

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**LUCAS RAFAEL FERREIRA**

**PAISAGEM SONORA NO ENTORNO DE UMA ÁREA  
HOSPITALAR NA CIDADE DE SANTA MARIA/RS.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Santa Maria, RS  
2021

**Lucas Rafael Ferreira**

**PAISAGEM SONORA NO ENTORNO DE UMA ÁREA HOSPITALAR NA CIDADE  
DE SANTA MARIA/RS.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Giane de Campos Grigoletti  
Co-orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Viviane Suzey Gomes de Melo

Santa Maria, RS  
2021

FERREIRA, Lucas Rafael

Paisagem sonora no entorno de uma área hospitalar na cidade de Santa Maria/RS / Lucas Rafael FERREIRA.- 2021.  
106 p.; 30 cm

Orientadora: Giande de Campos Grigoletti

Coorientadora: Viviane Suzey Gomes de Melo

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2021

1. Paisagem sonora 2. Acústica ambiental 3. Ruído 4. Poluição sonora I. Grigoletti, Giande de Campos II. Melo, Viviane Suzey Gomes de III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, LUCAS RAFAEL FERREIRA, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**Lucas Rafael Ferreira**

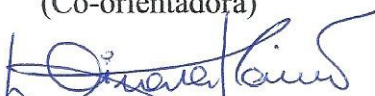
**PAISAGEM SONORA NO ENTORNO DE UMA ÁREA HOSPITALAR NA CIDADE  
DE SANTA MARIA/RS.**

Dissertação apresentado ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

**Aprovado em 22 de setembro de 2021:**

  
**Giane de Campos Grigoletti, Profª. Drª. (UFSM)**  
(Presidente/Orientadora)

  
**Viviane Suzey Gomes de Melo, Profª. Drª. (UFSM)**  
(Co-orientadora)

  
**Dinara Xavier da Paixão, Profª. Drª. (UFSM)**

  
**Erika Fernanda Toledo Borges, Profª. Drª. (UNEMAT)**

Santa Maria, RS  
2021

## AGRADECIMENTOS

A concretização desta dissertação de mestrado, não se deve apenas ao esforço pessoal, mas também ao apoio que recebi de diversas pessoas durante essa trajetória de um pouco mais de dois anos e meio. Externamente meus agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram para que houvesse a conclusão deste estudo e, de uma maneira especial, agradeço:

- a minha orientadora Giane de Campos Grigoletti pelo aceite em me orientar no tema desejado, pelos conhecimentos passados, pela paciência, pela confiança em mim depositada e pela dedicação, grato pela orientação;

- a minha coorientadora Viviane Suzey Gomes de Melo pelo aceite em trabalhar na minha coorientação, pelos conhecimentos passados nas disciplinas e nas orientações, pela dedicação e incentivo, grato pela coorientação;

- aos meus pais Omercio Ferreira e Marlui Maria Silva Ferreira por todo apoio, amor e confiança durante esse período, pela compreensão nos momentos difíceis e por acreditarem no meu potencial, foi e é por isso que conquistei tudo até hoje;

- a minha tia Valquiria Rene Maria da Silva que sempre me apoiou em todos os momentos, muitas vezes fazendo além do que eu necessitava apenas para me ver conseguir conquistar meus objetivos e me realizar;

- aos meus amigos Antonella, Camila, Haila, João, Luana, Rayane e Renata que sempre me deram apoio nos momentos mais difíceis e que se fizeram presentes em toda essa trajetória depositando confiança em mim;

- a minha prima Evelyn Drielle que sempre me incentivou, acreditando e torcendo para que eu atingisse meus propósitos;

- aos meus amigos Gabriela Meller, Willian Magalhães e Sofia Oliveira que sempre estiveram à disposição para me ajudar;

- aos professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC) por contribuírem de uma forma ou outra pela conquista desse título de mestrado;

- ao André Lunge por emprestar o programa de simulação acústica para a finalização da dissertação;

- o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

Finalizo agradecendo de forma geral a todos, pois foram essenciais para essa jornada ser trilhada de maneira leve e satisfatória.

## RESUMO

### PAISAGEM SONORA NO ENTORNO DE UMA ÁREA HOSPITALAR NA CIDADE DE SANTA MARIA/RS.

AUTOR: Lucas Rafael Ferreira

ORIENTADORA: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Giane de Campos Grigoletti

Co-orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Viviane Suzey Gomes de Melo

A Organização Mundial de Saúde (OMS) considera a poluição sonora como a segunda maior fonte poluidora do mundo. O crescimento das cidades juntamente com a evolução e mudança brusca do ambiente urbano ocasionaram o surgimento de novos sons que antes não integravam os espaços urbanos, resultando no aumento dos níveis de poluição sonora. Os ambientes urbanos exibem complexos cenários acústicos, os quais sofrem influências de diversas fontes sonoras que devem ser consideradas em mapeamentos sonoros. Para se obter resultados coerentes, modelos computacionais são requeridos, pois facilitam e possibilitam a realização de cálculos rápidos. Além disso, para avaliação da paisagem sonora, há a necessidade de avaliação qualitativa do espaço urbano a partir das percepções humanas. Diante do exposto, este trabalho identificou as interferências produzidas pelo ruído ambiental no entorno do Hospital de Caridade Astrogildo de Azevedo o qual recebe pessoas de toda a região central do Rio Grande do Sul. A pesquisa teve como objetivo geral caracterizar o ambiente sonoro, em microescala, do objeto de estudo, com a finalidade de dar subsídio ao plano diretor da cidade de Santa Maria/RS e incentivar estudos sequenciais como complemento. Para isso, foi avaliada a relação dos indivíduos com a paisagem sonora do ambiente por meio de questionários. O mapa de ruído foi gerado através dos dados obtidos ( $L_{Aeq}$ ,  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$ ) nas medições em campo. Como resultados, observou-se uma tendência à definição caótica para a paisagem sonora, de acordo com as respostas dos questionários, que está diretamente ligada ao alto nível de pressão sonora (NPS) no entorno do complexo hospitalar, o qual varia de 65 dB a 75 dB, valores acima do que a ABNT NBR 10.151 preconiza. O grande fluxo de automóveis propicia a geração exacerbada dos ruídos que, de acordo com o mapa de ruído, emite até 80 dB. Esse ruído necessita de uma atenção maior quanto às intervenções a serem feitas na região estudada, para que os ruídos emitidos estejam dentro dos limites estabelecidos pelas normas e legislações vigentes.

**Palavras-chave:** acústica ambiental, ruído, hospital, mapa de ruído, paisagem sonora.

## ABSTRACT

### SOUNDSCAPE IN AN OUTSIDE HOSPITAL AREA IN SANTA MARIA/RS.

Author: Lucas Rafael Ferreira

Advisor: Professor Giane de Campos Grigoletti

Co-advisor: Professor Viviane Suzey Gomes de Melo

The World Health Organization (WHO) considers noise pollution as the second-largest pollutant source in the world. The growth of cities along with the evolution and abrupt change of the urban environment caused the emergence of new sounds that previously did not integrate the urban spaces, this resulted in increased levels of noise pollution. Urban environments present complex acoustic scenarios, which have influences from different sound sources that must be taken into account in noise mapping. To achieve consistent results, computer models are needed because they facilitate and allow quick calculations. Moreover, for the evaluation of the soundscape, it is necessary to qualitatively evaluate the urban space based on human perceptions. In view of the above, this work identified the interference produced by environmental noise around the Hospital de Caridade Astrogildo de Azevedo, which receives people from all over the central region of Rio Grande do Sul. The research aimed to characterize the sound environment, in micro-scale, of the object of study, to support the master plan of the city of Santa Maria/RS and encourage further studies as a compliment. For this purpose, the relationship between individuals and the sound environment was assessed using questionnaires. The noise map was generated through the data obtained ( $L_{Aeq}$ ,  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ , and  $L_{90}$ ) in the field measurements. As result, it was observed a tendency to chaotic definition for the soundscape, according to the answers of the questionnaires, which is directly linked to the high sound pressure level (SPL) in the surroundings of the hospital complex, which varies from 65 dB to 75 dB, values above what ABNT NBR 10.151 recommends. The large flow of cars provides the exacerbated generation of noise that according to the noise map, emits up to 80 dB. This noise requires greater attention as to the interventions to be made in the region studied so that the emitted noise within the limits established by current standards and legislation.

**Keywords:** environmental acoustics, noise, hospital, noise map, soundscape.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Compressão e rarefação .....	16
Figura 2 – Variação de intensidade sonora.....	17
Figura 3 – Refração sonora causada pela variação de temperatura.....	20
Figura 4 - Refração sonora causada pelo vento.....	21
Figura 5 - Mecanismos de atenuação .....	22
Figura 6 - Curvas de níveis de audibilidade da audição humana e faixas aproximadas de conteúdo espectral da música e fala em hachurado.....	25
Figura 7 - Orelha humana.....	26
Figura 8 - Efeito da ressonância dentro do meato auditivo.....	27
Figura 9 – Ossículos que compõem a orelha média.....	27
Figura 10 – Vibração dos estereocílios conforme frequência recebida.....	28
Figura 11 – Processo para compreensão do som.....	29
Figura 12 - Efeitos do ruído.....	30
Figura 13 – Diagrama descrevendo a paisagem sonora .....	34
Figura 14 – Fluxograma de taxonomização das fontes sonoras .....	36
Figura 15 – Percepção sonora de paisagem sonora .....	37
Figura 16 – Morfologia de ruas .....	46
Figura 17 – Mapa de ruído do centro de São Paulo.....	47
Figura 18 – Fluxograma com etapas do estudo. ....	58
Figura 19- Localização da área de estudo .....	59
Figura 20 - Vistas da área de estudo.....	60
Figura 21 - Mapa temático com a demarcação dos pontos de medição sonora.....	62
Figura 22 - Imagens ilustrativas dos equipamentos utilizados. Sonômetro (A); calibrador sonoro (B); tripé (C) e termohigrômetro (D).....	63
Figura 23 - Medição <i>in situ</i> .....	64
Figura 24 - Interface de inserção de dados no Software SounPLAN Essencial 5.1.....	66
Figura 25 – Cores de categorização dos níveis sonoros no <i>software</i> SounPLAN essencial 5.1 .....	67
Figura 26 - Respostas à questão de gênero (A); resposta à questão de faixa etária (B).....	72
Figura 27 – Escolaridade dos respondentes.....	72
Figura 28 - Respostas à questão sobre frequência de visitação na semana .....	72
Figura 29 - Respostas à questão sobre motivação de estar no ambiente .....	73
Figura 30 - Respostas à questão sobre o som considerado mais desagradável (%) .....	74
Figura 31 - Respostas à questão sobre o som considerado mais agradável (%).....	75
Figura 32 - Respostas à questão sobre os sons desagradáveis no ambiente .....	76
Figura 33 - Respostas à questão sobre os sons agradáveis no ambiente .....	76
Figura 34 - $L_{Aeq}$ médio [dB] nos pontos de medição.....	78
Figura 35 – Localização dos pontos de medição .....	78
Figura 36 - Espectros da paisagem sonora referentes aos pontos de medição 1 ao 7 .....	79
Figura 37 - Espectro da paisagem sonora dos pontos de medição 8, 9 e 10.....	81
Figura 38 - Configuração das ruas da área de estudo .....	83
Figura 39 - Mapa de ruído em microescala do objeto de estudo.....	84
Figura 40 - Área que deveria ser considerada como zona de silêncio de acordo com a legislação municipal.....	85



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.....	45
Quadro 2 – Estudos base em microescala para esse estudo .....	57
Quadro 3 – Elementos de caracterização do ambiente de estudo.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de alguns valores de NPS e suas respectivas pressões .....	18
Tabela 2 – Mecanismos de atenuação sonora ao ar-livre .....	23
Tabela 3 - Identificação dos eventos sonoros em cada ponto de medição .....	61
Tabela 4 - Contagem veicular durante o período de 60 minutos.....	65
Tabela 5 - Satisfação do usuário quanto a infraestrutura e beleza estética do ambiente.....	73
Tabela 6 – Relação da presença do som no ambiente .....	74
Tabela 7 – Relação da percepção sonora quanto ao incômodo e tranquilidade no ambiente...	76
Tabela 8 – Correlações do incômodo e tranquilidade entre fatores ligados à percepção.....	77
Tabela 9 – Fluxo veicular .....	82
Tabela 10 – Valores dos níveis de pressão sonora equivalente – 15 min.....	82

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	9
1.2.	OBJETIVOS.....	13
1.3.	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	13
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
2.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO DA ACÚSTICA AMBIENTAL.....	15
2.2.	O SOM .....	15
2.3.	CARACTERÍSTICAS SONORAS.....	19
2.4.	RUÍDO AÉREO EM CAMPO LIVRE .....	20
2.5.	FENÔMENO DA PERCEÇÃO SONORA .....	24
2.6.	O RUÍDO .....	29
2.7.	LEIS E DIRETRIZES DE REGULAMENTAÇÃO .....	31
2.8.	PAISAGEM SONORA .....	33
2.9.	NORMAS INTERNACIONAIS E NACIONAIS.....	41
2.10.	CARACTERÍSTICAS URBANÍSTICAS X PAISAGEM SONORA.....	45
2.11.	ESTUDOS EM MICROESCALA DA PAISAGEM SONORA.....	48
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>58</b>
3.1.	OBJETO DE ESTUDO E SUA CARACTERIZAÇÃO .....	59
3.2.	MAPA TEMÁTICO.....	61
3.3.	ANÁLISE ACÚSTICA OBJETIVA.....	62
3.4.	MAPA DE RUÍDO .....	65
3.5.	DADOS QUALITATIVOS.....	67
3.6.	CRUZAMENTO, ANÁLISE E SÍNTESE DOS DADOS.....	69
<b>4.</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>71</b>
4.1.	PERFIL DOS USUÁRIOS DO AMBIENTE .....	71
4.2.	PERCEÇÃO DOS USUÁRIOS EM RELAÇÃO À PAISAGEM SONORA .....	73
4.3.	DADOS OBJETIVOS.....	77
4.4.	MAPEAMENTO ACÚSTICO EM MICROESCALA .....	83
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>88</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>90</b>
	<b>APÊNDICE I.....</b>	<b>97</b>
	<b>APÊNDICE II .....</b>	<b>100</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Este Capítulo apresenta a contextualização da pesquisa proposta, sua justificativa, objetivos e uma breve apresentação do conteúdo de cada Capítulo desenvolvido neste trabalho.

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Brasil, no âmbito de desenvolvimento ao qual tem passado, é atingido por uma mudança brusca na qualidade dos sons em suas cidades e esse advento de intensificação dos sons interfere direta e indiretamente na qualidade de vida das pessoas, que pode influenciar o estado de espírito ou conduzir seu comportamento (SUN et al., 2019). Assim, o ruído encontra-se associado às atividades humanas resultantes da urbanização e desenvolvimento industrial sendo considerado como um poluente (SINGH; DAVAR, 2004).

O crescimento das cidades acarreta conseqüentemente a mudança da paisagem sonora, que nada mais é que um ambiente acústico como percebido ou experimentado e/ou compreendido por uma pessoa ou pessoas, em determinado contexto (ISO, 2014). Nesse viés a cidade de Santa Maria tem áreas a serem estudadas e avaliadas quanto à sua qualidade sonora e insatisfação do usuário.

A insatisfação com o ambiente em que se vive muitas vezes é causada pela falta de conforto, sendo esse entendido como um sentimento de bem-estar do indivíduo. Diante disso, “o bem estar do homem é um conceito amplo que engloba desde os fatores necessários à manutenção de sua saúde física, até aqueles responsáveis pelo seu sentimento de satisfação” (RUAS, 1999, p.9).

Estudos na área de acústica ambiental estão crescendo, posto que a preocupação e o interesse com o bem-estar do ser humano tem aumentado. Conseqüentemente a procura por leis e diretrizes que possam nortear os órgãos responsáveis e pesquisadores vem surgindo. Nesse cenário, como pioneira para gerenciar os ruídos, destaca-se a Diretiva Europeia 2002/49/CE (PARLAMENTO EUROPEU E CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2002).

Nos países da União Europeia, onde se aplicam essas diretrizes, os órgãos responsáveis levantam as informações necessárias a fim de amenizar e tratar os ruídos através de estratégias e planos de ação para torná-los aceitáveis e identificar as áreas com maior potencial qualitativo (RODRIGUES, 2015).

No Brasil, é comum ver as cidades crescendo sem atenção aos espaços e à morfologia dos edifícios que os compõem, sendo esta última um elemento essencial para as características sonoras que cada ambiente irá assumir. Em cidades que não há um planejamento para o adequado crescimento urbano e setorização dos espaços, áreas sensíveis não são pensadas em

conformidade com o que preconiza, por exemplo, a norma NBR 10151 (ABNT, 2019), visto de forma concisa no estudo feito por Wu (2014).

A cidade de Santa Maria está localizada na região central do Rio Grande do Sul, na qual as rodovias com grande concentração veicular como, por exemplo, BR 287, BR 158 e BR 392 (DAER, 2020) intersectam a cidade e se espalham pelo interior do estado. Tornou-se uma cidade desenvolvida em virtude do surgimento da rede ferroviária originada em Porto Alegre (TOCHETTO, 2016). Atualmente conhecida por ser pólo universitário, e, também, por sua estrutura médico-hospitalar e contingente militar, a cidade recebe pessoas não apenas de sua região de influência (região central do RS), como também de outros estados e, até mesmo, de outros países (CLARIVATE ANALYTICS, 2019).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2010, a cidade de Santa Maria apresentava uma população de 261.031 habitantes, estimando-se para o ano de 2019 uma projeção de 282.123 pessoas (IBGE, 2010).

O aumento populacional impulsionado por novas oportunidades que iam surgindo devido à chegada da ferrovia e aos investimentos na região causou uma transformação no meio urbano, modificando a configuração existente até então. Dessa forma, surgem novas características urbanísticas inexistentes anteriormente. Essas mudanças da paisagem, além das estruturais e urbanísticas, proporcionaram alterações nas suas características visuais e sonoras.

A cidade de Santa Maria, como boa parte das cidades com características de centros regionais, possui áreas com traços urbanísticos totalmente diferentes uns dos outros, acarretando a necessidade de estudos que possam identificar as características das paisagens sonoras em pontos específicos dentro da macroescala. Além disso, de acordo com Mendonça (2009) em uma comparação da emissão de ruídos na cidade de Santa Maria -RS constatou-se que desde 1998 a emissão sonora está acima dos 70 dB no centro da cidade.

Os sons que compõem a paisagem sonora são advindos de diferentes fontes sonoras, várias dessas anteriormente não existiam e estão intrinsecamente correlacionadas com o crescimento das cidades, fazendo com que essas fontes específicas colaborem para a mudança do ambiente sonoro (KANG, 2006). O som em ambientes externos tem sido tradicionalmente considerado em termos negativos como intrusivo e indesejável (JENNINGS; CAIN, 2013). Fica em evidência o que se denomina poluição sonora. A World Health Organization (2018) atualmente considera a poluição sonora como a segunda maior, vindo logo depois da poluição do ar no que diz respeito à quantidade da população mundial atingida. Contudo, o som também pode ter efeitos positivos, melhorando o humor, trazendo memórias agradáveis de uma

experiência anterior, promovendo relaxamento e condições para recuperação física e mental (PAYNE, 2013).

Normalmente a acústica se relaciona com o desempenho acústico das edificações em relação ao som externo produzido e o conforto de seus usuários, no entanto, é fundamental também lidar com a acústica urbana que leva em consideração a compreensão do usuário do local, e não somente o ruído e o conforto dentro das edificações (ROCHA, 2018).

Dentro da cidade, as ondas sonoras podem sofrer várias interferências associadas à sua trajetória, essas são causadas pelo solo, pela temperatura do ambiente, pela vegetação e forma urbana (KANG, 2007a). Diante disso, o estudo tem que ser criterioso para levar em consideração todos esses fatores.

A paisagem sonora ou *soundscape* contribui tanto para a percepção da qualidade do ambiente urbano como também, para identificar sua identidade (agitado, excitante, agradável, calmo, monótono, desagradável ou caótico). Os sons dos ambientes podem evocar pensamentos e emoções, influenciando no estado emocional do indivíduo e em seus comportamentos (AXELSSON et al., 2010).

Para determinar a identidade da paisagem sonora se trabalha com a subjetividade e a objetividade ao mesmo tempo. Tendo em vista o entendimento da composição sonora pelos indivíduos e a análise de dados medidos no local. Entretanto, quando o controle do ruído se centra exclusivamente na redução dos níveis de pressão sonora (NPS) de sons indesejados, a concepção da paisagem sonora passa a requerer novas ferramentas por meio de gravações realistas, apoiadas em simulações de modelos mais eficientes em aurilizações acústicas (VORLANDER, 2008).

Como há áreas díspares dentro das cidades causadas pelas diferentes quantidades e tipos de fontes emissoras contribuintes, é de responsabilidade pública estabelecer medidas mitigadoras e assegurar que os níveis de pressão sonora não ultrapassem o estabelecido pela NBR 10151 (ABNT, 2019). Essa norma estabelece, para diferentes áreas habitadas, zonas mais críticas ou sensíveis no que diz respeito às emissões sonoras. São elas: áreas estritamente residenciais, hospitalares e escolares.

As áreas sensíveis são aquelas que requerem, de acordo com a norma, um limite menor de NPS, então “[...] os requisitos para a paisagem sonora são diferentes em áreas residenciais, comerciais, industriais e áreas sensíveis (hospital, asilos, escolas etc.) [...]” (NAVARRO, 2014, p. 47). Essas áreas necessitam de maior atenção dos gestores municipais. É importante que haja uma atenção e investigação mais cautelosa, requerendo assim pesquisas que versem sobre a caracterização específica das paisagens sonoras, para que gere um banco de dados consistente

e útil para o planejamento urbano. Dessa maneira, não se deve limitar as determinações acústicas (ZANNIN et al., 2003) e tem que levar em consideração o contexto social (MARIS et al., 2007), o contexto visual (SUN et al., 2018) e as experiências individuais (DUBOIS; GUASTAVINO; RAIMBAULT, 2006).

A área de estudo que é objeto desta dissertação é uma área hospitalar, considerada sensível pela NBR 10151 (ABNT, 2019). Áreas sensíveis necessitam de uma atenção mais criteriosa. Desse modo, o estudo se aterá a uma análise em microescala. Esse tipo de análise alcança uma perquirição de áreas menores do espaço urbano, obtendo-se resultados mais pontuais resultando em mapas sonoros mais acurados.

O ambiente e estudo em Santa Maria, RS, é localizado na região central, densamente urbanizado e cercado por vias de alto fluxo de veículos (automóveis, ônibus, motocicletas e bicicletas), possui pouca vegetação e uma grande circulação de pessoas. Isso se dá por ser uma cidade regional, e nesse espaço se encontrar um dos hospitais que atende grande parte da população, o Hospital de Caridade Astrogildo de Azevedo (HCAA).

Frees (2006), em seu estudo da acústica interna do complexo hospitalar Astrogildo de Azevedo, constatou níveis acima dos desejáveis para os ambientes internos. O estudo de Frees (2006) contribui para a tomada de decisão sobre reformas feitas no HCAA pela administração do hospital para proporcionar ambientes acusticamente agradáveis para os usuários e consequentemente proporcionar o bem-estar dos pacientes e trabalhadores.

A qualidade do som desses espaços sensíveis é essencial, por isso é de suma importância qualificá-los internamente e externamente para se alcançar uma paisagem sonora que colabore com o bem-estar dos usuários da área, sejam eventuais visitantes, sejam os moradores e trabalhadores da área.

Este estudo tem como intuito identificar a paisagem sonora externa desse local e qualificá-la, diante das características identificadas: alto índice de tráfego, pouca vegetação, grande fluxo de pessoas e alto adensamento urbano. Os resultados do estudo podem servir de subsídios ao plano diretor e ao mapeamento acústico da cidade, possibilitando a análise mais cuidadosa de novos centros de saúde dentro da urbe e também de critérios mitigadores nessas regiões.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo principal

Este estudo tem como objetivo principal caracterizar a paisagem sonora, em microescala, da faixa da Rua José Bonifácio em frente ao complexo do Hospital de Caridade Astrogildo de Azevedo, localizado no centro da cidade de Santa Maria, RS, a fim de subsidiar o planejamento urbano no que tange a critérios de conforto acústico urbano.

