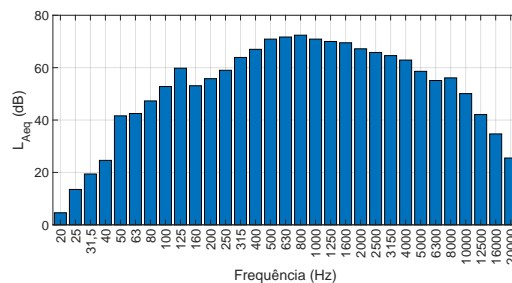


Figura 148 – Imagem do Ponto 01 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 149 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 01 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 02 - Rua Treze de Maio, 590

Tabela 62 – Resultados do Ponto 02 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

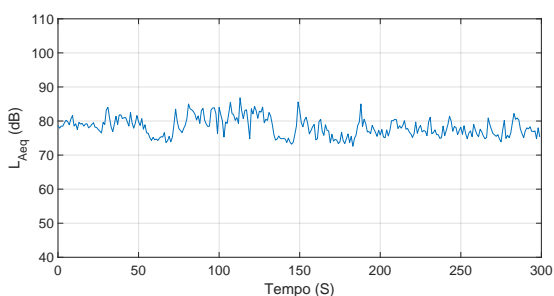
Referência	Ponto 02		
Local	Rua Treze de Maio, 590		
Início	13/08/2022 - 20:13		
Fim	13/08/2022 - 20:18		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	79,2	82,2	75,0
Coordenadas Geográficas	23°33'23.56"S, 46°38'48.02"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	24,6	73,2	0,24
Observações da Paisagem Sonora	Sons gerados por movimento humano, eletromecânico, voz e instrumentos amplificados e não amplificados e social e coletivo.		

Fonte: Elaborado pelo autor.

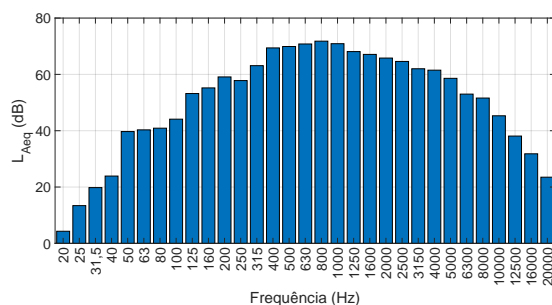


Figura 150 – Imagem do Ponto 02 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 151 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 02 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 03 - Rua São Vicente, 50

Tabela 63 – Resultados do Ponto 03 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

Referência	Ponto 03		
Local	Rua São Vicente, 50		
Início	13/08/2022 - 21:11		
Fim	13/08/2022 - 21:16		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	80,8	82,4	78,8
Coordenadas Geográficas	23°33'23.12"S, 46°38'49.10"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	24,2	72,8	0,15
Observações da Paisagem Sonora	Sons gerados por movimento humano, eletromecânico, voz e instrumentos amplificados e não amplificados e social e coletivo.		

Fonte: Elaborado pelo autor.

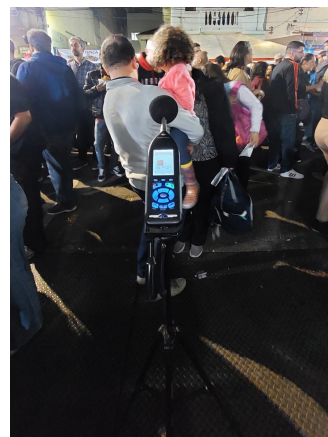
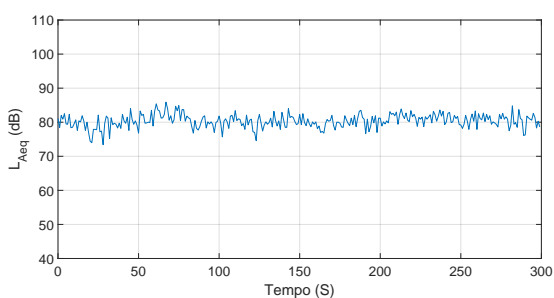
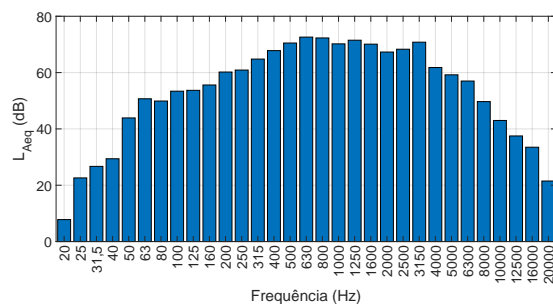