### 1.2.2. Objetivos secundários

- Identificar os parâmetros acústicos para avaliar o desempenho acústico urbano em microescala.
- Analisar se a área está dentro dos parâmetros da NBR 10.151 (ABNT, 2019) com relação às áreas estritamente residenciais urbanas ou de hospitais ou de escolas.
- Desenvolver o mapa sonoro da área de estudo localizada no entorno do complexo hospitalar do HCAA.
- Levantar a percepção de usuários transeuntes do local quanto à paisagem sonora.
- Propor diretrizes para a área visando o melhor conforto acústico urbano e a compreensão da percepção de usuários em relação à paisagem sonora.

## 1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está dividida em cinco Capítulos.

O Capítulo 1 apresenta o conteúdo mostrado nesta seção, composto de introdução, justificativa, objetivos e estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 aborda a revisão documental sobre estudos relevantes para esta pesquisa, será feita uma abordagem sobre conceitos básicos de acústica, da percepção sonora pelo ser humano, assunto abordado pela acústica subjetiva, além da análise da fisiologia da audição humana abordada pela psicoacústica. A problemática envolvendo o ruído e as leis e normas de regulamentação vigentes também será abordada, além da paisagem sonora e seu conceito, trazendo a reflexão para o ambiente urbano.

O Capítulo 3 é dedicado ao passo a passo da metodologia aplicada aos objetivos do estudo aqui proposto.

O Capítulo 4 apresenta a análise e discussão dos resultados deste estudo, a partir de medições e simulações realizadas durante a pesquisa.



O Capítulo 5 apresenta as considerações finais do estudo.

Finalmente, nas Referências Bibliográficas, são listadas as referências citadas no texto.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ACÚSTICA AMBIENTAL

O ruído sempre, de alguma forma, desencadeou reações adversas no homem. Na Idade Média, na Europa, já haviam regulamentações para os ruídos originados das rodas das carroças em contato com as pedras da pavimentação. Esses veículos não podiam trafegar em período noturno em algumas cidades, com o intuito de garantir um bom sono dos habitantes (BERGLUND; LINDVALL; SCHWELA, 1999).

Diante do desenvolvimento tecnológico acarretado pela Revolução Industrial, houve a deterioração do meio ambiente. Em contrapartida, o homem teve acesso a facilidades e modernidades que antes não faziam parte do seu dia a dia e, como consequência, intensificou-se o crescimento do número de fontes de poluição (GARCIA, 1994).

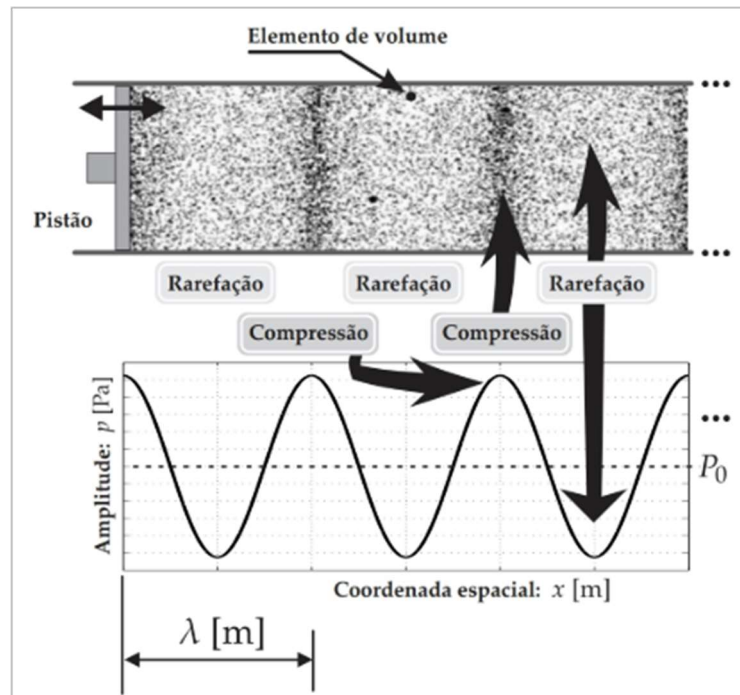
Automóveis, caminhões, trens e aviões chegaram às cidades rapidamente, o que tornou notório o crescimento veicular, contribuindo, assim como as indústrias, para o aumento dos ruídos dentro das cidades (BERGLUND; LINDVALL; SCHWELA, 1999).

Na atual conjuntura, é inegociável que se busque uma renovação da mentalidade das pessoas no modo de consumir e produzir. Por essa razão, hodiernamente, a busca por tecnologias para minimizar a poluição é intensa. O ser humano é submetido aos efeitos de suas interferências no meio ambiente. Essa intervenção humana faz com que seja raro o momento de sentimento de total conforto, pois a presença de vários tipos de poluição (ar, água, visual e sonora) é recorrente em seu dia a dia (MAIZ; LEON, 1994).

### 2.2. O SOM

O som é um fenômeno físico que consiste em flutuações de pressões nos diferentes meios elásticos (GUEDES, 2005; BISTAFA, 2011) essas variações de pressão no ar se dão em torno da pressão atmosférica e se propagam longitudinalmente (FERNANDES, 2002). O fenômeno sonoro manifesta-se como uma onda mecânica longitudinal que se propaga pelo ar ou qualquer outro fluido. O som tem a necessidade de um meio físico para se propagar, ou seja, para haver o fenômeno acústico é necessário que exista uma fonte sonora, um meio de propagação e um receptor (BRANDÃO, 2016). Estes movimentos causados nas partículas geram zonas de compressão e rarefação (Figura 1). Para o objeto de estudo será considerado o ar como meio de propagação.

Figura 1 – Compressão e rarefação



Fonte: (BRANDÃO, 2016, p. 63).

As zonas de compressão e rarefação são zonas em que há diferenças de pressão sonora, as quais são representadas virtualmente por uma crista de onda (maior pressão) e um vale de onda (menor pressão). Esta variação de pressão é transmitida por meio das partículas do ar até a chegada ao aparelho auditivo humano (BRANDÃO, 2016; BISTAFA, 2018).

A variação de pressão sonora, a qual é percebida pelo aparelho auditivo humano, é muito ampla. Por conseguinte, não é prático o uso de uma escala linear, na qual a diferença do mínimo e máximo seria em escalas de milhões (RODRIGUES, 2015). Ademais, a resposta ao impulso pela orelha humana não é dada de maneira linear, mas se aproxima de uma resposta logarítmica. Para não acarretar uma escala muito extensa, surge o decibel (dB) um número adimensional, que é uma diminuição da escala obtida pelo Bel (B) (VUOLO; FRANCO, 2004).

### 2.2.1. Qualidades do som

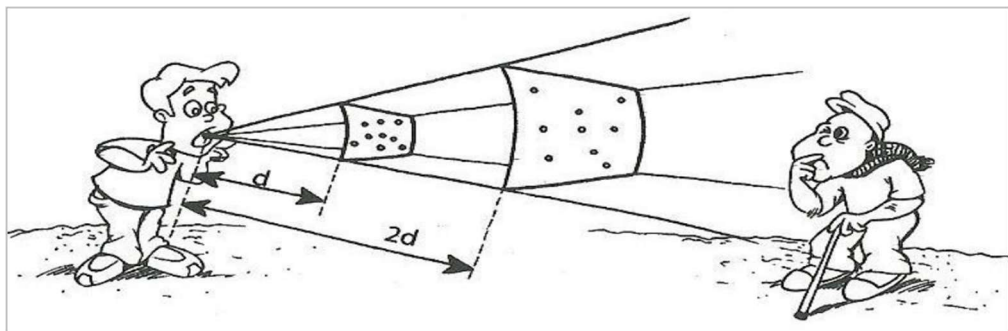
As qualidades do som são: altura ou tonalidade, timbre e intensidade sonora.

A altura de um som está ligada à sua frequência (medida em Hz) que distingue os sons graves e agudos. Os humanos possuem uma limitação na percepção dessa altura que varia de 20 Hz a 20 kHz (RUSSO, 1997).

O timbre é a qualidade sonora que permite diferenciar sons de mesma altura (mesma frequência) emitidos por fontes diferentes, que se diferenciam pelo formato de onda emitido pela fonte, dessa forma, cada material que produza um som apresenta um formato de onda mesmo que a frequência seja a mesma (NASCIMENTO et al., 2015).

Intensidade sonora “[...] é a taxa média por unidade de área com a qual a energia contida na onda atravessa a superfície ou é absorvida por ela.” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009, p.158). É também um fluxo de energia emitido por uma fonte em uma determinada direção e medida em  $W/m^2$ , essa intensidade varia conforme a distância da fonte sonora, quanto mais distante mais dispersa a energia ficará, desta maneira, denota-se a diminuição da intensidade sonora por meio do esquema mostrado na Figura 2 (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2012).

Figura 2 – Variação de intensidade sonora



Fonte: (EGAN, 1972 apud SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2012, p. 31).

O termo volume do som está relacionado a sua intensidade sonora. O afastamento do receptor da fonte sonora propicia a diminuição da intensidade sonora, em razão da dispersão do som em maior área se comparado com a inicial. A intensidade e a altura são as qualidades do som que permitem avaliar se um ruído é causador de situações de desconforto ambiental (BARROS, 2011).

### 2.2.2. Nível de pressão sonora

O nível de pressão sonora (NPS) é uma medida que determina a pressão exercida em um determinado ponto por intervalo de tempo. Pode-se determinar o NPS através da Equação 1 (GELFAND, 2009):

$$NPS = 10 \log \left( \frac{p^2}{p_0^2} \right), \quad (1)$$

em que:

$p$  = pressão sonora [N/m<sup>2</sup>];

$p_0$  = pressão sonora de referência [ $2 \cdot 10^{-5}$  N/m<sup>2</sup>].

A Tabela 1 mostra a relação entre NPS e pressão, para alguns valores em dB.

Tabela 1 - Relação de alguns valores de NPS e suas respectivas pressões

NPS (dB)	Pressão sonora (N/m <sup>2</sup> )
140 (limiar da dor)	200
120	20
100	2
80	0,2
60	$2 \times 10^{-2}$
40	$2 \times 10^{-3}$
20	$2 \times 10^{-4}$
0 (limiar da audição)	$2 \times 10^{-5}$

Fonte: (ROTT, 1995, p. 9).

### 2.2.3. Nível de Pressão Sonora equivalente - $L_{eq}$

O nível de pressão sonora equivalente, que varia ao longo do tempo de medição (BRE - BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT, 1993), é representado por  $L_{eq}$ . Este valor pode ser ponderado segundo a curva A, neste caso, passa a ser representado por  $L_{Aeq}$  (ABNT, 2019).

Frequentemente no cálculo da acústica ambiental se faz o uso do  $L_{eq}$  caracterizado como o nível de pressão sonora constante integrado no tempo e pode ser obtido através da Equação 2 (BISTAFA, 2018):

$$L_{eq} = 10 \log \left( \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{NPS}{10}} dT \right), \quad (2)$$

em que:

$T$  = tempo de integração;

$NPS$  = nível de pressão sonora [dB].

### 2.2.4. Níveis de pressão sonora representativos de períodos completos – $L_d$ , $L_n$ e $L_{dn}$

O  $L_d$  e o  $L_n$  representam o nível de pressão sonora equivalente ponderado em A, no espectro global ( $L_{Aeq}$ ) para o período diurno e noturno respectivamente. O  $L_{dn}$  é definido como um nível sonoro contínuo equivalente durante o período de 24 horas (ABNT, 2019).

O  $L_{dn}$  se obtém através da média logarítmica ponderada dos resultados de  $L_d$  e  $L_n$  obtidos mediante as medições nos períodos diurno e noturno, conforme a Equação 3 (ABNT, 2019):

$$L_{dn} = 10 \log \left( \frac{d}{24} \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + \frac{n}{24} \cdot 10^{\frac{L_n + \Delta}{10}} \right), \quad (3)$$

em que:

$d$  = é o número de horas do período diurno [h];

$n$  = é o número de horas do período noturno [h];

$L_d = Leq$ , para o período do dia (07:00 – 22:00) [dB];

$L_n = Leq$ , para o período da noite (22:00 – 07:00) [dB];

$\Delta$  = é a diferença aritmética entre o  $RL_{Aeq}$  noturno.

### 2.2.5. Níveis estatísticos

Os sons e ruídos que se escuta não são constantes dentro do ambiente. O nível de pressão sonora (NPS) varia com o tempo. Os índices estatísticos representam o NPS excedido em frações de tempo, em que  $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$  representam 10%, 50% e 90% respectivamente (BISTAFA, 2018).

O  $L_{10}$  indica, com boa probabilidade, o NPS referente a eventos esporádicos onde há picos na intensidade sonora. O  $L_{50}$  indica, estatisticamente, o ponto médio dos valores medidos, representando uma média dos níveis sonoros flutuantes. O  $L_{90}$  representa o ruído residual (BISTAFA, 2018).

### 2.3. CARACTERÍSTICAS SONORAS

Um sinal sonoro possui como característica fundamental a sua frequência, que possui como unidade de medida o Hertz (Hz) que, por sua vez, indica o número de ciclos completos por segundo (GELFAND, 2018). Esses números de ciclos completos em relação ao tempo estão diretamente ligados à percepção do som, como grave ou agudo, pelo sistema auditivo humano (BISTAFA, 2018).

De acordo com Rodrigues (2015) as frequências consideradas como graves estão na faixa de 20 a 400 Hz, as médias de 400 a 1.600 Hz e por fim as agudas entre 1.600 a 20.000 Hz.

O aparelho auditivo tem a sensibilidade a partir de 20 Hz e indo até 20 kHz. Frequências fora desse intervalo são inaudíveis para os humanos. Não obstante, a região compreendida de

1 kHz a 4 kHz é a faixa que possui maior inteligibilidade pela orelha humana (EVEREST; POHLMANN, 2009).

Dessa forma, a faixa de frequência que mais influencia a percepção de conforto, por meio da inteligibilidade do ambiente, se encontra na faixa intermediária, em virtude do formato do aparelho auditivo. Isso será abordado de maneira mais clara na Seção 2.5.

#### 2.4. RUÍDO AÉREO EM CAMPO LIVRE

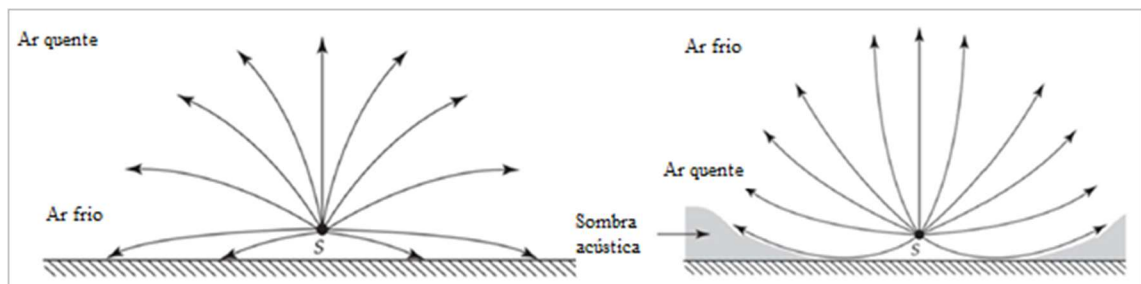
O conceito de ruído aéreo é definido como:

“Aqueles originados no ar e continuamente nele propagados, além daqueles que também são gerados no ar, provocando a vibração de uma superfície, que por sua vez, provoca a vibração do ar adjacente à sua face oposta. Inclui-se, nesse caso, a onda sonora provocada pela voz de uma pessoa incidindo diretamente no ouvido de outra, ou ainda, a vibração de uma parede provocada pela voz e sendo captada por outra pessoa situada no ambiente adjacente.” (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2012, p.84)

A propagação sonora ao ar-livre é normalmente estudada em termos de três componentes: a fonte sonora, a trajetória de transmissão e o receptor (BISTAFA, 2018). A partir do momento que há a emissão de certa potência sonora pela fonte, conseqüentemente há também a geração de um nível sonoro, o qual pode sofrer uma atenuação ao longo da trajetória de propagação (SINGAL, 2005a).

A temperatura e o vento são fatores que influenciam a direcionalidade da onda sonora assim como sua velocidade, como pode ser visto na Figura 3 (EVEREST; POHLMANN, 2009).

Figura 3 – Refração sonora causada pela variação de temperatura

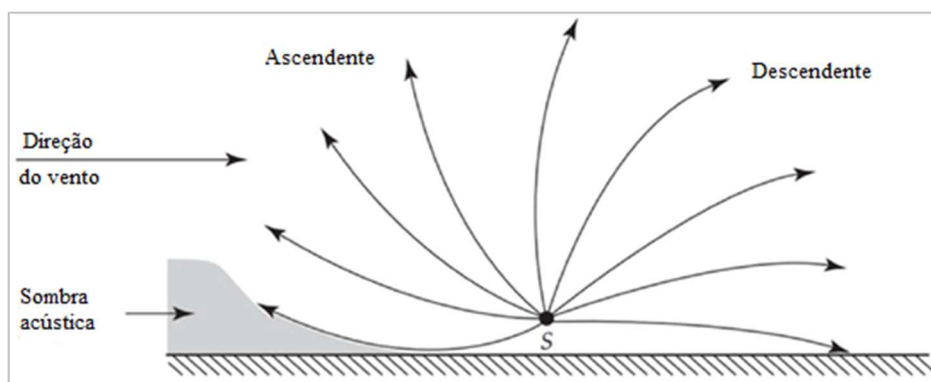


Fonte: Adaptado de Everest and Pohlmann (2009, p. 121).

Dessa forma, em dias caracterizados como quentes (temperatura do ar mais alta junto ao solo), as ondas sonoras sofrem uma curvatura ascendente, que faz com que alcance menores distâncias e, em dias de temperatura mais amena, o efeito é contrário, tendo um alcance maior, cobrindo distâncias maiores (SINGAL, 2005).

Em relação ao vento, sua velocidade e direcionalidade interferem diretamente nas ondas sonoras. As ondas sonoras a favor do vento têm sua velocidade aumentada, isso causa um desvio em sua direcionalidade voltando-a para o solo, elevando os níveis sonoros. Em contrapartida, quando as ondas sonoras estão contra o vento propendem ao afastamento do solo, sofrendo atenuações de até 30 dB (Figura 4) (SINGAL, 2005).

Figura 4 - Refração sonora causada pelo vento

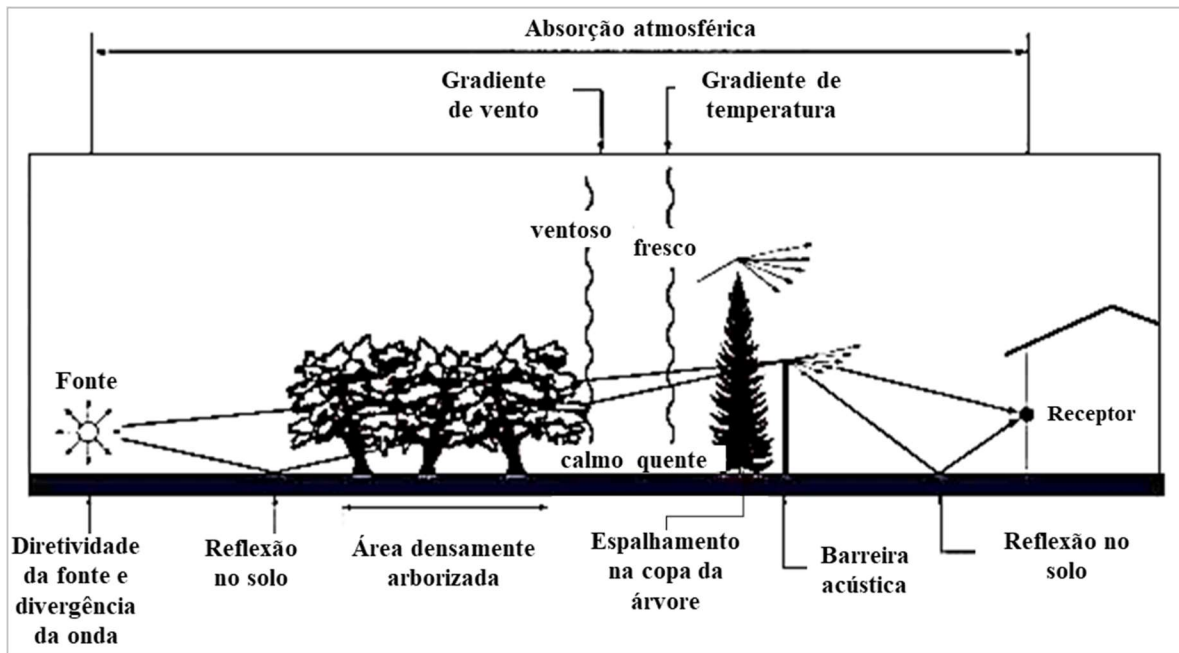


Fonte: Adaptado de Everest and Pohlmann (2009, p. 121).

Durante a trajetória do som ao ar livre, pode-se realizar intervenções com mecanismos que auxiliam na absorção e atenuação do nível sonoro que está sendo transmitido como exemplificado na Figura 5 (BISTAFA, 2018).



Figura 5 - Mecanismos de atenuação



Fonte: (BISTAFA, 2018, p. 202).

A partir do momento de emissão pela fonte sonora, o som se propaga e passa por atenuações em sua intensidade que é dependente, também, da frequência em que o som é emitido. Portanto a atenuação global está diretamente ligada ao espectro sonoro (BISTAFA, 2018).

Para o nível de pressão sonora em propagação ao ar-livre se usa a Equação 8 (BISTAFA, 2018):

$$L_p(r, \theta) = L_w - 20 \log(r) + DI_\theta - 10 \log\left(\frac{\Omega}{4\pi}\right) - A_{combinada} - 11, \quad (8)$$

onde:

$\Omega$  é o ângulo sólido disponibilizado para a fonte para livre propagação;  $A_{combinada}$ , é a combinação de todos os mecanismos significativos de atenuação sonora entre a fonte e o receptor;  $L_p(r, \theta)$ , é o nível de pressão sonora à distância  $r$  e direção  $\theta$  da fonte;  $L_w$ , é o nível de potência sonora;  $DI_\theta$ , é o índice de direcionalidade da fonte na direção  $\theta$ , em dB.

A energia gerada por fontes sonoras sofre atenuação ao se propagar no ar-livre. Os fatores causadores dessa atenuação são os indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Mecanismos de atenuação sonora ao ar-livre

Mecanismos	Descrição sucinta	Atenuação aproximada de 5dB	
		Condições	À distância de
Absorção do ar	Absorção sonora do ar atmosférico	A 10 °C e 70% de umidade relativa	800 m* 1,5 km em 0,5 kHz** 250 m em 4 kHz**
Solo macio	Interferência (quase sempre destrutiva) entre o som direto e o refletido sobre o solo acusticamente “macio”	Para alturas da fonte e receptor da ordem de 1,2m	85 m* 10 m em 250 e 500 Hz** 50 m em 125 e 1000 Hz** Não há em 63 e 2000 Hz
Barreira	Atenuação provocada por uma barreira acústica entre a fonte e o receptor, combinada com uma atenuação adicional de solo acusticamente “macio”	Quando o receptor se encontra na sombra acústica gerada pela barreira, em temperaturas normais e sem vento	Todas
Edificações	Atenuação provocada por edificações entre a fonte e o receptor.	Com uma fileira de edificações com aproximadamente 25% de abertura	Todas
Vegetação densa	Atenuação provocada por vegetação densa entre a fonte e o receptor	Áreas com muitas árvores e vegetação densa no solo	30 m* 100 m em 500 Hz** 50 m em 4000 Hz**
Reverberação urbana	Amplificação sonora devida às múltiplas reflexões em desfiladeiros urbanos	Com edificações de no mínimo 10m de altura em ambos os lados da rua	-
Vento e temperatura	Alteração de atenuação do solo e/ou da barreira, ou criação de sombras acústicas causadas por gradientes verticais de temperatura e de ventos.	Em dias ensolarados, para alturas da fonte e do receptor da ordem de 1,2m	150 m* 150 m em 500 Hz** 50 m em 4000 Hz**

Observação: \* Referente a níveis sonoros A-ponderados para espectro de fontes típicas, \*\*Referente às bandas de oitava

Fonte: adaptado de Bistafa (2018, p. 207).

Em relação à vegetação, a qual possui propriedades de absorção e atenuação do nível sonoro, conforme Bistafa (2018), pode-se destacar que cinturões verdes que englobam arbustos e árvores de grande porte, podem funcionar de forma eficiente como uma barreira acústica, sendo capaz de absorver e espalhar o som que incide sobre ele. Todavia, este fenômeno depende da densidade, largura e altura desse cinturão (BISTAFA, 2018).

No tocante ao decaimento sonoro promovido pelo solo, este está diretamente ligado ao tipo de superfície. Se rígido, a maior parte das ondas sonoras incidentes serão refletidas acarretando a origem de uma nova direção de propagação com novas ondas sonoras e frente de onda (SINGAL, 2005). Contudo, solos macios possuem a propriedade de absorver parte da energia das ondas sonoras que causa diminuição em sua intensidade (ISO, 2016). A atenuação causada pelo solo pode gerar reduções de 20 a 30 dB, no entanto, há possibilidade de ampliações de até 6 dB no caso de solos rígidos (BISTAFA, 2018).

As barreiras são quaisquer obstáculos ou estruturas que impedem a visão da fonte pelo receptor e isso gera uma proteção contra as ondas sonoras diretas. As ondas sonoras que atingem o topo da barreira sofrem difração, sendo curvadas para baixo, as quais são atenuadas (ANDERSON; KURZE, 1992; BISTAFA, 2018).

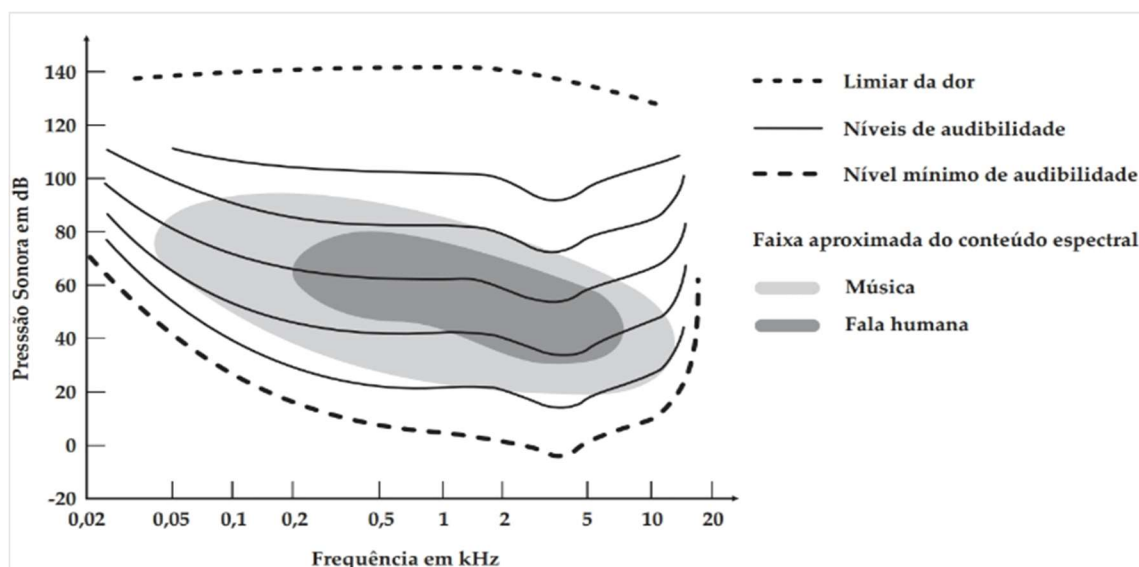
Em virtude da gama de mecanismos que possibilitam a atenuação sonora ao ar-livre, as cidades podem preservar zonas com esses mecanismos ou fazer o uso destes para uma melhora do ambiente sonoro urbano.

## 2.5. FENÔMENO DA PERCEPÇÃO SONORA

O sistema auditivo humano possui sensibilidade espectral que abrange a faixa de 20 Hz a 20 kHz (BRANDÃO, 2016), ou seja, o sistema auditivo tem a capacidade de perceber diversos e diferentes sons presentes no ambiente, como já mencionado anteriormente. A percepção auditiva está diretamente ligada às diferentes frequências, de modo que sons, com o mesmo nível de amplitudes, são capazes de possuir diferentes frequências e isso motiva uma percepção subjetiva do volume sonoro distinta para cada pessoa, o que acarreta compreensão diferente de um mesmo som emitido entre as pessoas (BRANDÃO, 2016).

As curvas de audibilidade humana podem ser representadas graficamente, como indica a Figura 6.

Figura 6 - Curvas de níveis de audibilidade da audição humana e faixas aproximadas de conteúdo espectral da música e fala em hachurado

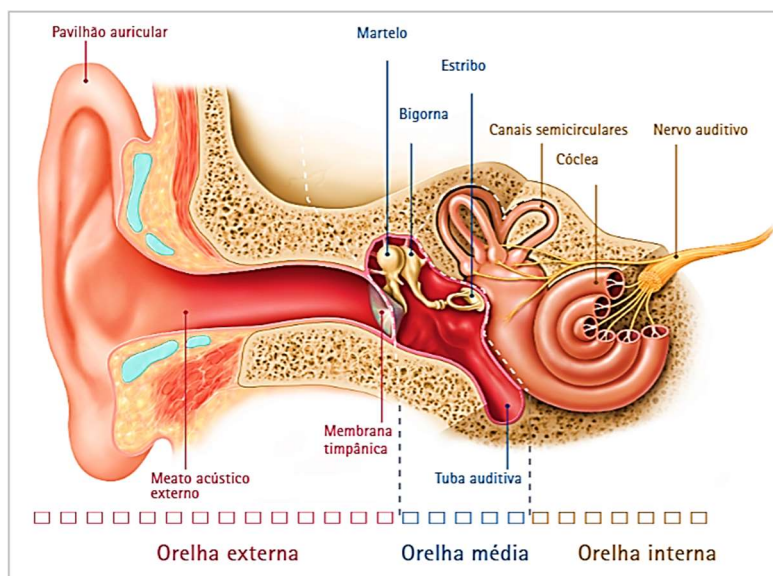


Fonte: (BRANDÃO, 2016, p. 61).

Ao se falar em percepção sonora, deve-se começar a entender como é a funcionalidade da fisiologia da orelha humana e como ela lida com os mínimos sinais sonoros. A orelha humana (que engloba tanto o pavilhão auditivo como os órgãos internos), é responsável pela captação do som e na transformação desse em uma informação racional para o ouvinte. Há três partes principais na formação da orelha: orelha externa, orelha média e orelha interna (Figura 7) (BLAUERT, 1997).

A orelha externa é composta pelo pavilhão auditivo e canal (meato) auditivo, sendo o tímpano a barreira de transição. A orelha média é uma cavidade cheia de ar com três ossículos chamados: martelo, bigorna e estribo, os quais juntos, formam uma ligação mecânica entre a parte externa e interna da orelha. A orelha interna recebe as ações das vibrações através do efeito alavanca na janela oval, que é preenchida com um líquido e este transmite vibrações por meio da cóclea até chegar ao nervo auditivo que envia impulsos elétricos para o cérebro (EVEREST; POHLMANN, 2009).

Figura 7 - Orelha humana



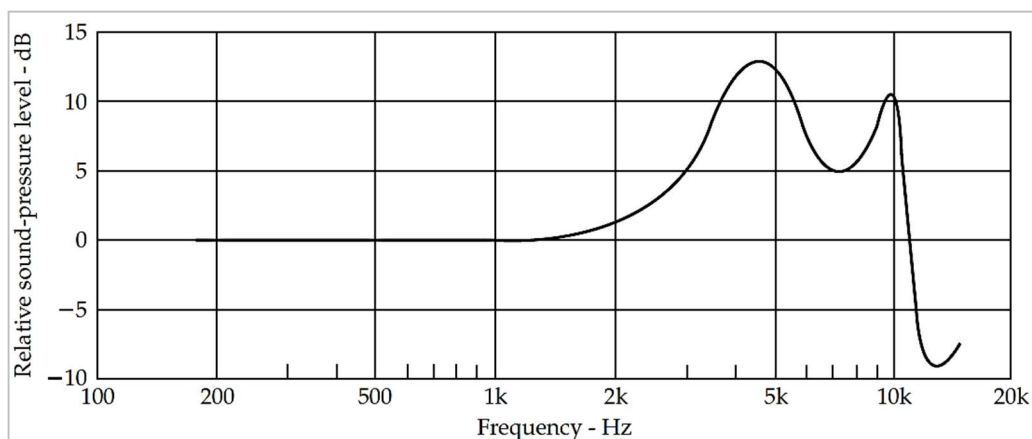
Fonte: (PHONAK, 2018).

### 2.5.1. Orelha externa

A orelha externa é constituída por dois órgãos: pavilhão e meato auditivo (EVEREST; POHLMANN, 2009). O pavilhão auditivo funciona como um dispositivo para a coleta de sons (EVEREST; POHLMANN, 2009) e também para dar o discernimento da direção que o sinal sonoro está sendo emitido, ou seja, tem como papel dar informações direcionais em todos os sons captados (BLAUERT, 1997). Por meio das diferentes pressões exercidas, pelos sons sobrepostos no tímpano, permite ao cérebro interpretar tanto o conteúdo do som como a direção de onde vem (EVEREST; POHLMANN, 2009).

O canal auditivo, por sua vez, aumenta o volume dos sons que o atravessam, possuindo um diâmetro em torno de 0,7 cm e comprimento de cerca de 2,5 cm. Esse canal se assemelha a um tubo de órgão, o efeito de ressonância desse canal aumenta a pressão sonora no tímpano em certas frequências, podendo aumentar a pressão sonora no tímpano em aproximadamente 12 dB (Figura 8). Também podem apresentar efeitos combinados tornando o ouvido mais sensível às frequências médias, mas isso também torna o mesmo mais suscetível à perda auditiva com o tempo de exposição nestas frequências (EVEREST; POHLMANN, 2009).

Figura 8 - Efeito da ressonância dentro do meato auditivo



Fonte: (EVEREST; POHLMANN, 2009, p. 42).

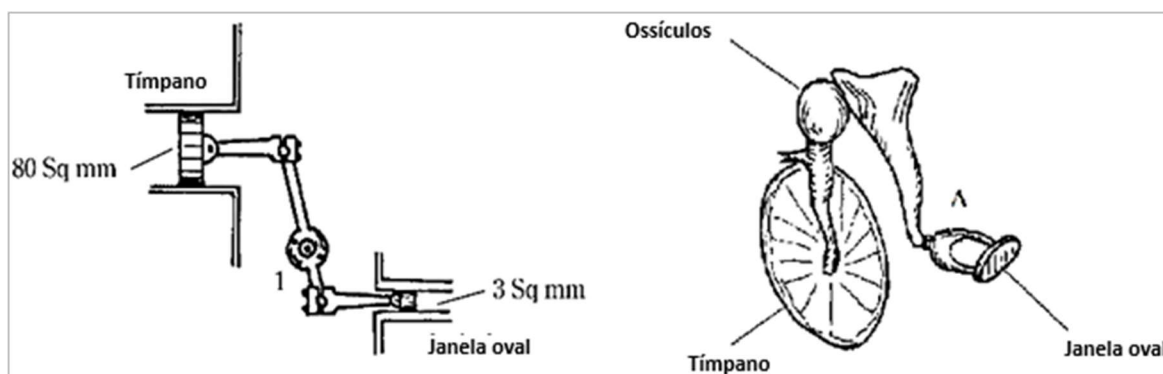
### 2.5.2. Orelha média

Para satisfazer a transferência de energia de um meio tênue, como o ar para um meio denso como a água há desafios. O ouvido médio faz esse processo com a ajuda de três ossículos (martelo, bigorna e estribo) (BLAUERT, 1997).

O processo de transferência de energia do ar para o fluido dentro do ouvido humano é um processo delicado, precisa fazer com que as transferências das vibrações do tímpano sejam transmitidas de forma efetiva à janela oval do ouvido interno (EVEREST; POHLMANN, 2009; BLAUERT, 1997).

O martelo é o primeiro osso, este fixado ao tímpano, a bigorna o segundo e o estribo sendo o terceiro parte da janela oval. Esses três ossos trabalham como se fossem uma alavanca diminuindo a pressão total que chega à janela oval numa proporção de  $80/3$  (Figura 9), assim a força exercida no tímpano diminui cerca de 27 vezes durante esse processo de transferência (EVEREST; POHLMANN, 2009).

Figura 9 – Ossículos que compõem a orelha média



Fonte: adaptado de Everest e Pohlmann (2009, p. 43).

### 2.5.3. Orelha interna

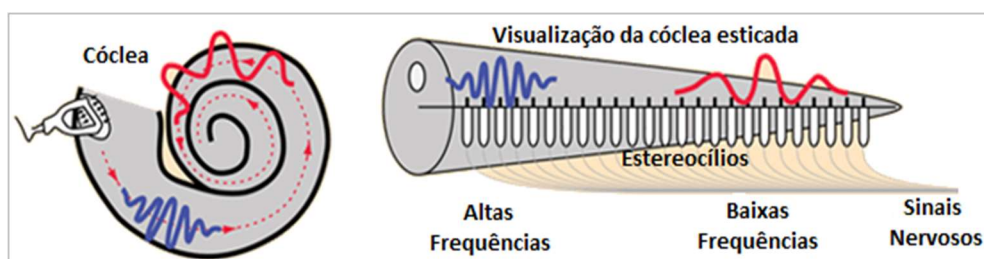
O processo que ocorre na orelha interna não é tão implícito. O órgão responsável por analisar essas vibrações é a cóclea que é preenchida por um líquido. Ela é dividida longitudinalmente por duas membranas, a de Raissner e a basilar (EVEREST; POHLMANN, 2009).

A membrana basilar é a de maior interesse. As vibrações que chegam ao estribo em forma de movimentos de alavanca atingem a janela oval. O som gera ondas estacionárias, criadas pela janela oval, que se instalam na membrana basilar com posições da amplitude diferentes que mudam conforme a frequência do som recebido pelo tímpano (EVEREST; POHLMANN, 2009).

O processo continua com a estimulação de terminais nervosos através das ondas criadas na membrana basilar, essa excitação transmite sinais para o cérebro na forma de descargas nos neurônios.

Dentro da cóclea há órgãos chamados estereocílios que vibram conforme a frequência recebida (Figura 10), essa vibração mecânica ocorrida nos cílios é transformada em vibração elétrica, esta recebida pelo nervo auditivo. O nervo auditivo transforma em descargas neurais que são interpretadas pelo cérebro, gerando a informação do som que ouvimos (EVEREST; POHLMANN, 2009).

Figura 10 – Vibração dos estereocílios conforme frequência recebida

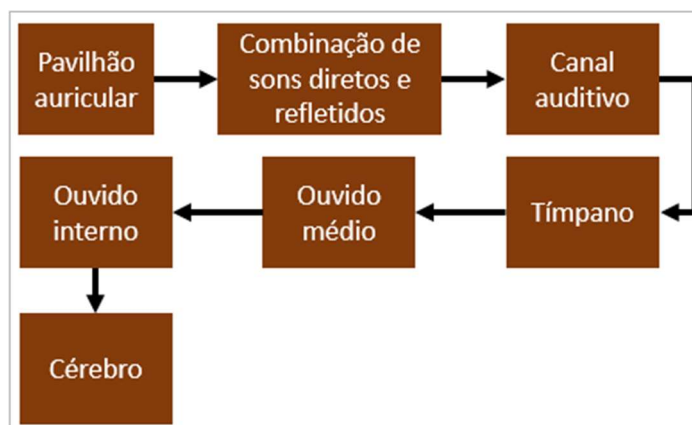


Fonte: Adaptado de HYPERPHYSICS (2019).

### 2.5.4. Localizando fontes sonoras

A percepção da localização de uma fonte sonora começa através do pavilhão auditivo, o som sofre inúmeras reflexões em sua superfície irregular e é combinado com o som direto na entrada do meato auditivo, passando pelo ouvido médio e depois pelo interno e finalmente chegando ao cérebro que o interpreta (EVEREST; POHLMANN, 2009). Esse processo está representado no fluxograma da Figura 11.

Figura 11 – Processo para compreensão do som



Fonte: Autor (2021).

A função de transferência do som na entrada do meato auditivo tem uma forma diferente para cada direção horizontal e vertical. Mediante essas diferenças, acarreta a possibilidade de interpretação direcional feita pelo cérebro, no qual todo som que chega ao pavilhão auditivo é transformado em código usando as combinações dos sons refletidos com o direto, permitindo as diversas percepções criadas pelo cérebro (EVEREST; POHLMANN, 2009).

## 2.6. O RUÍDO

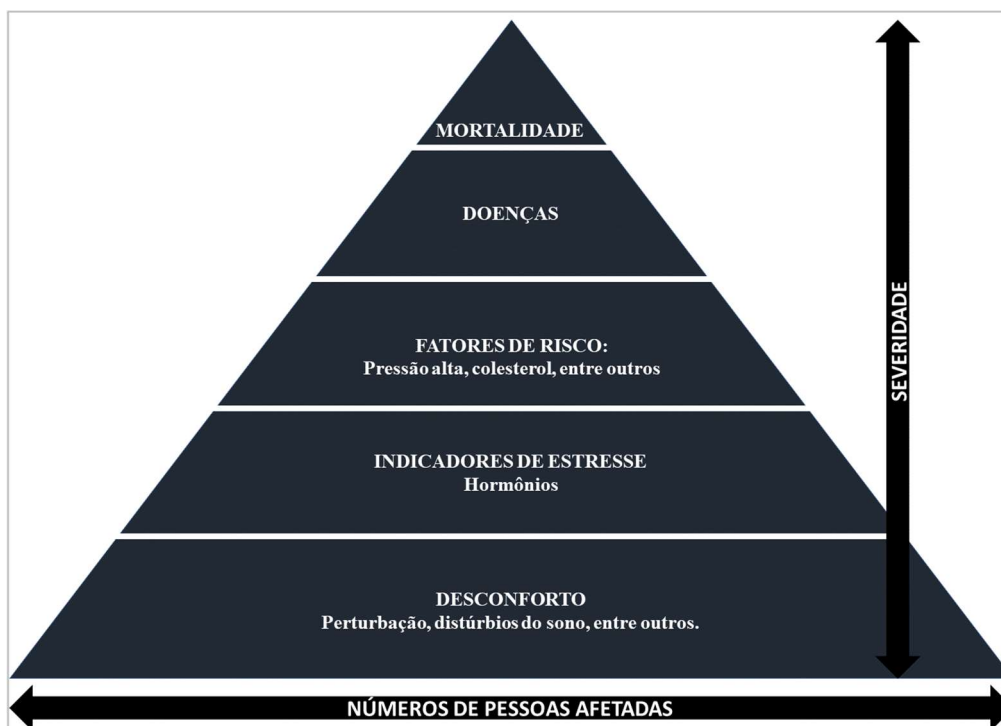
A Revolução Industrial, juntamente com a Revolução Elétrica que a sucedeu, acarretou o surgimento de novas tecnologias que trouxe benefícios, porém, acarretou, também, consequências negativas (SCHAFER, 1977). As pessoas passaram a se concentrar nas cidades e, como resultado, veio o aumento das poluições e, dentre elas, a poluição sonora passou a se intensificar, percebida com evidência após a chegada das máquinas e o acúmulo de pessoas em um só lugar (LEAL; FARIAS; ARAUJO, 2008).

As cidades atualmente estão mergulhadas dentro dos sons e ruídos gerados por fontes perturbadoras do meio urbano, principalmente nos grandes centros. A combinação de todos os sons gerados pelas diversas fontes (tráfego, indústrias, construções civis, sirenes, casas noturnas entre outros) tem contribuído em grande escala para o surgimento de ambientes sonoros agressivos à saúde humana. Nesse contexto, vários estudos vêm sendo realizados, como os de Davies (2013); De La Prida (2019); Engel (2019); Hall (2013); Hermida e Pavón (2019); Rodrigues (2015). Tais estudos buscam um entendimento de toda essa atmosfera acústica criada e suas ações diretas e indiretas na saúde das pessoas.

A exposição constante aos ruídos pode levar a uma série de problemas de saúde, cujos efeitos possuem vários graus de severidade, como mostra a Figura 12.



Figura 12 - Efeitos do ruído



Fonte: adaptado da WHO (2018).

### 2.6.1. Poluição sonora

Existem diversos modos de poluição, os quais geram quantidades de resíduos que são deixados no ambiente em forma de matéria, causando danos ao meio ambiente. A poluição sonora, por sua vez, está no meio ambiente em forma de energia, permanecendo por curtos períodos e não gera resíduos. A poluição sonora é considerada, depois da poluição do ar, o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas, conforme a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2018).

Animais e humanos possuem uma grande suscetibilidade auditiva, a menor quantidade de energia sonora (dentro das faixas de frequências audíveis) pode ser percebida e interpretada como um som desagradável. A poluição sonora é comumente relacionada à intensidade do som, no entanto configura-se por qualquer som que altere a condição normal de audição (MURGEL, 2007).

Perante a física não se faz diferença entre o que é som e o que é ruído. Em vista disso, não há como estabelecer essa distinção com parâmetros físicos do som (ROCHA, 2018). Ao se trazer de maneira exemplificada, pode-se comparar o nível sonoro produzido por uma torneira pingando (baixo) em relação a uma orquestra sinfônica (alto). A primeira é capaz causar grande incômodo, embora ambas sejam muito diferentes quanto ao nível sonoro emitido.

O ruído é entendido como um som desagradável, o qual é o causador de poluição sonora. A poluição sonora pode ser definida da seguinte maneira:

“A poluição decorrente da emissão de energia sonora (em geral, ruído) que produza efeitos adversos sobre a saúde e o bem-estar dos indivíduos e das populações. Em se tratando do espaço urbano e do homem que nele vive, o ruído emitido é aquele comumente encontrado no ambiente cotidiano e aqui denominado como ruído ambiental, poluição sonora ou poluição sonora urbana” (SOUZA, 2004, p. 52).

Há grandes variedades de ruídos dentro das cidades gerados por uma série de atividades. O som excessivo provocado pelo trânsito, pelas indústrias, pelas áreas de recreação, por aeroportos, por exemplo, é o maior responsável pela poluição sonora (KWITKO, 2001).

As frotas veiculares provocam um fluxo automobilístico intenso, acarretando um aumento nos níveis sonoros. Ruídos intensos são considerados os grandes responsáveis pelas perdas auditivas (ZAJARKIEWICCH, 2010).

Há efeitos fisiológicos, causados pela exposição aos ruídos diariamente, induzidos por dois sistemas cerebrais diferentes. Esses dois mecanismos preparam o corpo humano para a luta ou fuga, estimulando energias nos músculos, coração e cérebro, reduzindo o fluxo de sangue nos órgãos internos. Esses efeitos contribuem para doenças cardiovasculares, dentre outras (WHO, 2018).

## 2.7. LEIS E DIRETRIZES DE REGULAMENTAÇÃO

### 2.7.1. Nível Federal

O bem-estar tem se tornado cada dia mais importante, em consequência, muito se tem discutido a respeito de cidades e seus efeitos nocivos aos indivíduos. Nesse âmbito os efeitos dos ruídos se tornam pautas para leis. O Estado tem como tarefa garantir o bem-estar e saúde, exigência constitucional. Desse modo começou-se a inserção de legislações federais, estaduais e municipais a respeito do tema.