Figura 152 – Imagem do Ponto 03 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 153 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 03 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 04 - Rua São Vicente, 23

Tabela 64 – Resultados do Ponto 04 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

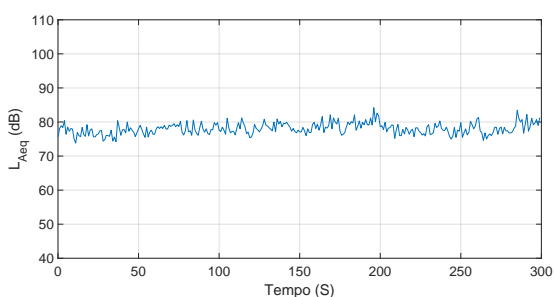
Referência	Ponto 04		
Local	Rua São Vicente, 23		
Início	13/08/2022 - 21:19		
Fim	13/08/2022 - 21:24		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	78,4	80,2	75,6
Coordenadas Geográficas	23°33'23.09"S, 46°38'50.51"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	24,8	73,5	0,22
Observações da Paisagem Sonora	Sons gerados por movimento humano, eletromecânico, voz e instrumentos amplificadas e não amplificadas e social e coletivo.		

Fonte: Elaborado pelo autor.

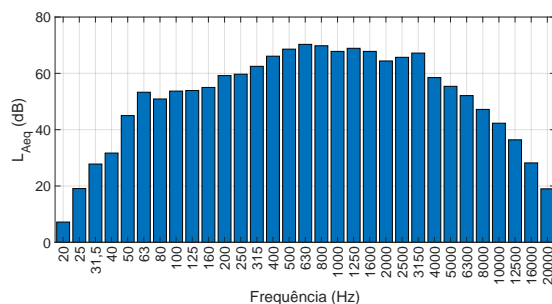


Figura 154 – Imagem do Ponto 04 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 155 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 04 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ponto 05 - Rua Dr. Luis Barreto, 287

Tabela 65 – Resultados do Ponto 05 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

Referência	Ponto 05		
Local	Rua Dr. Luis Barreto, 287		
Início	13/08/2022 - 22:08		
Fim	13/08/2022 - 22:13		
Parâmetro (dB)	$L_{Aeq,5min,P05}$	$L_{10,P05}$	$L_{90,P05}$
	78,4	80,2	75,6
Coordenadas Geográficas	23°33'26.23"S, 46°38'50.19"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	23,7	75,2	0,32
Observações da Paisagem Sonora	Sons gerados por movimento humano, eletromecânico, voz e instrumentos amplificados e não amplificados e social e coletivo.		

Fonte: Elaborado pelo autor.

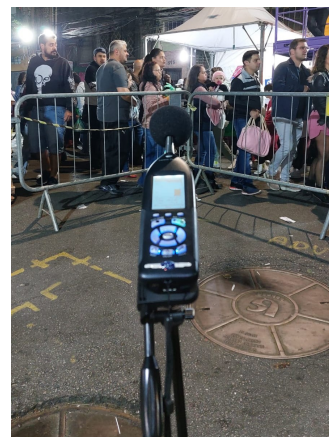
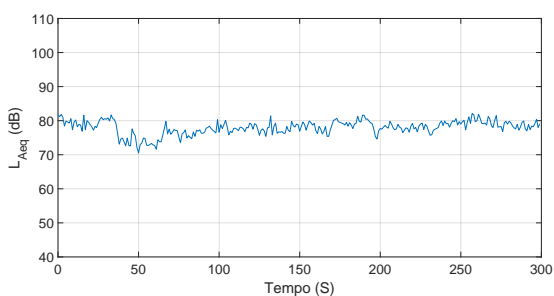
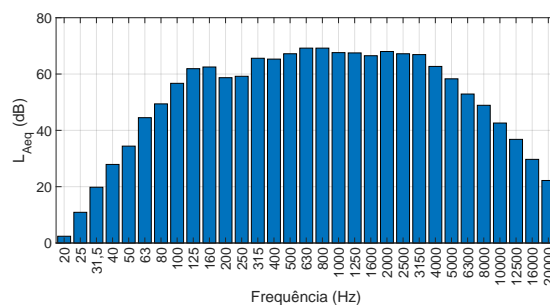


Figura 156 – Imagem do Ponto 05 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 157 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 05 da Festa Nossa Senhora Achiropita.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice D – Medições da Escadaria do Bixiga

Ponto 01 - Rua Treze de Maio, 752

Tabela 66 – Resultados do Ponto 01 da Escadaria do Bixiga.