Há um projeto de lei federal, promovido pela Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC), que se encontra em processo na Câmara Federal, que visa uma Política Nacional de Conscientização, Prevenção, Controle e Fiscalização das Emissões Sonoras (PAIXÃO; ALVES; GAIDA, 2015).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão que trabalha no âmbito da regularização das emissões de ruídos em nível federal. A Resolução nº 001, de 08 de março

de 1990 (BRASIL, 1990), sistematiza critérios de padrões de emissão de ruídos advindos de quaisquer atividades sendo elas industriais, comerciais, sociais ou recreativas, que tragam deterioração à qualidade de vida, à saúde e ao sossego público e recomenda os critérios previstos nas normas NBR 10151 (ABNT, 2019) e NBR 10152 (ABNT, 2017).

A Resolução do CONAMA n° 002, de 08 de março de 1990, implementa o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora – SILÊNCIO, no intuito de capacitar a sociedade e promover o entendimento de como o ruído é prejudicial à saúde. O Programa SILÊNCIO é coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (BRASIL, 1990).

A Resolução do CONAMA n° 20, de 07 de dezembro de 1994 (BRASIL, 1994), implementou o selo ruído de uso obrigatório para aparelhos eletrodomésticos que geram ruído durante o funcionamento. Este selo é emitido por laboratórios credenciados, sendo feitos os ensaios de acordo com a ISO 4871:2009 para indicar o nível de potência sonora (NWS) desses aparelhos.

O que rege o CONAMA são normas gerais, conforme o art. 24, § 1º, da Constituição Federal. Os estados e cidades podem implementar diretrizes mais exigentes, no intuito de aumentar a proteção dos indivíduos aos ruídos (PAIXÃO; ALVES; GAIDA, 2015).

A lei de crimes ambientais, Lei Federal n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, no seu artigo 54 declara que:

“Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora. Pena – reclusão. De um a quatro anos, e multa; § 1º Se o crime é culposo: Pena – detenção, de seis meses a um ano, e multa” (BRASIL, 1998).

Tem-se ainda o Código Civil Brasileiro de 2002 que, em seu Capítulo V, Seção I, artigos 1277, 1278 e 1279, aborda como prioridade o bem-estar, qualidade de vida e saúde dos indivíduos. Se o ruído causar incômodo ao indivíduo de alguma maneira, a análise é feita investigando qualquer que seja a emissão de ruído, verificando se este fere alguma das prioridades estabelecidas (BRASIL, 2002).

### 2.7.2. Nível estadual

Não são todos os estados brasileiros que possuem leis para regulamentação do ruído. O estado do Rio Grande do Sul (RS) possui a Lei Estadual nº11.520, de 03 de agosto de 2000, alterada pela Lei nº 12.995, de 24 de junho de 2008, que institui o Código Estadual do Meio Ambiente. Seu Capítulo XIII dedica-se à poluição sonora, dedicando cinco artigos a ela (RIO GRANDE DO SUL, 2000).

Em síntese, a lei afirma que as emissões de sons dentro das cidades devem obedecer, no interesse da saúde e do sossego público, os padrões, critérios, diretrizes e normas estabelecidas pelos órgãos estaduais e municipais competentes.

### 2.7.3. Nível municipal

No âmbito municipal a cidade de Santa Maria, RS, possui um Código Municipal de Posturas, Lei Complementar nº 92, de 24 de fevereiro de 2012, o qual faz abordagens relacionadas à emissão de ruídos em dois capítulos. No Capítulo I, se destaca a necessidade do bem-estar, considerando, em seu § 1º, a áreas hospitalar como uma zona sensível ao ruído. A lei define como zona de silêncio a faixa determinada por um raio de 50 m de distância dos hospitais (SANTA MARIA, 2012).

No seu artigo 21 § 1º declara que:

“É considerada zona sensível a ruído ou zona de silêncio aquela que, para atingir seus propósitos, necessita que lhe seja assegurado um silêncio excepcional. Define-se como zona de silêncio a faixa determinada pelo raio de 50(cinquenta) metros de distância de hospitais, asilos, escolas, bibliotecas, postos de saúde ou similares” (SANTA MARIA, 2012).

A Lei Complementar nº 92 tem como objetivo trazer uma melhora no que tange o bem-estar das pessoas, outrossim, as pessoas têm responsabilidade de exigir que seja aplicada de maneira satisfatória para que se possa desfrutar de modo efetivo (SANTA MARIA, 2012).

O Capítulo II faz referência a locais de divertimentos públicos e suas emissões de ruído, os quais não são o foco do estudo.

## 2.8. PAISAGEM SONORA

Estudos sobre paisagens sonoras iniciaram-se por meio de um grupo educacional e de pesquisa chamado *World Soundscape Project* (WSP), que tinha como precursor o pesquisador Murray Schafer na universidade Simon Fraser, entre o final da década de 1960 e início da

década de 1970. Schafer se dedicou ao estudo do ambiente sonoro e influência da tecnologia nas paisagens sonoras, resultando em um compêndio aplicado nos estatutos canadenses sobre os ruídos (SFU, 2019).

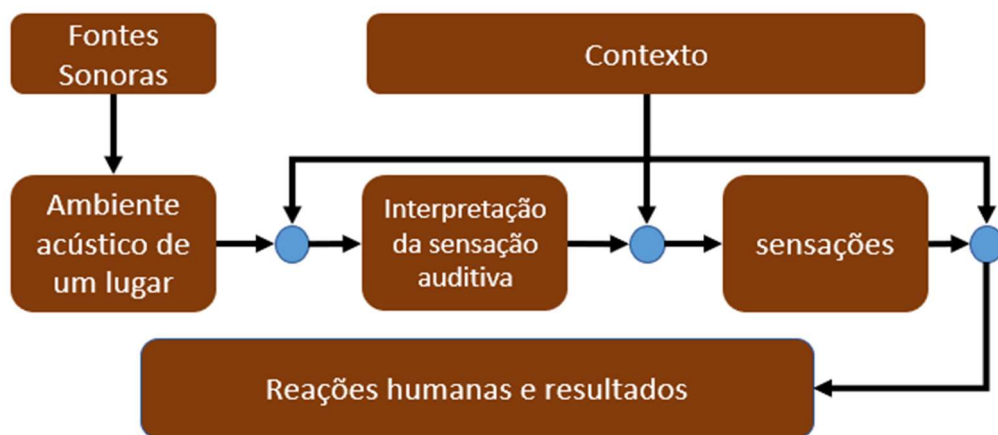
Em 1977, Schafer publicou o livro *The Tuning of the World*, onde definiu o conceito de paisagem sonora como qualquer campo de estudo acústico, tanto música, programa de rádio ou um ambiente que sofre influências por sons (SCHAFER, 1977).

Truax (1978) encerra a fase de publicações do WSP, em 1978, com o livro *Handbook of Acoustic Ecology* dedicado ao estudo das paisagens sonoras e as define como um ambiente sonoro (ou ambiente sônico) com ênfase na maneira como o mesmo é percebido e entendido pelo indivíduo ou pela sociedade.

A definição normatizada pela ISO 12.913-1, de 2014, diz que a paisagem sonora é um ambiente acústico percebido ou vivido e/ou compreendido por uma pessoa ou pessoas, em determinado contexto (ISO, 2014).

Levando em conta as definições citadas, porém por meio da ótica normatizada, pode-se entender que a paisagem sonora nada mais é que a percepção e compreensão de um ambiente acústico por um indivíduo ou pela sociedade no contexto que está ou estão inseridos (Figura 13) (SCHOMER et al., 2010).

Figura 13 – Diagrama descrevendo a paisagem sonora



Fonte: Adaptado de Schomer et al. (2010).

Para melhor compreensão, cada elemento do diagrama será descrito conforme a ISO 12.913-1(ISO, 2014):

- fontes sonoras são tráfego, vozes, passos, etc;
- ambiente acústico é o meio que sofre influências das fontes sonoras;

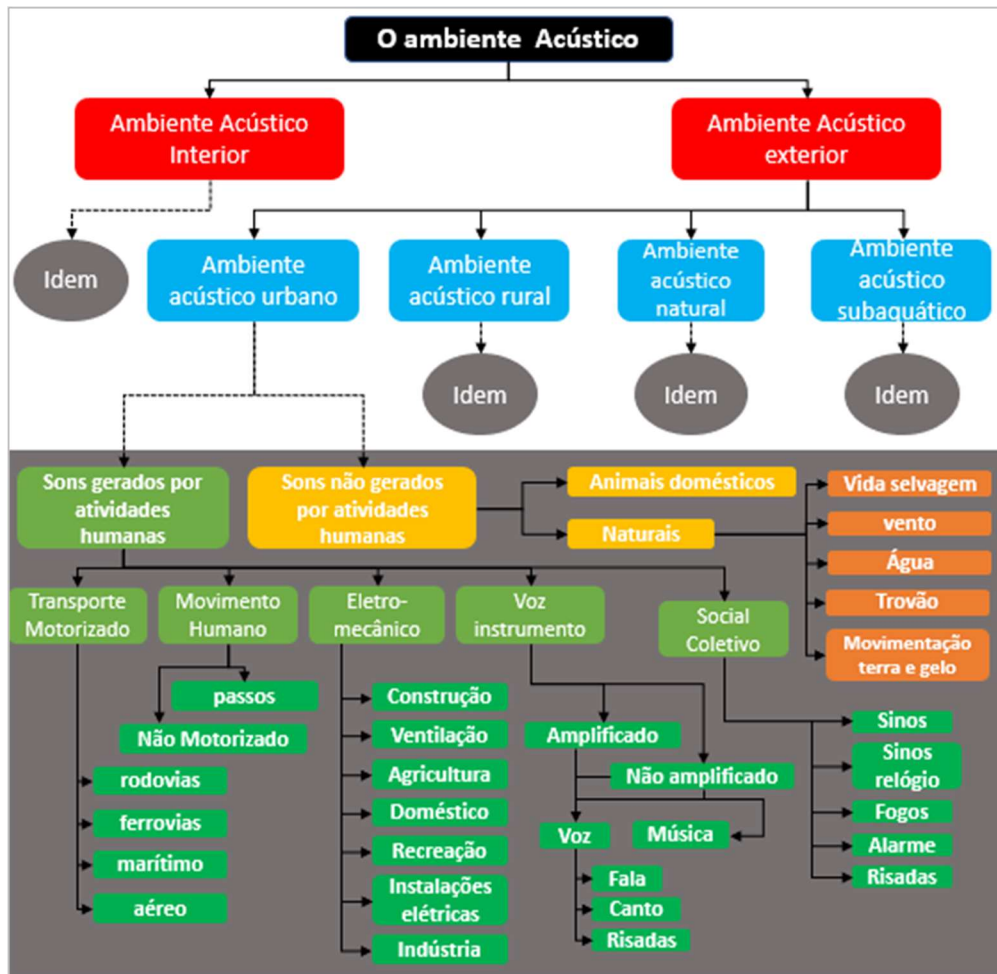
- audição é a sensação auditiva, processos neurológicos que começam como resposta aos impulsos sonoros recebidos pela orelha humana;
- percepção da paisagem sonora diz respeito à interpretação e compreensão da sensação auditiva dentro do contexto que se está inserido incluindo reações e emoções, bem como comportamento; e
- resultados são a consequência global, a longo prazo, facilitada ou possibilitada pelo ambiente acústico.

### **2.8.1. Taxonomia das fontes sonoras**

O desenvolvimento das cidades trouxe um aumento de uma variedade de fontes de ruídos. O primeiro passo para se fazer um estudo de paisagem sonora é identificar os tipos de fontes sonoras presentes no espaço urbano. Até a década de 1990, as fontes de ruído podiam ser segmentadas em quatro categorias: transporte, indústria, construção civil e doméstica (KESSLER; CROCKER, 1982), mas, era, ainda assim, uma maneira muito ampla de se segmentar. Brown, Kang e Gjesttland (2011) especificam por meio de um fluxograma o processo de identificação e classificação, conforme demonstrado na Figura 14.

O modelo definido por Brown, Kang e Gjesttland (2011) tornou-se um pouco trabalhoso na identificação das fontes emissoras. Neste trabalho, o sistema de identificação será semelhante, porém, simplificado, reduzindo as principais categorias em três: sons tecnológicos, humanos e naturais permitindo uma maior flexibilidade (AXELSSON; NILSSON; BERGLUND, 2010).

Figura 14 – Fluxograma de taxonomização das fontes sonoras



Fonte: adaptado de Brown, Kang e Gjestland (2011).

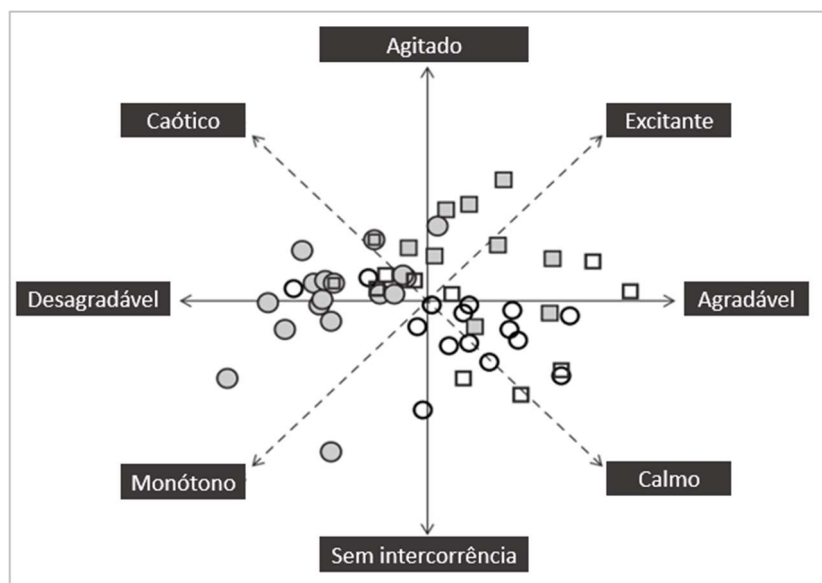
### 2.8.2. Sistema de classificação das paisagens sonoras

Por intermédio de um experimento auditivo feito por Axelsson, Nilsson e Berglund (2010), foi desenvolvida uma escala bidimensional, com um eixo vertical (Agitado – Sem intercorrências) e um eixo horizontal (Agradável – Desagradável) que permite categorizar a percepção subjetiva da paisagem sonora.

A escala resultou em quatro quadrantes (Figura 15), cujas combinações obtidas foram:

- Agradável + Agitado = **Excitante**;
- Agradável + Sem intercorrências = **Calmo**;
- Desagradável + Agitado = **Caótico**;
- Desagradável + Sem intercorrências = **Monótono**.

Figura 15 – Percepção sonora de paisagem sonora



Fonte: adaptado de Axelsson, Nilsson e Berglund (2010).

Na Figura 15, os símbolos representam as categorias sonoras dominantes: sons humanos (quadrados preenchidos), sons tecnológicos (círculos preenchidos), sons naturais (quadrados abertos) e nenhuma categoria sonora dominante (círculos abertos). Essa classificação, de maneira clara e fundamentada, no entanto simples, permite interpretar a percepção do receptor. Isso facilita a análise da área estudada, levando a resultados mais pertinentes e consequentemente conclusões coesas em relação ao ambiente.

### 2.8.3. Elementos influenciadores da paisagem sonora

A qualidade sonora do ambiente vem por meio da imersão em zonas de conforto em áreas tranquilas, caracterizadas não só por desfrutar de pouco ruído, mas também aquelas que possuem uma composição sonora com elementos naturais ou tradicionais (HOLTZ, 2012; BISTAFA, 2018).

Muitos elementos caracterizam a paisagem sonora de um determinado lugar: tráfego, vegetação, composição urbanística, dentre outros. Serão elencados, a seguir, diversos elementos e suas características e como esses influenciam na composição da paisagem sonora.

#### 2.8.3.1. Tráfego

Uma das principais fontes de ruído de baixa frequência, que promove a poluição sonora ambiental, é o tráfego de veículos (rodoviário, ferroviário, aeroviário e hidroviário) (BISTAFA, 2018). O ruído rodoviário é o mais comum, chegando a 90% do impacto sonoro na zona urbana.



Ele se forma pela combinação dos sons gerados por diferentes tipos de veículos (automóveis, ônibus, motocicleta e caminhões). O automóvel possui a maior contribuição do ruído geral por estar em maior número no tráfego urbano (SOUSA, 2004).

Guedes (2005) afirma que a maior parte do ruído é gerado pela instabilidade no trânsito, ocasionado pelas acelerações e desacelerações dos veículos, que, segundo Ouis (2002), são as causadoras dos picos ruidosos.

Além dos próprios automóveis, outros fatores influenciam e contribuem para o aumento do ruído de tráfego como: tipo (porte) do veículo, declividade da via, tipo de pavimento, tipo de pneu, velocidade, dentre outros (BISTAFA, 2018).

De acordo com Valadares (1997), que efetuou medições do tráfego urbano em Belo Horizonte, os maiores níveis de pressão sonora foram registrados para frequências abaixo dos 500 Hz, com máximo em 63 Hz.

#### 2.8.3.2. *Comércio, bares, restaurantes e casas noturnas.*

Na área central das urbes há um acúmulo de fontes contínuas de barulho durante dia e noite. No período diurno, os comércios e o tráfego dominam a produção de ruídos, no entanto, durante o período noturno, bares, restaurantes e casas de shows geram grande quantidade de sons em alta intensidade (baixa, média e alta frequência).

Entretanto, o habitante das grandes cidades vive imerso numa atmosfera de barulhos, mesmo durante o sono, com os quais parece estar acostumado: tráfego, buzinas, alarmes contra roubos, escapamentos, motores envenenados, algazarras, etc. Por mais estranho que possa parecer, este verdadeiro “bombardeio sonoro” não o abandona, nem quando estão se distraindo em festas, discotecas, cinemas, teatros, espetáculos musicais, uma vez que a sociedade moderna se esqueceu do controle de volume dos sistemas de amplificação, tanto individuais como fones de ouvido, brinquedos sonoros infantis, quanto coletivos. (CALIXTO; RODRIGUES, 2004, p. 50).

Bares, restaurantes e casas noturnas surgem com a finalidade de proporcionar entretenimento para a população das cidades, no entanto, os ruídos produzidos por essas atividades prejudicam o sossego de moradores vizinhos dos estabelecimentos (GONÇALVES et al., 2016).

### 2.8.3.3. *Construção civil*

A geração dos ruídos dentro do ambiente urbano pela construção civil pode ser considerada temporária, porém é uma emissão que contribui negativamente para a paisagem sonora, gerando ruídos de baixa, média e alta frequência.

Segundo Maia (2001), as atividades no ramo da construção civil têm se elevado, além disso, o uso de máquinas torna os trabalhos realizados cada vez mais ruidosos, contribuindo para os efeitos nocivos desses sons na saúde e bem-estar dos indivíduos.

Determinadas atividades, como demolição e estaqueamento, são as que causam maior impacto ruidoso. Esses ruídos afetam em grande escala os trabalhadores, outrossim, afetam de maneira menos intensa pessoas perto desses locais (ZAJARKIEWICCH, 2010).

Estudo de Silveira (2016), onde foram medidos ruídos provenientes de atividades da construção civil em Salvador, BA, indicou frequências típicas abaixo de 800 Hz, com os maiores níveis de pressão medidos em torno dos 400 Hz.

### 2.8.3.4. *Ar atmosférico*

O ar atmosférico contribui de maneira positiva para a paisagem sonora, pois durante a trajetória das ondas sonoras o ar promove a atenuação (absorção de energia sonora) (ROCHA, 2018).

A atenuação acontece por dois processos: macroscópico e microscópico. No processo macroscópico, a energia sonora é tomada por condução de calor e pelo atrito entre as moléculas do ar, sendo este último causador da maior absorção (BISTAFA, 2018).

No processo microscópico, há um fenômeno chamado relaxação térmica molecular no momento em que a onda sonora passa por entre as moléculas. Esse fenômeno faz com que haja a necessidade de uma redistribuição energética, cuja energia é retirada das ondas sonoras fazendo com que ocorra a atenuação sonora (BISTAFA, 2018).

### 2.8.3.5. *Solo*

O solo, durante a propagação do som, pode causar reflexão de ondas sonoras que pode interferir no raio direto podendo causar amplificação ou atenuação do nível sonoro, dependendo das fases das duas ondas. Desse modo o solo pode ser um dos primeiros elementos a interferir na propagação do som (BISTAFA, 2018).

A superfície pode ser dura, rígida ou macia. A considerada rígida (asfalto, terra batida, espelhos d'água) atua como plano reflexivo transformando a direção de propagação em fonte pontual, em alguns casos específicos ocorrendo o aumento da intensidade sonora. Normalmente

a ampliação do nível sonoro é de aproximadamente 6 dB em relação ao som direto (BERANEK; VER, 1992; BISTAFA, 2018; HANSEN, 2005).

Os solos macios (solo vegetado, terra arada, neve ou solos fissurados) geram inversões de fase na onda refletida, só não ocorrendo em frequências muito baixas, promovendo uma atenuação sonora de 20 a 30 dB (BISTAFA, 2018).

#### 2.8.3.6. *Barreiras*

Qualquer estrutura que sirva de obstáculo para a propagação direta do som até o receptor é considerada uma barreira. As barreiras conseguem atenuar grande parte do som, porém, em sua extremidade, ocorre o fenômeno de difração, ou seja, as ondas sonoras difratadas atingem o receptor com menor intensidade gerando uma sombra acústica atrás da barreira (BISTAFA, 2018).

Convém ressaltar que as barreiras devem ter sua localização próxima à fonte emissora ou receptor, além disso, sua dimensão, para que seu efeito seja efetivo, deve ser de três a cinco vezes o comprimento de onda do som emitido (BARBOSA; ANDRÉ LUIZ SOUZA, 2015; GERGES, 2000).

#### 2.8.3.7. *Edificações*

As edificações podem auxiliar na atenuação sonora. Quando funcionam como barreira, o som é difratado pela edificação chegando no receptor com menor intensidade (ROCHA, 2018).

Em situações em que há fileiras de edificações, entre fonte e receptor, a atenuação pode ser aumentada de 1,5 dB para cada fileira adicional chegando a um valor limite de 10 a 15 dB (BISTAFA, 2018).

#### 2.8.3.8. *Vegetação*

Cada parte da vegetação exerce uma ação diferente sobre as ondas sonoras. Enquanto folhas, pequenos ramos e arbustos absorvem o som, os troncos, ramos grandes e folhagem densa propicia o espalhamento das ondas sonoras (BISTAFA, 2018).

A vegetação quando muito densa funciona como uma barreira acústica vazada, absorvendo e espalhando as ondas sonoras. A faixa de vegetação deve ter uma largura superior a 15 m para atenuar satisfatoriamente o som. Pode-se constatar uma atenuação de 7 dB a cada 30 m de largura de vegetação (BISTAFA, op. cit.).

#### 2.8.3.9. Reverberação urbana

A reverberação urbana é muito comum em áreas que possuem muitas edificações e tráfego intenso. Nessa configuração, ocorrem múltiplas reflexões nas fachadas dos edifícios, gerando então uma amplificação dos níveis sonoros, tornando a rua/via um campo reverberante (BISTAFA, 2018; MINISTERE DES TRANSPORTS, 1980).

#### 2.8.3.10. Gradientes de temperatura

A influência da temperatura está diretamente ligada à velocidade de propagação do som. Regiões onde a temperatura é maior, a velocidade do som também é maior, o mesmo acontece para o caso contrário (BISTAFA, 2018).

Quando a temperatura próxima ao solo é menor, a onda sonora percorre pequenas distâncias, sofrendo refração e proporcionando o aumento do NPS. Quando o inverso ocorre, o espaço percorrido pelas ondas sonoras é maior de forma ascendente diminuindo o NPS próximo ao solo (BISTAFA, 2018; LICITRA, 2012; SINGAL, 2005b).

#### 2.8.3.11. Velocidade do vento

O som, ao se propagar em regiões com ventos, pode sofrer diferentes influências. Quando se propaga a favor do vento, a frente de onda sofre uma inclinação para o solo, fazendo com que o raio sonoro o atinja. Quando a propagação se dá contra o vento, a frente de onda se inclina de forma ascendente se afastando do solo gerando o que chamamos de sombra acústica (BISTAFA, 2018).

### 2.9. NORMAS INTERNACIONAIS E NACIONAIS

Até o início do século XX, os países determinavam suas próprias leis e normas para o gerenciamento do ruído. Com a chegada da era digital, nos anos 1990, houve um processo de integração mundial, assim alguns países passaram a compartilhar entre eles as mesmas normatizações (HOLTZ, 2012).

Os países europeus avançaram fortemente nos estudos sobre a poluição sonora, por intermédio de iniciativas legislativas e esforços multinacionais (HOLTZ, 2012).

Nos anos seguintes, as normas e leis foram sendo aperfeiçoadas e melhoradas através dos métodos de abordagem, de pesquisa mais eficientes (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1996). Fato este que levou a legislação europeia ser referência no assunto atualmente (HOLTZ, 2012).

### 2.9.1. Green Paper

O *Green Paper* foi um documento elaborado em Bruxelas, no ano de 1996, pela Comissão das Comunidades Europeias e deu início ao estudo da acústica dentro das cidades do continente europeu (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1996).

O documento revela a baixa relevância que a poluição sonora tinha até então, em detrimento dos outros tipos de poluição. O principal objetivo do documento era incentivar o debate aberto com relação às políticas públicas referente ao controle do ruído, visando trocas de saberes, trazendo mais informações pertinentes e atitudes tidas como benéficas para a população (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1996).

Esse documento serviu como estímulo inicial para os primeiros passos serem tomados em relação ao gerenciamento de ruídos nas cidades (HOLTZ, 2012).

### 2.9.2. Diretiva Europeia

Após os primeiros passos tomados em 1996, em 2002, o Parlamento Europeu, juntamente com o Conselho da União Europeia, publicou a Diretiva 2002/49/EC. Essa diretiva tem como objetivo definir uma abordagem comum para evitar, prevenir ou reduzir, prioritariamente, os efeitos prejudiciais da exposição ao ruído ambiente, incluindo o incômodo decorrente (PARLAMENTO EUROPEU E CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2002).

Conforme a Diretiva 2002/49/CE, a proteção contra os ruídos parte de uma política comunitária, visa aumentar o nível de proteção à saúde e do ambiente. Havia uma necessidade de pesquisas com critérios que possibilitassem a tomada de medidas e ações concretas que norteassem o desenvolvimento e auxiliassem nas diretrizes que já estavam em vigor, para isso a Diretiva/49/EC veio à tona (PARLAMENTO EUROPEU E CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2002).

1. O objetivo da presente diretiva é definir uma abordagem comum para evitar, prevenir ou reduzir, numa base prioritária, os efeitos prejudiciais da exposição ao ruído ambiente, incluindo o incômodo dela decorrente. Para esse efeito, serão progressivamente postas em prática as seguintes ações:

- 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 ação 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 E CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2002, p. 2).

Esse trecho da diretiva aponta o caráter objetivo, sem espaços para interpretações dúbias, facilitando as pesquisas de modo geral, pois os estudos regidos por ela oferecem um só tipo de abordagem, o que proporcionou o estabelecimento de uma base de dados.

### **2.9.3. ISO 12.913**

O campo de estudo sobre a paisagem sonora tem evoluído segundo diversas visões ao redor do mundo. Há uma multiplicidade de opiniões sobre a sua definição e objetivo. Por isso uma série de normas foram criadas a fim de unificar todas as linhas de estudos sobre o assunto.

Nesse contexto, a norma internacional ISO 12.913-1 (ISO, 2014) fornece uma base para a comunicação entre disciplinas e profissões que envolvam a paisagem sonora. Conforme a norma, a paisagem sonora é baseada na percepção das pessoas, por isso ela trabalha com a construção perceptual, relacionada a um fenômeno físico (ISO, 2014).

A ISO 12.913-1 também explica os fatores pertinentes para a aferição e confecção de relatórios em estudos sobre paisagem sonora, bem como para o planejamento, design e gestão da paisagem sonora (ISO, 2014). Conta ainda com os requisitos e informações de apoio para a coleta de dados e confecções de relatórios com o viés no estudo e investigação da paisagem sonora. Além disso, aponta e harmoniza a coleta de dados, para que seja feita trazendo informações relevantes sobre os principais componentes existentes (ISO, 2018).

Possui ainda explicações de descritores, como: caminhada exploratória, questionário, guia de entrevista, taxonomia das fontes sonoras e medições biauriculares. Cumpre esclarecer que esses descritores precisam seguir alguns enquadramentos normatizados pela própria norma.

### **2.9.4. ISO 9613-2**

A norma ISO 9613-2 define um método de engenharia para calcular a atenuação do som durante a propagação ao ar livre, a fim de prever os níveis de ruído ambiente, a uma distância a partir de uma variedade de fontes. Esse método prevê um nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em A, sob condições meteorológicas favoráveis à propagação a partir de fontes de emissão de som conhecido (ISO, 1996) .

### **2.9.5. ISO 1996-1**

O objetivo da norma ISO 1996-1 é contribuir para a harmonização internacional dos métodos de descrição, medição e avaliação do ruído ambiente de todas as fontes (ISO, 2016). O método descrito nessa ISO permite trabalhar com fontes sonoras isoladas ou em combinação que agem em um determinado local.

Fornecer material para nortear, descrever e avaliar o ruído de um determinado local e trazer orientações para prever o potencial de incômodo de uma comunidade à exposição a longo prazo a partir de vários tipos de ruídos ambientais (ISO, 2016).

### **2.9.6. ABNT NBR 10151**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da norma NBR 10151, estabelece as condições para efetuar estudos sobre os ruídos externos, sendo holística (ABNT, 2019).

Este projeto de dissertação tem seu foco nos ruídos externos, sendo assim, a norma ABNT NBR 10151:2019 expõe especificações do método de medição de ruído, aplicação de correções nos níveis medidos e aponta informações para se fazer comparações dos níveis corrigidos levando em conta inúmeros fatores (ABNT, 2019).

Estabelece o procedimento de medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos para áreas habitadas; procedimento para avaliação de som total, específico e residual; procedimento para avaliação do som tonal, impulsivo, intermitente e contínuo; limites de níveis de pressão sonora para ambientes externos às edificações, em áreas de ocupação humana (Quadro 1) (ABNT, 2019).

Esse estudo tem como objetivo a análise da paisagem sonora de uma área sensível, por isso levará em conta os limites de níveis de pressão sonora para área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas, correspondendo no período diurno e noturno limites de níveis de pressão sonora de 50 dB e 45 dB respectivamente, conforme Quadro 1.

Quadro 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)	
	Diurno	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: (ABNT, 2019, p. 14).

## 2.10. CARACTERÍSTICAS URBANÍSTICAS x PAISAGEM SONORA

A propagação do som depende de três componentes básicos já apresentados na Seção 2.4. Em espaços urbanos, os elementos que integram o cenário urbano consequentemente também fazem parte da trajetória do som. Assim, cada espaço possui características, dimensões e estruturas diferentes, ou seja, escalas variadas (ROCHA; BERTOLI, 2016).

O desenho dos espaços urbanos contribui substancialmente para a qualidade acústica e da paisagem sonora da cidade. A variação de edificações e da escala de cada ambiente proporciona sensações auditivas dissemelhantes para cada indivíduo. O trajeto das ondas sonoras é influenciado por edificações e estruturas que proporcionam diferentes padrões de reflexões durante a trajetória do som até o receptor, o qual recebe o som tanto de forma direta, quanto indireta, por meio das múltiplas reflexões das ondas sonoras. Consequentemente, dentro do ambiente urbano, as características urbanísticas (edificações, composição de fachadas, tipo de pavimento, escalas de aberturas) influenciam diretamente a propagação do som e a interação do ruído com o receptor (MINISTERE DES TRANSPORTS, 1980; NGUYEN, 2007).

A morfologia das ruas dentro das cidades pode seguir duas configurações de perfil: U e L (Figura 16) (MINISTERE DES TRANSPORTS, 1980). A tipologia em U compõe-se de ruas que possuem edificações altas em ambos os lados da via, conhecidas também como *canyons* urbanos. Já a tipologia em L possui edificações altas em apenas um dos lados. A tipologia U



acarreta uma multiplicidade de reflexões do som emitido, tornando o ambiente reverberante, favorecendo o aumento do NPS (VER; BERANEK, 2008).

De acordo com Rocha e Bertoli (2016), quando a configuração das edificações e das vias não constitui características que se enquadrem em U, a predominância da propagação do som tende a ser menos reverberante, sendo assim, o som direto é o dominante.

As características do cenário urbano estão diretamente relacionadas com o tipo de percepção e interpretação que o receptor terá do local. Cada ambiente dentro da urbe apresenta particularidades, ainda que diferenças mínimas, as quais contribuem para uma paisagem sonora singular (TORRES; KOZEL, 2010).

Figura 16 – Morfologia de ruas



Fonte: Autor (2021).

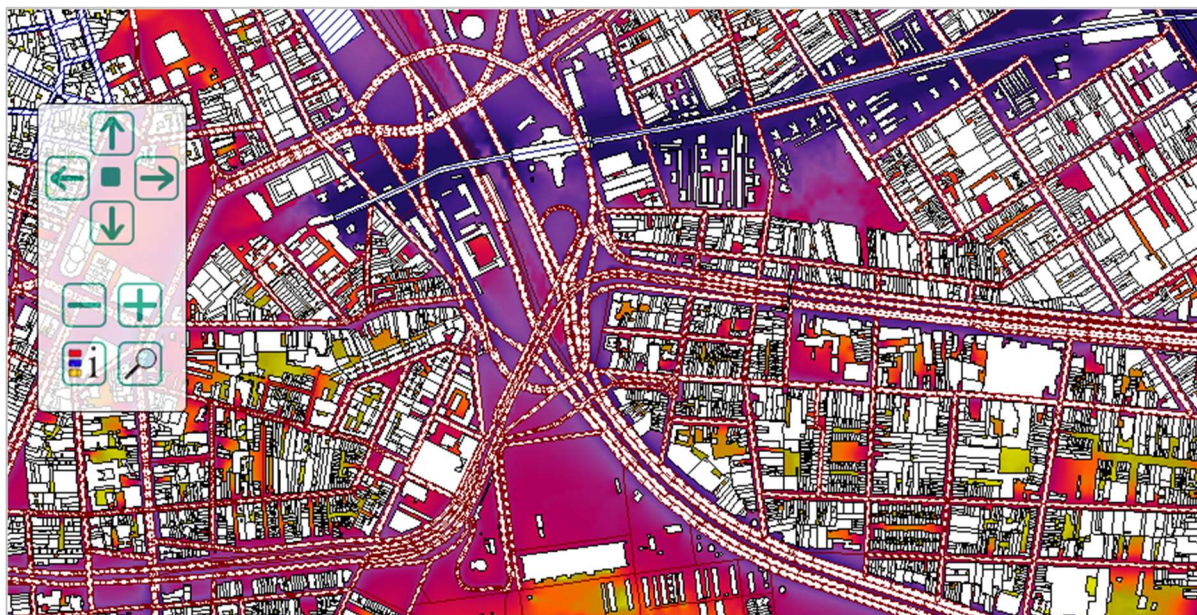
Na Figura A (Figura 16) tem-se as ruas consideradas *canyons* urbanos U e na Figura B (Figura 16) as ruas com edifícios em apenas um lado e espaço aberto do outro L.

### 2.10.1. Acústica urbana em macroescala

Quando se deseja simular a propagação do som em grandes áreas é impraticável trabalhar com muitas variáveis. Consequentemente, quando se trata de cidades inteiras, bairros ou grandes avenidas, há a necessidade de trabalhar com a macroescala. Na acústica, associam-se esses espaços diretamente com o mapa de ruído, pois descreve a distribuição do NPS, de maneira objetiva, por meio dos valores medidos ou calculados nesses ambientes de proporções maiores (KANG, 2007b).

Esses mapeamentos em macroescala são feitos através de *softwares* que consideram, nos seus algoritmos, normas internacionais e uma gama de características do ambiente (ROCHA, 2018). O mapa de ruído em macroescala é exemplificado na Figura 17.

Figura 17 – Mapa de ruído do centro de São Paulo



Fonte: (MAPA PILOTO – ONLINE, 2019).

### 2.10.2. Acústica urbana em microescala

Quando se trata de um estudo mais restritivo geograficamente, ou seja, de áreas menores (ruas, praças, quadras ou pequenos trajetos), a simulação considera a microescala. Vários modelos de simulação computacional já foram desenvolvidos e uma boa qualidade de resultados foram obtidos entre as previsões e medições, conforme diversos autores têm apontado (KANG, 2002; OLDHAM; RADWAN, 1994; PICAUT; SIMON; HARDY, 1999).

Nos estudos em microescala, o principal parâmetro acústico considerado é a distribuição do NPS (KANG, 2007c). A caracterização das sensações pelos indivíduos em relação às ondas sonoras possui uma acurácia maior quando se leva em consideração essa variável.

A reverberação dentro do ambiente, como dito anteriormente, também influencia na percepção sonora, por essa razão, tem se dado maior importância para esse parâmetro além do NPS (KANG, 2007c).

Rocha e Bertoli (2016) afirmam que em microescala há uma necessidade de se analisar o tempo inicial de decaimento (EDT) e o tempo de reverberação ( $T_{60}$ ,  $T_{30}$  e  $T_{20}$ ) para que se possa interpretar de uma maneira mais assertiva a sensação de audibilidade do receptor.

Ao se levar em conta esses parâmetros e os detalhes urbanísticos existentes (edifícios, superfícies refletoras, vegetação, entre outros), consegue-se determinar, com bastante acurácia, a distribuição sonora no ambiente e como esse espalhamento interfere direta e indiretamente no receptor.

## 2.11. ESTUDOS EM MICROESCALA DA PAISAGEM SONORA

A seguir são apresentados estudos, em ordem cronológica, realizados em microescala com o objetivo de avaliar, entender e caracterizar a paisagem sonora de diferentes ambientes dentro das cidades. De maneira geral, esses estudos têm em comum a escala de investigação, no entanto, as maneiras de abordagem são diversificadas.

### 2.11.1. A acústica das praças ou locais públicos: uma comparação entre os resultados de simulações e medições *in situ*

Paini et al. (2004) fazem uma comparação entre as medições *in situ* com os resultados obtidos através de programas computacionais de simulação que normalmente são usados para espaços fechados.

O principal objetivo da pesquisa de Piani et al. (2004) foi estudar a precisão do programa de análise de ambientes fechados, em uma praça pública (microescala). A simulação foi correlacionada com os valores obtidos nas medições *in situ*. A comparação mostrou que o estudo em microescala por meio do *software* de simulação ODEON voltado a espaços fechados é adequado.

Os mesmos autores aprofundaram o estudo, considerando questões mais pertinentes a esta dissertação, fazendo uma análise em três modelos de praça (PAINI et. al., 2005). A investigação é feita por meio de uma abordagem subjetiva e objetiva. Paini et al. (2005) analisaram os tempos de reverberação com o EDT e o  $T_{30}$ , a clareza ( $C_{80}$ ) e STI, entre outros

parâmetros acústicos. Todo o estudo foi feito em microescala com o mesmo software usado no trabalho anterior, após comprovada sua eficácia.

Esses dois estudos fornecem subsídios para a pesquisa atual indicando parâmetros a serem analisados dentro da microescala, assim como a eficácia dessa abordagem.

### **2.11.2. Estudo experimental de propagação do som em uma rua**

O estudo Picaut (2005) teve como principal objetivo medir as respostas ao impulso em vários locais de uma rua em *canyon*. Para investigar e fornecer uma descrição completa do comportamento do campo sonoro, foram realizadas medições simultâneas do decaimento e atenuação sonora. As medições foram realizadas com um conjunto de nove microfones sendo movimentados ao longo da rua obtendo resultados precisos.

O estudo citado prova que realização do estudo em microescala traz uma caracterização mais precisa, sendo ideal para ambiente de menor escala. Dessa forma, o estudo realizado no ambiente escolhido na cidade de Santa Maria/RS terá como dados medidos valores precisos para descrição do ambiente.

### **2.11.3. Uma abordagem cognitiva das paisagens sonoras urbanas: usando dados verbais para acessar as categorias auditivas da vida cotidiana**

Dubois et. al. (2006) desenvolveram uma pesquisa que englobou experiências individuais e coletivas. A abordagem dos autores se concentrou nos significados atribuídos às paisagens sonoras no intuito de colmatar a lacuna existente nas categorias analisadas de maneira individual e às representações sociológicas.

Dubois et. al. (2006) utilizaram gravações de diferentes paisagens sonoras. Essas amostras foram categorizadas pelos ouvintes com base em suas características por meio de tarefas de classificação livre, os quais os autores chamaram de *free-sorting task*. As que refletiam a atividade humana foram entendidas e percebidas como agradáveis, ao contrário das que possuíam sons mecânicos predominantes.

Segundo Dubois et. al. (2006), a identidade do som forma-se a partir de um pré-julgamento de agradabilidade. As paisagens sonoras que possuem sons humanos tendem a ser percebidas como agradáveis. O incômodo é, portanto, necessariamente qualitativo, pois o efeito produzido pelo ruído no processo da audição é subjetivo (depende do estado psicológico humano). Em síntese, o estudo tem como viés fazer a ponte entre as ciências humanas e físicas, trouxe a interdisciplinaridade com relação à percepção das paisagens sonoras.

Essa investigação elucidada bem, um dos passos metodológicos dessa dissertação, o qual visa a classificação dos tipos de sons percebidos pelos ouvintes.

#### **2.11.4. Características acústicas das ruas urbanas em relação à dispersão causada pelas fachadas dos edifícios**

A relação entre a dispersão e as características acústicas das ruas urbanas foi examinada por Onaga e Rindel (2007) por meio de equações levando em considerações variáveis (potência da fonte, função delta de Dirac) para atender o método da radiosidade e reflexo especular em microescala.

O estudo teve como foco a dispersão das ondas sonoras causadas por meio das fachadas dos edifícios. A investigação trouxe como resultado o aumento do NPS em curtas distâncias e a diminuição em grandes distâncias; em ruas que há presença de edificações com poucos pavimentos (fachada baixa) a energia dominante da reflexão tardia se detém na reflexão especular, em contrapartida, ruas com características de *canyon* (fachada alta), a dispersão é dominante.

Essa investigação vem pra elucidar o comportamento das ondas sonoras dentro do objeto de estudo dessa dissertação, as fachadas das edificações farão diferença nos resultados obtidos.

#### **2.11.5. O efeito dos edifícios na propagação do pulso acústico em um ambiente urbano**

Para a investigação da reverberação, dispersão e difração que ocorrem dentro do ambiente urbano a partir da interação das ondas sonoras com as edificações, Albert e Liu (2010) realizaram um estudo em microescala, analisando o comportamento sonoro em caminhos retos e curvos por meio do método FDTD (diferença-finita no domínio do tempo).

Segundo Albert e Liu (2010), a percepção dos ouvintes é prejudicada nesses ambientes onde há grande reverberação, dificultando a identificação e localização da fonte com base nos sons recebidos após percorrer tal trajeto.

Esse estudo elucidada a complexidade do som dentro de um ambiente urbano, tentando decifrar e entender o comportamento das ondas sonoras de acordo com trajeto percorrido, assim como a influência das edificações sobre ele. Os resultados servem como uma base para o que se espera dessa dissertação.

### **2.11.6. Influência meteorológica na propagação do som entre desfiladeiros de cidades adjacentes: uma experiência da vida real**

A fim de analisar a influência das condições meteorológicas na propagação do som, Renterghem e Botteldooren (2010) estudaram um pátio e um *canyon* urbano em uma cidade densa por meio de medições *in situ* das variáveis NPS e TR.

Renterghem e Botteldooren (2010) aferiram temperatura e mediram a velocidade do ar. Por meio das análises dos sinais sonoros gravados e medidos e do tempo de reverberação, constataram que a variação de temperatura não trouxe efeito significativo, dada a curta distância de propagação, no entanto os ventos quando com velocidade excessiva com sentido descendente causou refração do som induzido pelas edificações.

Quando se trata de estudo em microescala, os efeitos ocasionados pela temperatura na propagação do som são ínfimos, sendo desconsiderado como um parâmetro preponderante. Os ventos, por sua vez, podem induzir a refração por meio das geometrias das edificações dentro do ambiente, podendo sofrer até uma atenuação de 2 dB (RENTERGHEM; BOTTELDOOREN, 2010).

Em suma, no que tange ao estudo proposto nessa dissertação, os resultados obtidos no estudo relatado podem ser usados como parâmetro preliminar para os resultados esperados. Sabendo que a temperatura não trará influências significativas, então a velocidade do vento será o parâmetro a ser levado em conta.

### **2.11.7. A qualidade da paisagem sonora em alguns parques urbanos de Milão, Itália**

Tendo em vista que os parques urbanos desempenham um papel importante no bem-estar das pessoas que estão frequentemente expostas à poluição sonora e ao estresse do cotidiano, Brambilla et. al. (2013) avaliaram a paisagem sonora de cinco parques na cidade de Milão, na Itália.

O estudo se deu por meio de duas abordagens distintas: subjetiva e objetiva. Foram realizadas medições em 29 pontos das variáveis  $L_{Aeq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  e  $L_{95}$  e 231 entrevistas com os usuários dos locais. Houve um cruzamento dos dados objetivos obtidos para verificar o enquadramento (ou não) dos valores obtidos com os prescritos na legislação italiana.

Brambilla et. al. (2013), ao analisarem os aspectos objetivos, concluíram que os parques, em sua maioria, não atendem o que prescreve a legislação. Segundo os autores, o ambiente acústico dos parques pode reduzir, ou mesmo causar a perda da sensação de tranquilidade, devido aos vários eventos sonoros observados durante as medições. Em contrapartida, em relação às entrevistas, os usuários apontam a tranquilidade como o aspecto menos importante

para sua visita aos parques (vegetação, ar puro, limpeza, segurança e tranquilidade). A qualidade do silêncio foi o aspecto pior avaliado pelos usuários, indicando que a paisagem sonora tem significado mais amplo do que a quietude.

#### **2.11.8. Uma estrutura para melhorar as paisagens sonoras urbanas**

Jennings e Cain (2013), em uma tentativa de contribuir com os estudos das paisagens sonoras, propõem a ideia de avançar para um planejamento mais prático com ferramentas que levem a avaliação das percepções da paisagem sonora por meio de questionários.

A abordagem foi realizada por meio do Método Kano (prioriza a satisfação do usuário), possuindo, assim, uma estrutura mais ampla que abrange a composição da paisagem sonora relacionada aos fatores que os afetam e assim ter o entendimento como positiva ou negativa.

A estrutura considera três tipos de públicos: planejadores, ouvintes técnicos e usuários do espaço. Os dois primeiros são influenciados pela própria paisagem sonora enquanto o terceiro, sem dúvida o mais importante grupo de pessoas, estão mais preocupados com o próprio espaço em si e a influência da paisagem sonora é determinada pelo tipo de atividade que essa pessoa irá desempenhar.

Por fim, a paisagem sonora é uma questão complexa de se avaliar, dependendo tanto de fatores físicos quanto psicológicos. Não existe uma resposta absoluta em que possa se julgar como positivo ou negativo. A identificação de paisagens positivas pode ser um início do caminho para um processo de planejamento normal dentro do ambiente construído (JENNINGS; CAIN, 2013).

Em suma, esse estudo mostra que a abordagem subjetiva deve ser clara para poder classificar a paisagem sonora como positiva ou negativa, levando em consideração o contexto de cada usuário.

#### **2.11.9. Precisão do programa de simulação ODEON em computador usando modelos híbridos para ambientes urbanos em microescala**

Vários estudos comparam resultados de modelagem híbridas em ambientes fechados. Contudo, essas modelagens também podem ser usadas em ambientes urbanos abertos. Para esse objetivo, Rocha et. al. (2016) investigaram a precisão da modelagem híbrida em espaços urbanos em microescala.

Vários parâmetros foram levados em conta na análise:  $T_{30}$ , EDT e NPS. Foi possível identificar que o uso de programas de simulação acústica para ambientes fechados que usam o

método híbrido também pode ser aplicado para ambientes abertos em microescala (ROCHA et al., 2016).