Referência	Ponto 01		
Local	Rua Treze de Maio, 752		
Início	03/12/2022 - 17:33		
Fim	03/12/2022 - 17:38		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	89,2	93,3	86,8
Coordenadas Geográficas	23°33'35.81"S, 4 46°38'47.02"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	26,2	69,4	0,25
Observações da Paisagem Sonora	Sons gerados por movimento humano, transporte motorizado eletromecânico, voz e instrumentos amplificados e não amplificados e social coletivo.		

Fonte: Elaborado pelo autor.

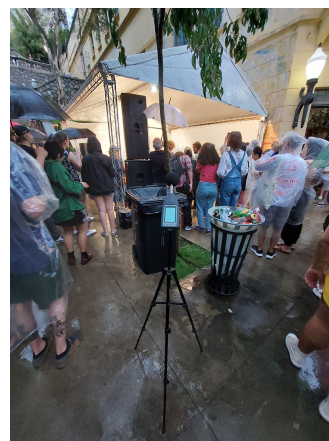
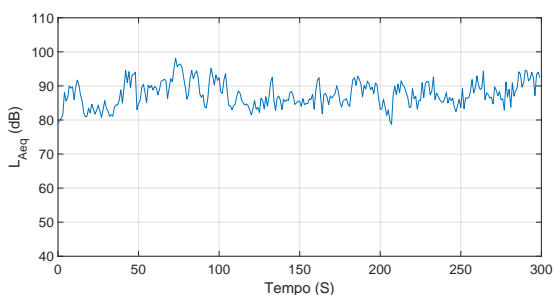
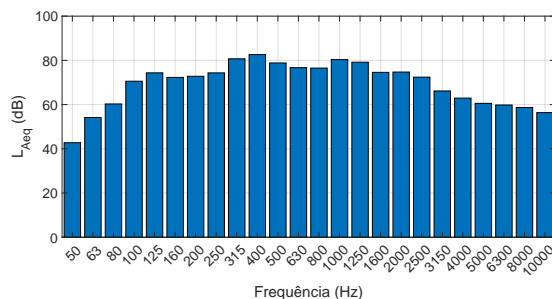


Figura 158 – Imagem do Ponto 01 da escadaria do Bixiga. Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 159 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 01 da Escadaria do Bixiga. Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice E – Medições da Escola de samba Vai-Vai

Ponto 01 - Rua Tabatinguera, 192

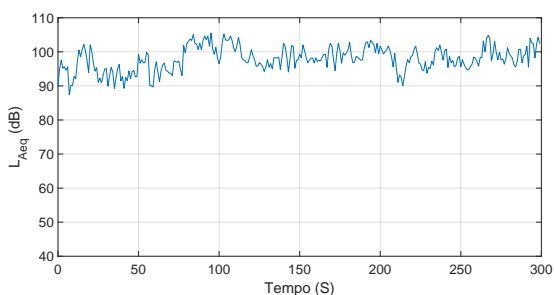
Tabela 67 – Resultados do Ponto 01 da escola de samba Vai-Vai.

Referência	Ponto 01		
Local	Rua Tabatinguera, 192		
Início	05/02/2023 - 18:44		
Fim	05/02/2023 - 18:49		
Parâmetro (dB)	L_{Aeq}	L_{10}	L_{90}
	99,3	102,4	95,3
Coordenadas Geográficas	23°33'9.58"S, 46°37'51.66"O		
Parâmetros ambientais	T (°C)	RH (%)	Velocidade do vento ($\frac{m}{s}$)
	24,8	62,6	0,00
Observações da Paisagem Sonora	Sons gerados por movimento humano, transporte motorizado eletromecânico, voz e instrumentos amplificadas e não amplificadas e social coletivo.		

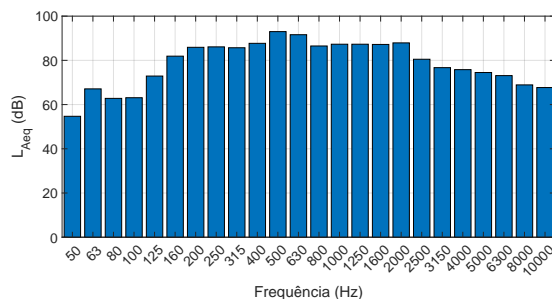
Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 160 – Imagem do Ponto 01 da escadaria do Bixiga. Fonte: Elaborado pelo autor.



(a) Histórico temporal do L_{Aeq} .



(b) Espectro do L_{Aeq} .

Figura 161 – Histórico temporal e espectro do L_{Aeq} do Ponto 01 da escola de samba Vai-Vai.

Fonte: Elaborado pelo autor.