Mesmo fazendo-se os ajustes necessários dentro do modelo, por meio de detalhamentos, a precisão apresenta uma melhor aferição dos parâmetros quando comparados com os valores reais medidos.

#### **2.11.10. Reduzindo geometria ou detalhamento? Comparação entre espaços urbanos medidos e modelados em microescala**

Ao se elaborar mapas de ruídos para macroescala, se reduz a quantidade de detalhamento para se conseguir analisar áreas territoriais maiores e facilitar os cálculos pelos métodos simplificados dos algoritmos. Entretanto, as simplificações podem negligenciar informações acústicas importantes (ROCHA et al., 2016).

Visando comparar os resultados entre um modelo em microescala com geometria reduzida e um modelo detalhado, Rocha et. al. (2016) usaram o programa de simulação ODEON V13, já que o programa para mapeamento em macroescala não permite a produção de geometria detalhada.

Medições *in situ* foram realizadas e posteriormente comparadas com os resultados das simulações. Os parâmetros analisados foram  $T_{30}$ , EDT e NPS. Os resultados desse estudo mostraram que o modelo simplificado não alcança a mesma precisão contrastando com o modelo detalhado. A adição dos detalhes aumentou a precisão, portanto, a presença dos detalhes pode representar de uma maneira mais categórica o espaço urbano real.

#### **2.11.11. Avaliar a paisagem sonora: comparação entre metodologias *in situ* e de laboratório**

A avaliação da paisagem sonora implica uma abordagem interdisciplinar, na qual aspectos objetivos e subjetivos devem ser considerados. Hermida Cadena et. al. (2017) tiveram como objetivo comparar os resultados das diferentes metodologias com a finalidade de compreender os pontos fortes e os pontos fracos de cada uma.

Três parques urbanos na cidade de Lisboa foram avaliados. Para tal, houve a gravação sonora binaural da paisagem sonora para testes em laboratório e comparações com os resultados das medições *in situ*, avaliação objetiva e subjetiva e análise estatística.

O estudo constatou que os ambientes sonoros foram considerados mais agradáveis no local do que em laboratório, podendo perceber que o entendimento da paisagem sonora advém de outros estímulos (visual por exemplo) no processo de avaliação além da audição.



### **2.11.12. Áudio espacial para o projeto paisagem sonora: gravação e reprodução**

Com o avanço das tecnologias de captação de áudio espacial criando experiências de aurilização imersiva, a sua aplicação está cada vez mais frequente. Hong et. al. (2017) esboçaram uma lista de técnicas e dispositivos para captura de áudio.

A importância da percepção da paisagem sonora favoreceu o uso de diversos tipos de abordagens para caracterizá-la, com o objetivo de criar ambientes confortáveis acusticamente dentro das cidades. Uma das abordagens salientada no estudo é a gravação e reprodução da paisagem sonora, essencial para o estudo atualmente. Por meio desse método é possível desvendar as características negativas e positivas, possibilitando o aprimoramento do ambiente sonoro.

### **2.11.13. A acústica do detalhe: o desempenho acústico urbano a partir dos detalhes da forma das edificações**

Este estudo usa a abordagem da microescala por meio de aproximações do fenômeno da propagação sonora em ambientes abertos.

A simplificação da forma das edificações é uma das aproximações comumente usadas em estudos na macroescala. No entanto, essa simplificação aumenta a imprecisão nos valores obtidos. Com o objetivo de demonstrar a influência dos detalhamentos no desempenho acústico do ambiente, Rocha (2018), por meio de modelos virtuais, avaliou de maneira controlada o quanto o nível de detalhamento influencia os resultados de simulações.

Os parâmetros acústicos investigados foram: NPS,  $T_{30}$  e EDT. Foram analisadas 12 condições experimentais e os resultados foram examinados em termos objetivos e em termos subjetivos.

Rocha (2018) concluiu que a presença de detalhes influencia na percepção da paisagem sonora tanto para pedestres quanto para quem mora em pavimentos mais elevados nas edificações que compõem o espaço investigado e que o detalhamento é essencial para representação do NPS existente no espaço.

### **2.11.14. Avaliação da paisagem sonora de um lugar monumental: uma metodologia baseada na percepção dos sons dominantes**

O estudo realizado por Pérez-Martínez et. al. (2018) abrangeu o gerenciamento da paisagem sonora de lugares monumentais que possuíam valor turístico e cultural, para que houvesse uma melhora na impressão causada aos visitantes desses lugares.

A hipótese do estudo se baseou no aperfeiçoamento da paisagem sonora percebida impulsionada principalmente pela avaliação dos sons dominantes. O objeto de estudo foi um ambiente seminatural, o Alhambra de Granada, na Espanha. Segundo Pérez-Martínez et. al. (2018), a avaliação e gerenciamento da paisagem sonora desses locais é de suma importância a fim de promover uma melhor experiência para o visitante.

Como resultado da investigação, a percepção da paisagem sonora é impulsionada pela avaliação subjetiva dos sons dominantes, podendo simplificar o procedimento da verificação e investigação da paisagem sonora reduzindo o tempo operacional necessário para a realização (PÉREZ-MARTÍNEZ; TORIJA; RUIZ, 2018).

#### **2.11.15. Explorando a compatibilidade dos protocolos de coleta de dados ‘Método A’ e ‘Método B’ relatados na ISO/TS 12913-2:2018 para paisagens sonoras urbanas através de uma passarela sonora**

A parte 2 da norma para estudos e métodos de investigação da paisagem sonora foi divulgada em 2018, a ISO/TS 12913-2. Esse documento fornece em anexo três métodos alternativos: dois baseados em medições sonoras e questionários, enquanto o terceiro se refere a entrevistas narrativas (ALETTA et. al., 2019).

Aletta et. al. (2019), com o intuito de testar a compatibilidade dos resultados entre os dois métodos semelhantes, realizaram uma pesquisa comparando tais métodos durante a mesma sessão de coleta de dados. O estudo se baseou em microescala, pois foi realizado em um campus universitário.

Foram selecionados oito locais, dentro do campus, sete deles categorizaram a paisagem sonora positiva e negativa de forma idêntica. Dessa forma o estudo mostrou que os dois métodos discriminam de forma semelhante as paisagens positivas e negativas, no entanto, sugeriu-se a integração dos métodos para resultados mais robustos.

Após o embasamento por esse estado da arte exposto (Quadro 2), consegue-se chegar à conclusão de que o estudo em microescala é essencial para pequenas áreas dentro da malha urbana. Ademais, a paisagem sonora é a unimultiplicidade de fatores que têm a necessidade de serem levados em conta para um resultado fiel à realidade.

As abordagens objetivas e subjetivas são de extrema importância para o entendimento realista do ambiente sonoro, por isso há a necessidade de investigar por “caminhos” diferentes o mesmo objeto de estudo.

Em síntese, a paisagem sonora não é apenas um estudo objetivo, necessita de análises em que demanda a interpretação individual do espaço estudado. Em busca de um estudo que

esteja de acordo com a realidade, a abordagem em microescala é imprescindível no que diz respeito à veracidade dos valores obtidos. Por esse motivo a pesquisa em questão propôs um estudo com a junção de várias metodologias existentes.

Quadro 2 – Estudos base em microescala para esse estudo

TÍTULO	AUTORES	METODOLOGIA
The acoustics of public squares/places: a comparison between results from a computer simulation program and measurements in situ	Paini et. al. (2004) Paini et. al (2005)	Simulação híbrida em microescala; Análise EDT, T <sub>30</sub> , STI, C80 entre outros.
Experimental study of sound propagation in a street	Picaud et. al. (2005)	Análise tempo de reverberação e NPS.
A cognitive approach to urban soundscapes: Using verbal data to access everyday life auditory categories	Dubois et. al. (2006)	Gravação do Soundscape; Análise subjetiva dessas paisagens sonoras.
Acoustic characteristics of urban streets in relation to scattering caused by building facades	Onaga e Rindel (2007)	Simulação híbrida; Análise tempo de reverberação e fonte/imagem.
The effect of buildings on acoustic pulse propagation in an urban environment	Albert e Liu (2010)	Método FDTD, método numérico para descrever a propagação das ondas sonoras.
Meteorological influence on sound propagation between adjacent city canyons: A real-life experiment	Renterghem e Botteldooren (2010)	Medições in situ; Análise objetiva.
The Soundscape Quality in Some Urban Parks in Milan, Italy	Brambilla et. al. (2013)	Medições in situ e análise subjetiva por questionários.
A framework for improving urban soundscapes	Jennings e Cain (2013)	Simulação híbrida em microescala; Aplicação método Kano
Accuracy of computer simulation software using hybrid models for microscale urban environments	Rocha et. al. (2016)	Simulação híbrida em microescala; análise T <sub>30</sub> , EDT e NPS
Reducing geometry or detailing? Comparison between measured and modeled microscale urban spaces	Rocha et. al. (2016)	Simulação híbrida em microescala; Análise do T <sub>30</sub> , EDT e NPS.
Assessing soundscape: Comparison between in situ and laboratory methodologies	Hermida Cadena et. al. (2017)	Gravações da paisagem sonora de forma binaurais; medições in situ; avaliação objetiva e subjetiva.
Spatial Audio for Soundscape Design: Recording and Reproduction	Hong et. al. (2017)	Gravação binaurais da paisagem sonora; comparação de dispositivos de gravações de áudio.
A acústica do detalhe: O desempenho acústico urbano a partir dos Detalhes da forma das edificações	Rocha (2018)	Simulação híbrida em microescala; Análise do NPS, EDT e T <sub>30</sub> ; Investigação objetiva e subjetiva.
Soundscape assessment of a monumental place: A methodology based on the perception of dominant sounds	Pérez-Martínez et. al. (2018)	Avaliação subjetiva e objetiva.
Exploring the compatibility of "Method A" and "Method B" data collection protocols reported in the ISO/TS 12913-2:2018 for urban soundscape via a soundwalk	Aletta et. al. (2019)	Análise objetiva e subjetiva; Uso dos métodos da ISO/TS 12913-2:2018

Fonte: Autor (2021).

### 3. METODOLOGIA

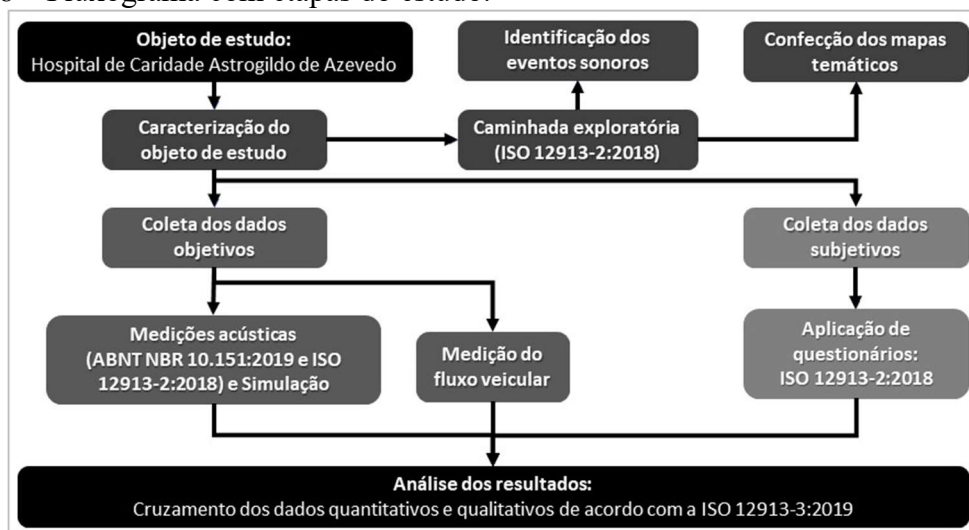
Neste capítulo, são apresentados, para o desenvolvimento da pesquisa, os procedimentos metodológicos. Para caracterizar a paisagem sonora, em microescala, de uma área sensível dentro da cidade de Santa Maria/RS, foi adotada uma mescla das metodologias dos estudos citados na seção 2.11 do Capítulo 2, juntamente com o que prescreve as normas ISO 12913-2 (ISO, 2018), ISO 12913-3 (ISO, 2019), NBR 10151 (ABNT, 2019) e a OMS (2018). A abordagem se dá de maneira objetiva e subjetiva (BRAMBILLA; GALLO; ZAMBON, 2013; HERMIDA CADENA et al., 2017; PAINI; GADE; RINDEL, 2005). A objetiva baseia-se na avaliação de variáveis obtidas em medições *in situ* e por modelagem com o programa computacional SoundPLAN essencial 5.1. A subjetiva, por sua vez, faz uso da acústica subjetiva, coletando informações por meio de questionários aplicados junto a usuários transeuntes do local.

Dentro do ambiente, a partir de observação direta, contactou-se que há uma grande quantidade de informações, como sons de tráfego, máquinas e equipamentos provenientes de construções circundantes, crianças gritando no *playground*, sons naturais e sons humanos. A compreensão e interpretação da paisagem sonora, pelos usuários, se dá por forma subjetiva. Por isso se lançou mão dos questionários, coletando informações pertinentes sobre a percepção e entendimento, dentro de seu contexto, pelo inquirido.

Por último, uma análise aprofundada relacionando os resultados obtidos por meio dos métodos objetivos e subjetivos foi realizada.

A Figura 18 mostra o fluxograma com as etapas do estudo que serão detalhadas logo adiante.

Figura 18 – Fluxograma com etapas do estudo.

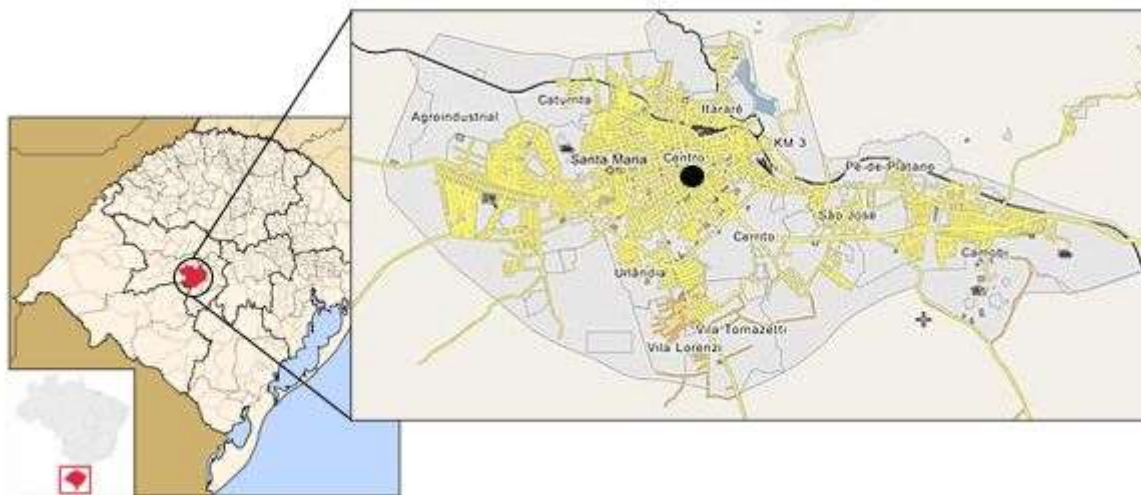


Cada etapa metodológica segue o processo relatado nos próximos itens deste Capítulo.

### 3.1. OBJETO DE ESTUDO E SUA CARACTERIZAÇÃO

O estudo foi realizado na cidade de Santa Maria, localizada no centro do estado do Rio Grande do Sul. Tomou-se como objeto de estudo uma área específica na região central da cidade, a via em frente ao Hospital de Caridade Astrogildo de Azevedo (29° 41' 28" S 53° 48' 23" W), citada no Capítulo 1, que pode ser visualizada no mapa apresentado na Figura 19. A área foi escolhida com intuito de avaliar os impactos sonoros causados pelo tráfego, trânsito de pessoas e serviços na paisagem sonora do ambiente em uma área considerada sensível a este tipo de impacto (entorno de equipamentos de saúde de alta complexidade). Essa área possui características singulares, a Rua José Bonifácio em frente ao complexo hospitalar é separada da Rua Pinheiro Machado por uma praça triangular que em uma de suas extremidades se juntam formando a Avenida Presidente Vargas, além disso possui semáforos e faixas de pedestres em frente propiciando a aceleração e desaceleração dos veículos.

Figura 19- Localização da área de estudo



Fonte: Adaptado de Kaminski (2014) e Abreu (2006).

A avaliação se concentrou em uma área sensível (hospitalar) mostrada na Figura 20, pois detém vulnerabilidade maior quanto ao nível de ruído recebido, como já comentado. Suas características urbanísticas foram levadas em conta, uma vez que causam influências diretas à paisagem sonora do ambiente, assim como a quantidade de fluxo de veículos, este gerador de grande parte dos ruídos no local. Outrossim, o ambiente conta com ocupação do solo (serviços e comércios) e composição ambiental (edifícios que variam de 4 m a 42 m de altura) que

influenciam também na sensação e percepção sonora. A Figura 20 busca ilustrar a área de estudo. Observa-se a presença de edifícios com vários pavimentos intercalados com edifícios mais baixos, bem como vegetação arbórea. Também é possível perceber a presença de uma praça que divide a direção dos fluxos viários, a presença de fluxo pesado (caminhões, como é possível ver na Figura 20) e o intenso fluxo de pedestres.

Figura 20 - Vistas da área de estudo



Fonte: GOOGLE MAPS (2021).

Para a caracterização do objeto de estudo, foi realizada a coleta de dados e de informações da morfologia urbana, como também a descrição dos usuários dos ambientes. Foram utilizados, para embasamento da caracterização, os conceitos de Bistafa (2018), sobre a propagação sonora, e Kohlsdorf (1996), para a morfologia urbana. Cada elemento considerado relevante para o estudo da paisagem sonora dentro do ambiente, de acordo com os dois autores citados, está indicado no fluxograma do Quadro 3.

Quadro 3 – Elementos de caracterização do ambiente de estudo

Caracterização do ambiente		
Perfil demográfico		Caracterizar o perfil de cada usuário do ambiente (idade, gênero, escolaridade, entre outros). Essas informações fazem parte do contexto, o qual esta intrinsecamente ligado a análise da paisagem sonora
Morfologia Urbana	Malha viária	Onde foram realizadas as alocações dos pontos e as medições sonoras de acordo com a NBR 10151 e a ISO 12913-2.
	Áreas verdes	As áreas densas de vegetação dentro das cidades são elementos influenciadores na paisagem sonora, promovendo absorção e espalhamento do som (BISTAFA, 2018).
	Densidade construída	Essa análise é indispensável para a construção do mapa sonoro, dessa forma se identifica as interferências do meio construído na paisagem sonora acarretadas pela propagação, absorção, reflexão e difusão sonora.
	Fluxo veicular	A contagem do fluxo veicular é essencial para a confecção dos mapas sonoros, bem como para o entendimento dos NPS gerados por essa fonte linear.

Fonte: Autor (2021).

### 3.2. MAPA TEMÁTICO

O mapa temático que integra a metodologia desse trabalho foi confeccionado a partir dos mapas do GOOGLE EARTH (2021) para a ilustração dos pontos de medições dentro do ambiente, facilitando a visualização dos marcos de coletas dos dados quantitativos.

A tomada de decisão dos pontos de medições sonoras foi por meio da caminhada exploratória de acordo com a ISO 12913-2 (ISO, 2018). As caminhadas foram realizadas pelo ambiente, visando identificar os eventos sonoros. Após toda a área acessível ter sido analisada, em determinados lugares deu-se a definição dos pontos de medição preenchendo a Tabela 3 com a identificação dos eventos sonoros ocorridos em cada um deles.

Tabela 3 - Identificação dos eventos sonoros em cada ponto de medição

Pontos	Eventos Sonoros	Som Predominante	Sensação
<b>P.1,2,3,4,5,6,7</b>	Tráfego intenso; máquinas e equipamentos; pessoas transitando e conversando; sons naturais pouco perceptíveis	Sons de tráfego: aceleração, desaceleração e buzina	Incômodo, dificuldade em ouvir e conversar
<b>P.8,9,10</b>	Tráfego intenso; máquinas e equipamentos; pessoas transitando e conversando	Sons de tráfego: aceleração, desaceleração e buzina	Incômodo, dificuldade em ouvir e conversar

Fonte: Autor (2021).



Após decidido onde cada marco de captura dos dados sonoros ficariam, o mapa temático foi elaborado, como pode ser visto na Figura 21 a partir dos pontos 1 a 10 ali indicados.

Figura 21 - Mapa temático com a demarcação dos pontos de medição sonora



Fonte: Adaptado de GOOGLE EARTH (2021).

### 3.3. ANÁLISE ACÚSTICA OBJETIVA

Para a caracterização acústica do ambiente é necessário obter os valores dos parâmetros  $L_{eq}$ ,  $L_{Aeq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$  (ABNT, 2019; BISTAFA, 2018).

O levantamento dos dados acústicos quantitativos ( $L_{eq}$ ,  $L_{Aeq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$ ) foi realizado *in situ* por meio dos procedimentos estabelecidos pelas normas NBR 10151 (ABNT, 2019) e ISO 12913-2 (ISO, 2018).

Os equipamentos utilizados durante as medições acústicas em campo no ambiente de estudo estabelecido, foram:

- Sonômetro da Brüel & Kjær, modelo 2270, classe 1 (Figura 22 A);
- Calibrador Sonoro Brüel & Kjær, Modelo 4231 (Figura 22 B);
- Tripé (Figura 22 C); e
- Termohigrômetro Medium Ghp (Figura 22 D).

Figura 22 - Imagens ilustrativas dos equipamentos utilizados. Sonômetro (A); calibrador sonoro (B); tripé (C) e termohigrômetro (D)



Fonte: Adaptado de Brüel & Kjær (A, B e C) e Akso (D).

Para iniciar as medições, foi efetuada a aferição das condições meteorológicas para determinação da possibilidade de realização das medições acústicas. Em dias de precipitação e elevada intensidade dos ventos, não houve a coleta de dados, pois causam interferências nos resultados obtidos (RENTERGHEM; BOTTELDOOREN, 2010).

Para a escolha dos dias da semana e horários de medições, foram levados em conta os dados de tráfego efetuados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) por meio do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT) (DNIT, 2017). A coleta dos dados de tráfego foi executada em 2017, pelo DNIT, na BR-392/RS, no trecho que passa pelo centro da cidade de Santa Maria/RS. Nesse levantamento feito pelo DNIT, em 2017, foi constatado que o horário de pico corresponde ao intervalo das 17h30min às 18h30min e a definição dos dias típicos levou em consideração o volume médio diário de fluxo por dia da semana (VMDd). De acordo com o PNCT, terças-feiras, quartas-feiras e quintas-feiras são os

dias típicos dentro da semana (DNIT, 2017). Diante do exposto, o horário definido para coleta dos dados (contagem veicular e medição acústica) deste estudo foi das 17h00min às 19h00min nos dias típicos (terça-feira, quarta-feira e quinta-feira).

O tempo de medição estabelecido foi de 15 minutos para cada posição do sonômetro. As normas NBR 10151:2019 (ABNT, 2019) e ISO 12.913-2 (ISO, 2018) não estabelecem tempo mínimo e máximo para as medições de ruído ambiental e paisagem sonora, sendo assim, o tempo determinado para a captura dos dados sonoros foi considerado um período relevante para a análise em questão, já que foram realizadas medições preliminares de 15 min, 30 min e 60 min e não foi obtida diferença significativa.

Para cada ponto de medição, o sonômetro, acoplado ao tripé, foi posicionado a 1,5 metro acima do solo, de acordo com a NBR 10151 (ABNT, 2019) e ISO 12913-2 (ISO, 2018), se referindo à altura média da orelha humana podendo ser observadas na imagem das medições na Figura 23.

Figura 23 - Medição *in situ*



Fonte: Autor (2021).

A contagem veicular foi realizada manualmente por meio de contadores manuais, separando motos, veículos leves e pesados (dois eixos, três eixos ou mais), sendo inserida em planilha própria (Tabela 4).

Após o levantamento dos dados objetivos coletados e da contagem veicular, foi criado, por meio do *software* de cálculo e modelação acústica SoundPlan essencial 5.1, o mapa de ruído em microescala, procedimento exposto na Seção 3.4, considerado uma ferramenta adequada para caracterizar os efeitos dos elementos urbanos (CORTÊS; NIEMEYER, 2014).

Tabela 4 - Contagem veicular durante o período de 60 minutos

<b>Data</b>	<b>Horário</b>	<b>Motos</b>	<b>Leves</b>	<b>Pesados 2 eixos</b>	<b>Pesados 3 eixos ou mais</b>
12/05/2021		144	1400	43	0
13/05/2021	17:00 h	120	1603	42	1
06/05/2021		148	1360	52	2
11/05/2021	às 18:00 h	158	1853	54	2
25/05/2021		73	880	3	0
02/06/2021		108	962	0	0

Fonte: Autor (2021).

De acordo com a Tabela 4 as contagens foram realizadas em 2021, período que compreende o momento de pandemia pela COVID-19. Vale ressaltar que não se possui dados concretos do fluxo veicular pré-pandêmico para comparação significativa, no entanto a coleta dos dados foi feita em um período de flexibilidade maior em que todos os comércios e serviços estavam ativos na região, tornando os resultados obtidos significativos.

### 3.4. MAPA DE RUÍDO

Para a confecção do mapa de ruído da paisagem sonora do objeto de estudo foi usada imagem de satélite obtida por meio do *software* GOOGLE EARTH. Essa imagem foi usada como base visual para analisar a distribuição sonora do ambiente e foi modelado de acordo com o CNOSSOS-EU 2015.

O arquivo foi importado no formato KMZ para dentro do programa. No SoundPLAN essencial 5.1 foram inseridos os parâmetros morfológicos coletados em campo: altura das edificações, vias de tráfego e presença de vegetação densa. Não houve presença de vegetação densa dentro da área do objeto de estudo, as edificações foram representadas por polígonos. As vias foram identificadas e representadas levando em consideração o tipo de pavimento (identificado como pavimento flexível).

Com o objetivo de tornar as vias de tráfego fontes lineares de som, dentro do programa existem vários parâmetros para serem inseridos: fluxo veicular (leves e pesados), velocidade média veicular, tipo de pavimento e largura da via. Dessa forma, se consegue fazer com que a via onde foi realizada a medição, assuma caráter acústico.

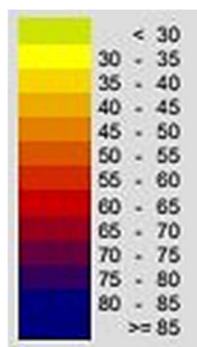
Com todo o procedimento de inserção das características morfológicas e físicas do ambiente dentro do *software*, realizou-se a calibragem do modelo com a inserção dos dados acústicos medidos *in loco* nas posições dos pontos de medições, tendo a altura de elevação de 1,5 m do solo, *grid* com valor 5 e usou-se o valor 10 na variável *Highest Reflexion Order* com o intuito de caracterizar com maior detalhe a distribuição sonora, já que estamos tratando de um mapeamento em microescala (Figura 24). A demarcação da área de representação do espalhamento sonoro se deu para que ocorresse a cobertura total do complexo hospitalar. Este foi elaborado no plano horizontal (Grid Noise Map).

Toda modelagem computacional foi realizada por meio de cálculo de fontes sonoras pontuais de acordo com a ISO 9613-2 (ISO, 1996). Os níveis sonoros são categorizados por cores (Figura 25) que fazem referência aos intervalos dos valores de NPS que preenchem aquele determinado lugar.

Figura 24 - Interface de inserção de dados no Software SounPLAN Essencial 5.1

Fonte: Adaptado de SoundPLAN essencial 5.1

Figura 25 – Cores de categorização dos níveis sonoros no *software* SounPLAN essencial 5.1



Fonte: Adaptado de SoundPLAN essencial 5.1

### 3.5. DADOS QUALITATIVOS

Para a avaliação subjetiva do ambiente selecionado, partiu-se de dois métodos complementares para um resultado de maior efetividade. Foi realizada a observação comportamental dos usuários locais e a aplicação dos questionários (PÉREZ-MARTÍNEZ; TORIJA; RUIZ, 2018).

Os procedimentos metodológicos, para a análise subjetiva, foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Santa Maria, parecer consubstanciado do CEP n. 4.390.549 (Apêndice 1).

A análise dos comportamentos dos usuários foi realizada com anotações dos eventos sonoros produzidos e ouvidos, filmagens pelo período de 1 (um) minuto e também fotografias do espaço no momento da observação, realizadas com o auxílio de um iPad Apple 6ª Geração.

Para a coleta das informações pertinentes da relação dos usuários com o ambiente foram aplicados inquéritos individuais, compostos por uma lista de perguntas, dentre elas, perguntas objetivas e abertas. Não houve um perfil específico e ideal considerado para responder ao questionário, os usuários do ambiente responderam e seu perfil foi traçado através das respostas às questões demográficas. A única restrição foi a idade, todos deveriam ter no mínimo 18 anos completos na data da aplicação do questionário.

As perguntas objetivas limitaram os usuários respondentes às opções pré-estabelecidas pelo pesquisador, no entanto as que possuíam respostas abertas deu possibilidade para a liberdade de expressão quanto ao seu sentimento e satisfação no local.

Os entrevistados foram abordados no mesmo horário estabelecido para as medições (17h00min às 19h00min), solicitando a contribuição voluntária para responder às questões, sendo informado na abordagem que a pesquisa se tratava de um estudo da qualidade geral do ambiente, para não induzir qualquer tipo de resposta. O termo ruído possui uma conotação

negativa, portanto priorizou-se o uso da palavra som e sons, mantendo a imparcialidade nas respostas esperadas dos inquiridos.

Por meio das respostas obtidas se deu a confecção de gráficos e contextualização das opiniões expressas nas questões abertas. De forma mais rápida foi realizada a sistematização e construção dos gráficos por meio das respostas objetivas, analisadas a partir da frequência de respostas, transformando-as em dados numéricos. O entendimento real das sensações e percepções tidas pelos inquiridos no ambiente dentro do contexto individual foi realizado por meio das respostas abertas e as perguntas relacionadas ao *loudness* e tranquilidade.

A estrutura do questionário contou com uma análise demográfica (idade, sexo, escolaridade e região onde mora) e doze questões direcionadas para análise contextual da paisagem sonora. As três questões iniciais do segundo bloco foram com relação à frequência, permanência e motivação, as quatro seguintes tiveram como objetivo analisar a qualidade de forma geral do ambiente e finalizando com cinco indagações visando a percepção dos respondentes. As questões presentes no segundo bloco do questionário foram as seguintes (o questionário completo está no Apêndice II, ao final da dissertação):

1. Com que frequência você costuma vir/passar nesse ambiente?
2. Quanto tempo você costuma permanecer nesse ambiente?
3. Qual motivação de você estar aqui hoje?
4. Em relação à infraestrutura, como você avalia este local?
5. Em relação a estética visual, como você avalia o ambiente?
6. Qual o aspecto mais agradável nesse local?
7. Qual o aspecto mais desagradável nesse local?
8. Com qual intensidade você escuta estes tipos de sons nesse ambiente?
9. Quais desses sons você considera desagradável?
10. Como você avalia o volume dos sons desse ambiente?
11. Este volume sonoro incomoda você?
12. Como você avalia a tranquilidade desse ambiente?

A amostra ( $n$ ) foi calculada com base na população estimada de 283.677 habitantes (IBGE, 2020). A determinação da amostragem foi realizada através da Equação 9 considerou o nível de segurança de 95% ( $z = 1,96$  e valor- $p = 0,5$ ), margem de erro de 10% ( $e = 0,1$ ), tamanho da população ( $N = 283677$  habitantes) (THOMPSON, 2012):

$$n = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N}\right)} \quad (9)$$

O tamanho da amostra ( $n$ ) resultante foi de 96, no entanto para facilitar os cálculos optou-se por aplicar 100 questionários ao todo, reduzindo a margem de erro para 9,8%.

### 3.6. CRUZAMENTO, ANÁLISE E SÍNTESE DOS DADOS

Essa é a fase em que os dados foram computados ao término das etapas anteriores dos procedimentos metodológicos citados, foi realizada a análise das informações coletadas no ambiente.

Os resultados objetivos foram usados na confecção do mapa de ruído que serviu para uma análise mais concreta, a partir desses resultados foram feitas as comparações em relação aos valores de referência que a norma NBR 10151 (ABNT, 2019) e a OMS (2018) determinam.

Gráficos do espectro da paisagem sonora e dos dados subjetivos foram gerados constituindo algo visível para o entendimento. Isso possibilitou traçar a correlação entre os resultados. As questões abertas embasaram a justificativa da percepção dos usuários.

Para harmonização e facilitação da comparação dos dados, utilizou-se a normalização ( $N$ ) entre 0 e 1, de acordo com a Equação 10 (HAN, J.; PEI, J.; KAMBER, M., 2011):

$$norm_i = \frac{x_i - \text{mín}(x)}{\text{máx}(x) - \text{mín}(x)}, \quad (10)$$

em que o índice  $i$  representa o  $i$ -ésimo elemento contido no vetor do atributo ou variável que se pretende normalizar,  $\text{máx}(x)$  e  $\text{mín}(x)$  representam, respectivamente o maior e o menor valor contido no vetor.

O desvio padrão ( $\sigma$ ) foi calculado diretamente no Software Microsoft Excel levando em consideração os dados obtidos através das respostas das perguntas realizadas.

Para obter a correlação dos atributos das respostas subjetivas (percepção, incômodo e avaliação de conforto e tranquilidade), bem como das objetivas, se fez o uso do coeficiente de correlação de Pearson ( $R$ ), calculado no Microsoft Excel 2016, que varia entre -1 e 1, de forma que:

- quanto mais próximo de -1, o resultado expressa uma correlação negativa;
- quanto mais próximo de 1, o resultado expressa uma correlação positiva;
- para valores muito próximos a 0, significa ausência de correlação.



Vale ressaltar que, nas questões onde o respondente foi questionado sobre a intensidade das tipologias sonoras, a normalização do vetor foi aplicada, no entanto o coeficiente de Pearson (R) não foi usado. Nesses casos quanto mais próximo de 1 melhor é a percepção das pessoas sobre ambiente e quanto mais próximo de 0, pior.

A partir disso, os dados subjetivos foram correlacionados entre eles, os resultados estão relacionados com a percepção real da paisagem sonora do ambiente, por esse motivo a correlação dessas informações fez com que se chegasse em um resultado objetivo sobre a avaliação da paisagem sonora em microescala. A análise objetiva complementa os resultados subjetivos, a qual caracteriza o ambiente e cede informações físicas para a consolidação dos dados qualitativos da paisagem sonora do ambiente.

Com o resultado em mãos, foi possível propor procedimentos ou atitudes que devem ser adotados visando a otimização do ambiente sonoro gerado ali e ainda recomendações para manter esse ambiente saudável sonoramente.

#### 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são expostos e discutidos os resultados obtidos no processo de descrever a paisagem sonora do ambiente em questão. Os dados coletados (perfil demográfico, percepção sonora, qualidade e tranquilidade) por meio dos inquéritos foram expostos de maneira descritiva inicialmente juntamente com os gráficos quantitativos e em seguida pelas correlações das respostas obtidas.

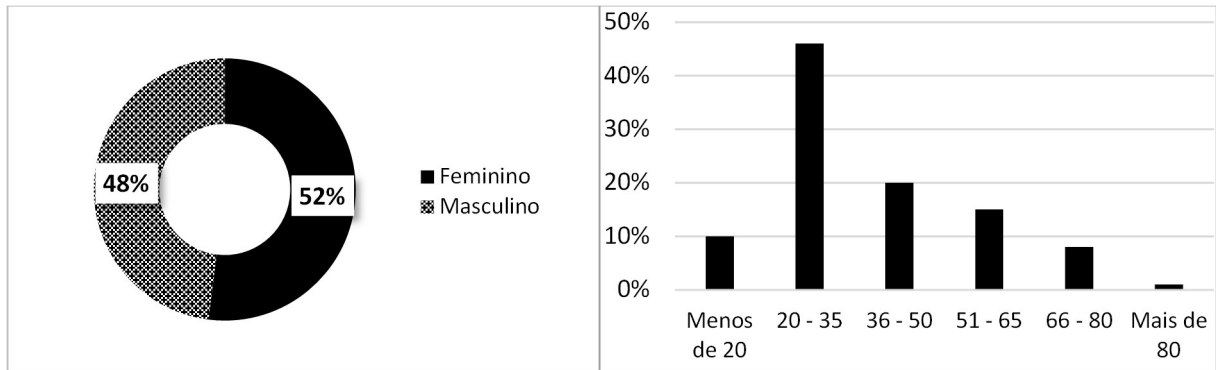
Os dados objetivos são apresentados e analisados. Os números absolutos obtidos nas medições em cada ponto são apresentados na forma de gráficos, os dados obtidos em 1/3 de oitava definiu a composição espectral da paisagem sonora. Para permitir a análise da distribuição do ruído na área delimitada é apresentado o mapa de ruído, vale ressaltar que esses resultados são comparados aos dados objetivos determinados pelas normas vigentes.

##### 4.1. PERFIL DOS USUÁRIOS DO AMBIENTE

Os questionários foram aplicados no entorno do Hospital de Caridade Astrogildo de Azevedo, em dias típicos da semana (terça-feira, quarta-feira e quinta-feira) no período das 17h00min às 19h00min. O questionário abrangeu o delineamento do perfil de cada usuário por meio das questões com cunho demográfico, e a interpretação das sensações por meio do entendimento da percepção sonora.

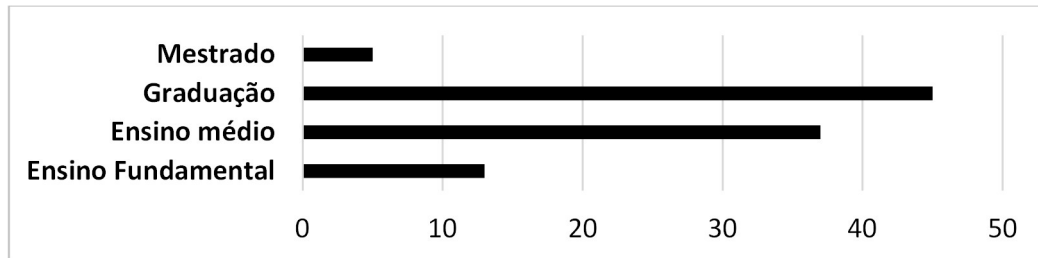
A amostra contou com o universo de 100 respondentes dos quais 52% são do sexo feminino e 48% do sexo masculino (Figura 26-A), essa representatividade é equivalente à divisão da população da cidade de Santa Maria/RS de acordo com os dados do IBGE (2010). A faixa etária em maioria é a de 20 a 35 anos (Figura 26-B), mesmo possuindo uma porcentagem diferente da referência populacional total por faixa etária da cidade, ainda assim se torna representativa por ser a maioria dos respondentes. Para concluir o traçado do perfil dos inquiridos, levou-se em consideração a escolaridade, dentro da amostra 45% são graduados, 37% possuem ensino médio completo, 13% possuem apenas o ensino fundamental e 5% possuem mestrado (Figura 27).

Figura 26 - Respostas à questão de gênero (A); resposta à questão de faixa etária (B)



Fonte: Autor (2021).

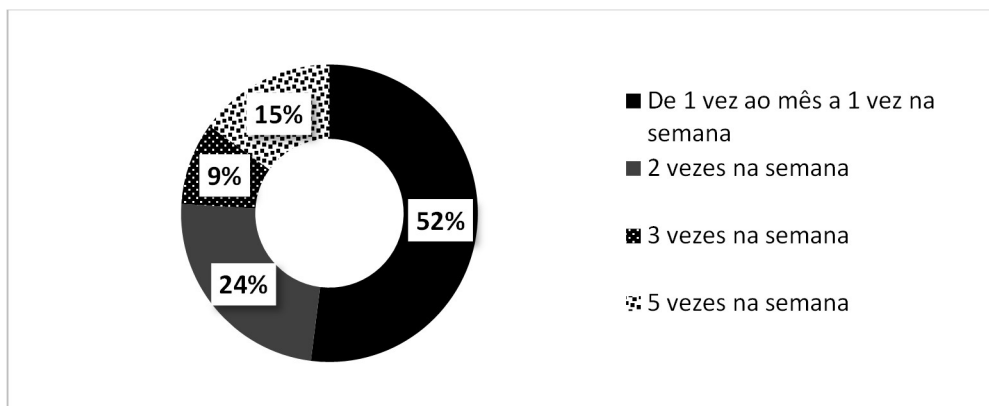
Figura 27 – Escolaridade dos respondentes



Fonte: Autor (2021).

Outro fator importante foi a frequência com que esses indivíduos passavam ou ficavam no local da pesquisa. Dos respondentes, 52% costumam ir de uma vez ao mês a uma vez na semana; 24%, duas vezes na semana; 15%, cinco vezes na semana; e 9%, três vezes na semana (Figura 28). Vale ressaltar que havia a opção ‘quatro vezes na semana’, no entanto não se obteve essa resposta pelos inquiridos.

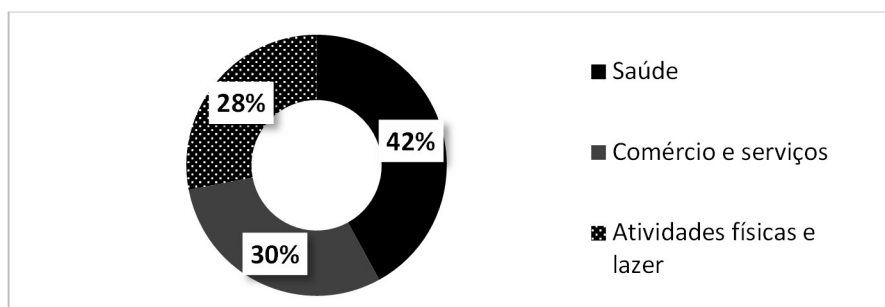
Figura 28 - Respostas à questão sobre frequência de visitação na semana



Fonte: Autor (2021).

No que tange à motivação de estar na região, em sua grande maioria (42%) está ali por questão de saúde (consultas e exames), 30% para acesso ao comércio e serviços e 28% realizam atividades físicas no ambiente (Figura 29).

Figura 29 - Respostas à questão sobre motivação de estar no ambiente



Fonte: Autor (2021).

#### 4.2. PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS EM RELAÇÃO À PAISAGEM SONORA

O entendimento e percepção da paisagem sonora são compostas de diversos fatores e dentre eles está a questão visual e de infraestrutura do ambiente. Nesse sentido, as pessoas foram questionadas a respeito da satisfação quanto à infraestrutura e à estética do local. O ambiente foi bem avaliado por 48% dos usuários em relação à infraestrutura e 42% apreciam a estética. No entanto, através do Índice N, que representa as respostas normalizadas entre 0 e 1, percebe-se que há muito a ser melhorado em relação aos dois quesitos por grande parte da amostra estar neutra sobre a qualidade do ambiente (Tabela 5). O desvio padrão ( $\sigma$ ) das respostas se mostrou baixo, indício de pouca variação nas respostas obtidas.

Tabela 5 - Satisfação do usuário quanto a infraestrutura e beleza estética do ambiente

	Muito insatisfeito	Insatisfeito	Neutro	Satisfeito	Muito satisfeito	N	$\sigma$
Infraestrutura	1%	9%	42%	34%	14%	0,63	0,22
Estética	4%	22%	32%	30%	12%	0,56	0,26

Fonte: Autor (2021)

Para entender a percepção da intensidade da presença das diferentes fontes sonoras (*loudness*) no ambiente (tráfego, máquinas e equipamentos, sons humanos e sons naturais) foi utilizada uma escala de notas 1 a 5 e por meio dessa escala os valores normalizados (N) de 0 a 1. Sendo assim, quanto mais próximo N está de 1, mais o tipo de som indicado na Tabela 6 está

presente no ambiente. A Tabela 6 mostra que os sons de tráfego possuem  $N = 0,92$ , máquinas e equipamentos,  $N = 0,64$ , sons humanos,  $N = 0,38$ , e sons naturais  $N = 0,11$ . Há uma incidência sonora de ruído de tráfego intensa em detrimento dos outros tipos, quase dominando completamente o ambiente sonoro na percepção dos usuários. O desvio padrão ( $\sigma$ ) das respostas em relação aos sons de tráfego e sons naturais se manteve baixo o que nos mostra uma variação pouco expressiva, contudo, em relação aos sons de máquinas e equipamentos e os sons humanos teve um valor mediano, indicando uma variação moderada nas respostas.

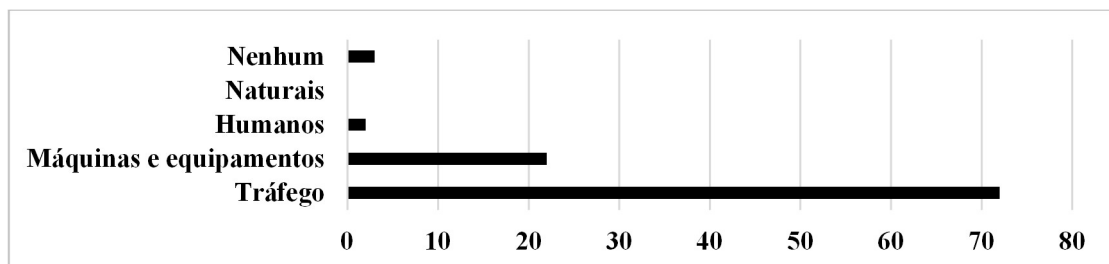
Tabela 6 – Relação da presença do som no ambiente

<b>FONTE SONORA</b>	<b>N</b>	<b><math>\sigma</math></b>
Tráfego	0,92	0,15
Máquinas e equipamentos	0,64	0,34
Humanos	0,38	0,30
Naturais	0,11	0,22

Fonte: Autor (2021).

Os diferentes tipos de fontes sonoras podem desencadear sensações diversas. Para tanto, precisa-se identificar quais são desagradáveis e quais são agradáveis aos respondentes, relacionando as respostas com o incômodo gerado ou com o prazer de estar no ambiente. Segundo essa análise, 73% dos inquiridos consideram o som de tráfego como o mais desagradável, 22% apontam os sons de máquinas e equipamentos, 2% indicam os sons humanos e 3% não sente nenhum incômodo independente da fonte, evidenciando que nenhum dos respondentes considerou os sons naturais como desagradáveis (Figura 30).

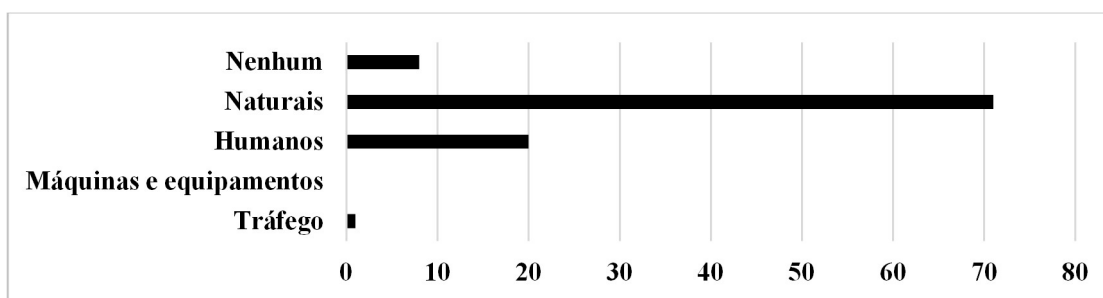
Figura 30 - Respostas à questão sobre o som considerado mais desagradável (%)



Fonte: Autor (2021).

Quanto aos sons agradáveis, a Figura 31 mostra a preferência dos usuários dos locais quanto ao som escutado no momento. Obteve-se, 71% das escolhas para os sons naturais, 20%, para os sons humanos, 1%, para os sons de tráfego, e 8% considera que nenhum dos sons escutados é agradável. Os sons naturais por mais que sua predominância seja praticamente inexistente (Tabela 5), são os que mais se relacionam com a agradabilidade do ambiente.

Figura 31 - Respostas à questão sobre o som considerado mais agradável (%)



Fonte: Autor (2021).

O incômodo e a tranquilidade foram avaliados com notas de 1 a 5. Esses valores foram normalizados de 0 a 1. A média geral obtida através das notas para o nível de incômodo foi de 3,26 com seu valor  $N = 0,56$ , diante desse resultado tem-se que o incômodo é considerável já que ultrapassa em 6,5% a nota de neutralidade (nota 3) considerada no questionário, o desvio padrão ( $\sigma$ ) é de 0,31 entre as respostas. A tranquilidade por sua vez, que também foi avaliada da mesma forma, teve sua média geral igual a 2,94 com valor  $N = 0,49$ , identificando uma neutralidade de maneira geral na avaliação da tranquilidade do ambiente, com uma diferença de 1,5% do valor neutro (nota 3), conforme mostrado na Tabela 7, indicando uma tendência negativa do *loudness*.

Vale ressaltar que há diferença entre a percepção do ambiente de acordo com o gênero, pessoas do sexo feminino são mais suscetíveis aos ruídos. Conforme a Tabela 7, a média do incômodo é superior à média geral (3,28) enquanto a de tranquilidade está abaixo dessa marca (2,93) para as pessoas do sexo feminino.

Tabela 7 – Relação da percepção sonora quanto ao incômodo e tranquilidade no ambiente

Gênero	Nº de respostas	Média tranquilidade	Média incômodo	N tranquilidade	N incômodo	$\sigma$ tranquilidade	$\sigma$ incômodo
Feminino	52	2,93	3,28	0,6	0,43	0,33	0,29
Masculino	48	2,94	3,24	0,53	0,54	0,29	0,3
Geral	100	2,94	3,26	0,49	0,56	0,31	0,31

Fonte: Autor (2021).

As respostas abertas quanto aos sons considerados mais desagradáveis e agradáveis foram transformados em nuvens de palavras. O tamanho das palavras faz indicação a uma elevada quantidade de respostas usando o mesmo termo. Dessa forma, é constatado que os sons mais desagradáveis são os de tráfego e máquinas e os mais agradáveis são os sons naturais (Figuras 32 e 33 respectivamente).

Figura 32 - Respostas à questão sobre os sons desagradáveis no ambiente



Fonte: Autor (2021).

Figura 33 - Respostas à questão sobre os sons agradáveis no ambiente



Fonte: Autor (2021).

As correlações estabelecidas (Tabela 8) colaboram no entendimento da influência dos fatores que contribuem para a percepção da paisagem sonora. De acordo com os resultados, os que contribuem para o incômodo dos indivíduos são sons de máquinas e equipamentos ( $R = 0,35$ ), sons de tráfego ( $R = 0,24$ ) e ligado a isso, o *loudness* (percepção da intensidade sonora) ( $R = 0,29$ ). É possível constatar também que os sons naturais e humanos ( $R = -0,21$ ) contribuem para a diminuição do incômodo. Os impactos negativos na percepção da tranquilidade se devem aos sons de tráfego e os sons mecânicos provenientes de máquinas e equipamentos ( $R = -0,28$  e  $R = -0,24$  respectivamente). Destaca-se que o incômodo gerado pelo tráfego tem influência um pouco menor no incômodo devido ao processo de adaptação, ou seja, as pessoas se acostumaram com esse tipo de ruído.

Tabela 8 – Correlações do incômodo e tranquilidade entre fatores ligados à percepção

<b>Correlações</b>	<b>Loudness</b>	<b>Escolari- dade</b>	<b>Sons Naturais</b>	<b>Sons Humanos</b>	<b>Máquinas e equipamentos</b>	<b>Sons de tráfego</b>
<b>Incômodo</b>	0,29	0,11	-0,21	-0,21	0,35	0,24
<b>Tranqui- dade</b>	-0,15	-0,29	0,12	0,05	-0,24	-0,28

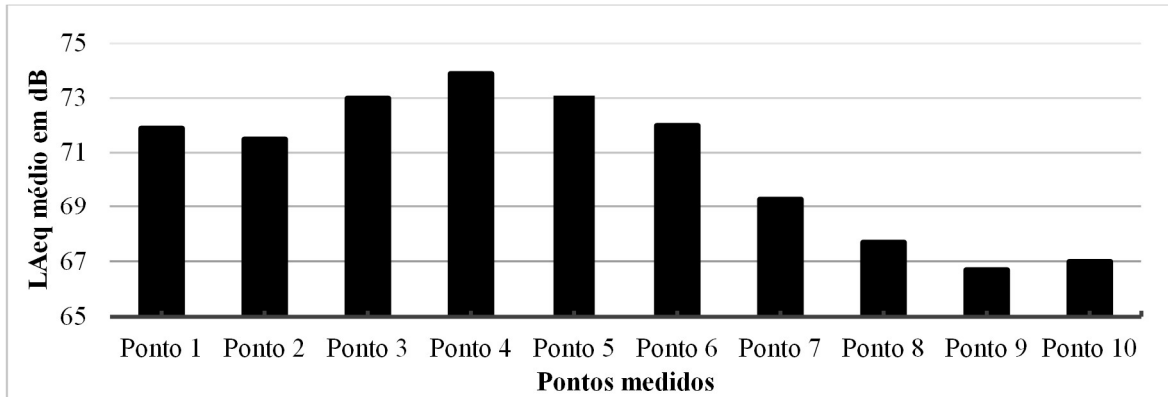
Fonte: Autor (2021).

#### 4.3. DADOS OBJETIVOS

A Figura 34 mostra os resultados absolutos obtidos para o NPS em função dos pontos de coleta dos dados. O valor de cada ponto representa o  $L_{Aeq}$  médio a partir das bandas de 1/3 de oitava. Observa-se que todos os pontos estão acima do valor estipulado pela NBR 10.151 (ABNT, 2019). Vale ressaltar que os Pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (71,9 dB, 71,5 dB, 73 dB, 73,9 dB, 73,1 dB e 72 dB respectivamente) estão acima de 70 dB, nesse estágio o indivíduo fica sujeito a estresse degenerativo e abalos na saúde (WHO, 2011), sendo portanto, evidente a perturbação sonora no ambiente.



Figura 34 -  $L_{Aeq}$  médio [dB] nos pontos de medição



Fonte: Autor (2021).

Observa-se, retomando o mapa de localização dos pontos medidos (Figura 35), que os valores mais altos estão concentrados ao longo da Rua José Bonifácio, caracterizada por fluxo intenso de veículos. A caixa da via em frente ao HCAA, nos pontos de medição, varia de 27,7 m (junto ao ponto 1) a 48 m (junto ao ponto 6). Na Rua Floriano Peixoto, a caixa da via é de 15 m. O Ponto 7, ainda na Rua José Bonifácio, está localizado em uma área recuada da via, com barreiras promovidas por edificações, que influenciam o  $L_{Aeq}$  resultante de 69,3 dB. Já os pontos 8, 9 e 10 estão situados na Rua Floriano Peixoto de mão única, embora também possua um tráfego considerável, não apresenta circulação de veículos pesados, como ônibus e caminhões. A relação entre tráfego e os pontos será apresentada mais à frente na Tabela 9.

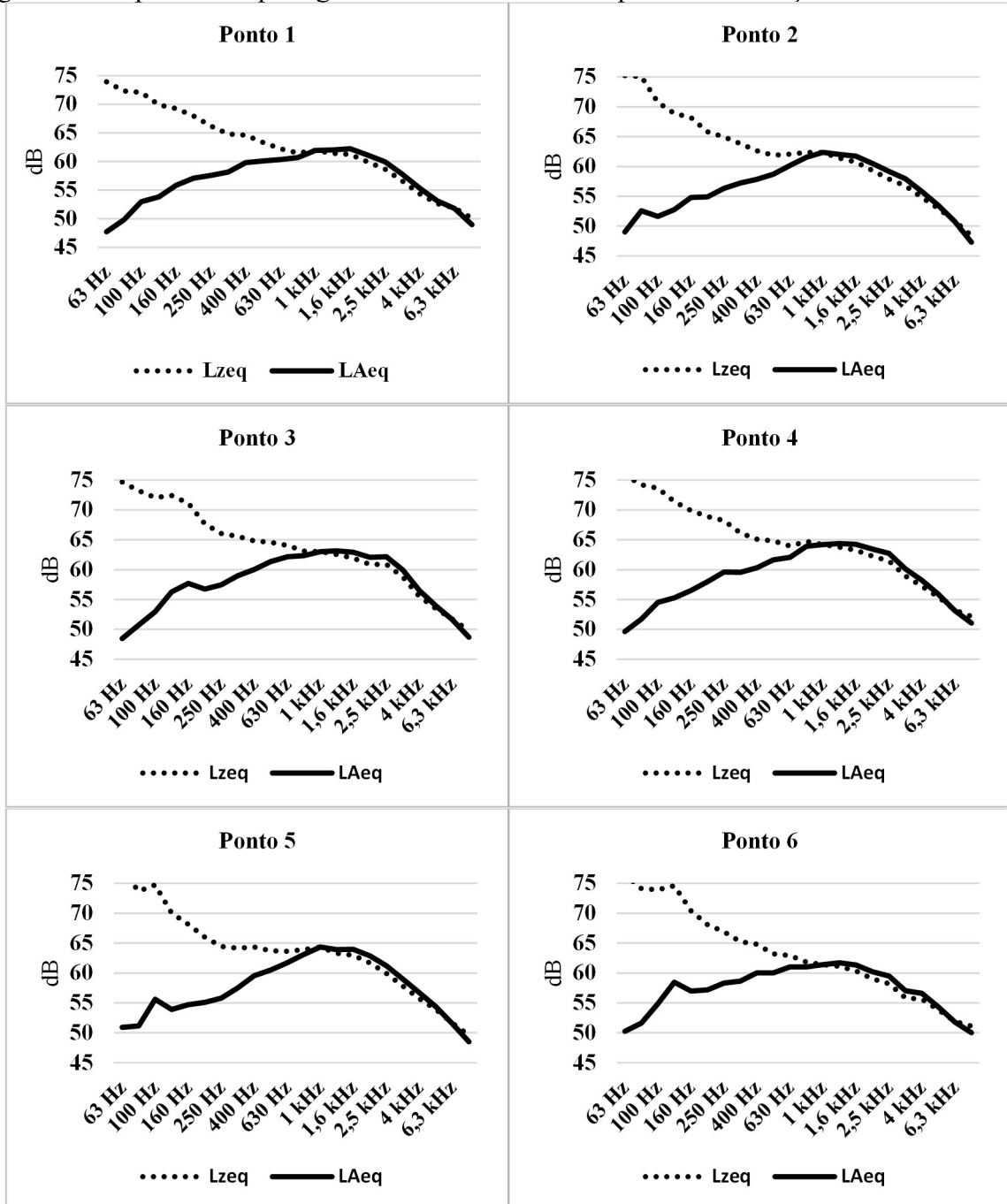
Figura 35 – Localização dos pontos de medição

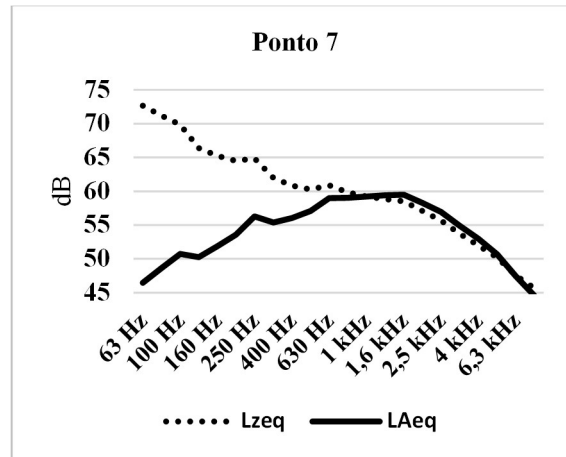


Fonte: Autor (2021).

A Figura 36 mostra os espectros da paisagem sonora nos sete primeiros pontos (Rua José Bonifácio) obtidas através das medições ponto a ponto. O NPS está distribuído por frequências de 1/3 de oitava, no intervalo correspondente à sensibilidade humana ao som.

Figura 36 - Espectros da paisagem sonora referentes aos pontos de medição 1 ao 7





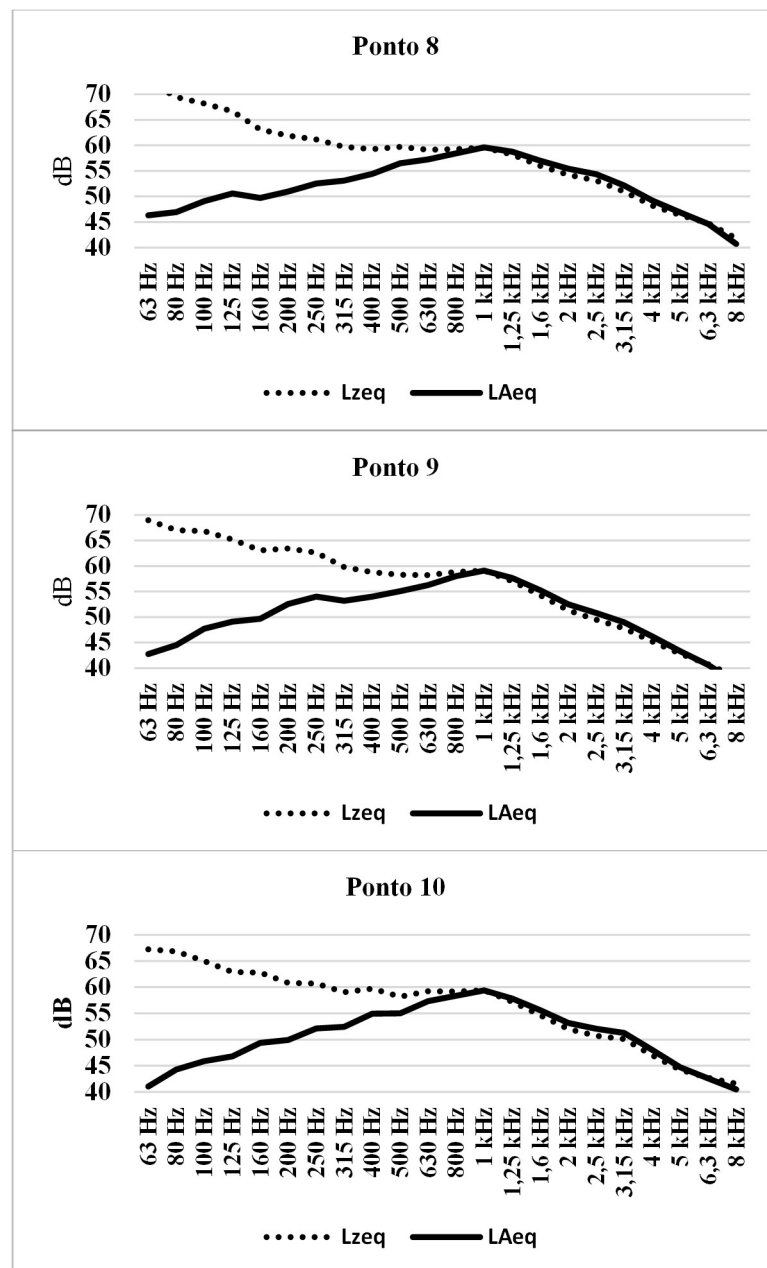
Fonte: Autor (2021).

Observando os espectros dos sete primeiros pontos, percebe-se que os  $L_{Aeq}$  com maior intensidade estão exatamente na faixa de frequência onde a sensibilidade do ouvido humano é maior (1 kHz a 4 kHz). Atendo-se à intensidade sonora, é evidente que os valores medidos estão totalmente fora do normalizado para esse tipo de região, variando de 57 dB a 64 dB. Os valores de  $L_{Aeq}$  previstos na NBR 10151 (ABNT, 2019) para a área de hospitais é de 50 dB diurno e 45 dB noturno. Nota-se que o valor mínimo medido na área está 7 dB acima do recomendado pela norma, isso corresponde a 5 vezes mais intensidade, equivalente a 5 fontes de 50 dB agindo simultaneamente dentro do ambiente.

Os níveis do  $L_{eq}$  dos pontos 1 ao 7 tem suas maiores intensidades nas baixas frequências como pode ser observado na Figura 36, esses valores alcançam altos níveis sonoros e são provenientes dos ruídos gerados pelo tráfego (veículos leves e pesados) e pelos maquinários e equipamentos usados nas construções na região. O ruído de baixa frequência se torna problema de saúde pública quando não afetam unicamente o aparelho auditivo, mas sim todas as estruturas corpóreas do ser humano já que a energia das baixas frequências pode ser absorvida pelo corpo por meio da atenuação causada pelos tecidos e órgãos (PEREIRA; BRANCO, 2007a), nesse sentido o incômodo pode não ser perceptível, mas a sua atuação negativa no organismo humano pode ocorrer.

A Figura 37 mostra a composição espectral da paisagem sonora nos últimos três pontos medidos na rua lateral o Hospital de Caridade Astrogildo de Azevedo (Rua Floriano Peixoto). Há uma queda considerável do NPS, tendo como mínimo e máximo, na região de alta sensibilidade espectral, 50,7 dB e 59,6 dB respectivamente. Pode-se perceber a atuação do ruído do tráfego devido aos altos índices sonoros não ponderados obtidos nas baixas frequências, a mesma influência gerada nos 7 pontos anteriores.

Figura 37 - Espectro da paisagem sonora dos pontos de medição 8, 9 e 10



Fonte: Autor (2021).

A redução que se observa nos gráficos da Figura 37 não é capaz de se adequar à ABNT NBR 10.151. A grande causa dessa redução se deu pelo número de fluxo veicular menor, podemos ver a variação de fluxo veicular na Tabela 9.

Tabela 9 – Fluxo veicular

<b>Contagem do fluxo veicular no período de uma hora</b>						
<b>Data</b>	<b>Ponto de medição</b>	<b>Moto</b>	<b>Leve</b>	<b>Pesado 2 eixos</b>	<b>Pesado 3 eixos ou mais</b>	<b>Total de veículos/h</b>
06/05/2021	4,5 e 7	148	1360	52	0	1560
11/05/2021	6	158	1853	54	2	2067
12/05/2021	1 e 2	144	1400	43	0	1587
13/05/2021	3	120	1603	42	1	1766
25/05/2021	8 e 9	73	880	3	0	956
02/06/2021	10	108	962	0	0	1070
Média dos pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7						1669,6
Média dos pontos 8, 9 e 10						994

Fonte: Autor (2021).

Vale ressaltar que o elevado NPS nos sete primeiros pontos se deu pela grande quantidade de tráfego nessa região, essa via cruza grande parte da cidade recebendo um número expressivo de veículos diariamente. Os pontos 8, 9 e 10 possuem uma média de fluxo veicular aproximadamente duas vezes menor em detrimento dos outros, isso demonstra a influência direta na intensidade sonora menor.

Os índices estatísticos ( $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$ ) representam o NPS excedido durante a porcentagem do tempo (10%, 50% e 90%) como visto na Seção 2.2.5. Para essa análise, tem-se como ruído residual mínimo medido o valor de 56,6 dB e o máximo, 67,3 dB (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores dos níveis de pressão sonora equivalente – 15 min

<b>Valores níveis de pressão sonora em dB nos pontos medidos</b>										
	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.7	P.8	P.9	P.10
$L_{Aeq,15min}$	71,9	71,5	73,0	74,0	73,2	72,0	69,3	67,7	66,7	67,0
Níveis estatísticos de acústica										
$L_{10}$	74,8	74,6	75,7	76,4	76,1	74,5	72,4	70,7	71,1	70,6
$L_{50}$	68,9	68,9	70,4	71,8	69,7	68,9	67,3	65,0	63,0	63,9
$L_{90}$	62,1	63,7	65,6	67,3	64,2	65,4	62,3	58,7	56,6	56,9
$L_{10-L90}$	12,7	10,9	10,1	9,1	11,9	9,1	10,1	12,0	14,5	13,7

Fonte: Autor (2021).

Os valores de ruído residual se mostram muito acima do estipulado para a região. Os pontos 1 ao 7 estão entre 12,1 dB e 17,3 dB acima do limite legal, 50 dB, com amplitude ( $L_{10}-L_{90}$ ) variando entre 9,1 dB e 12,7 dB, pontos estes que estão próximos à outra via chamada Pinheiro Machado, vias separadas apenas por uma praça de formato triangular (Figura 38), que causa o aumento dos valores do NPS medido. Além disso, essa via sofre influência da aceleração e desaceleração veicular promovida pelo semáforo tanto na Rua José Bonifácio quanto na Rua Pinheiro Machado que se juntam em uma das extremidades da praça formando uma avenida. Vale ressaltar novamente que, desde 1998, os índices sonoros no centro de Santa Maria – RS estão a níveis superiores a 60 dB (MENDONÇA, 2009) e diante dos resultados constatou-se que isso ainda ocorre em 2021.

Figura 38 - Configuração das ruas da área de estudo



Fonte: Autor (2021).

Os pontos 8 a 10 têm como ruído residual 58,7 dB, 56,6 dB e 59,6 dB respectivamente, no entanto suas amplitudes são elevadas (12,0 dB, 14,5 dB e 13,7 dB), o que mostra momentos de picos muito ruidosos na região. As amplitudes revelam potenciais incômodos aos indivíduos presentes dentro da paisagem sonora, ressaltando que o ruído gerado durante todo o tempo permanece acima do  $RL_{Aeq}$  incluindo o ruído residual caracterizado pelo  $L_{90}$ .

#### 4.4. MAPEAMENTO ACÚSTICO EM MICROESCALA

A Figura 39 apresenta o mapeamento acústico, em microescala, gerado conforme os procedimentos descritos na Seção 3.4.

Figura 39 - Mapa de ruído em microescala do objeto de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor no software SoudPLAN Essential 5.1 usando imagem de satélite do GOOGLE EARTH (2021).

Na Seção 2.9.6 abordou-se a ABNT NBR 10.151, a qual estabelece os valores de referência limites do  $L_{Aeq}$  para os ambientes externos de acordo com o tipo de área (residencial, industrial, hospitalar e rural). Considerando essa referência, para a área analisada em questão, o valor limite estabelecido é de 50 dB no período diurno. O mapa de ruído mostra que os níveis sonoros resultantes dentro da paisagem sonora do ambiente se acham acima dos limites estabelecidos, principalmente em relação à fachada da edificação, que está numa área que varia entre 60 dB a 75 dB (Figura 39). Vale ressaltar que as vias de tráfego são os grandes causadores de ruídos nessa área, com índices sonoros acima dos normalizados que chegam na marca de 80 dB nas regiões de cruzamento no mapa.

As regiões hospitalares, de acordo com o Código Municipal de Posturas, Lei Complementar nº 92, de 24 de fevereiro de 2012 (SANTA MARIA, 2012), determina que, em 50 m de entorno de áreas hospitalares, deve ser mantido o silêncio. De acordo com a Figura 40, pode-se observar que o objeto de estudo não obedece a essa lei municipal, sendo uma área que sofre influência constante do ruído gerado por meio do fluxo do tráfego.

Figura 40 - Área que deveria ser considerada como zona de silêncio de acordo com a legislação municipal



Fonte: Adaptado de GOOGLE EARTH (2021).

A configuração urbana não obedece às normas vigentes, além disso a falta de áreas verdes densas contribui para a grande propagação do ruído dentro do ambiente de estudo. Destaca-se também a grande verticalização das edificações presentes nessa região acarretando índices elevados de reflexões que contribuem para a deterioração da boa paisagem sonora.

Observa-se que esta área é considerada como sensível e tem como dever produzir uma paisagem sonora que gere restauração e proteja os usuários de ruídos indesejáveis, evitando problemas como o incômodo e o estresse. No entanto, o fluxo contínuo de veículos e pessoas geram ruídos demasiados, sendo o tráfego urbano indicado pela maioria dos entrevistados como o som mais desagradável que têm correspondência direta aos estudos de Axelsson, Nilsson e Berglund (2010). De acordo com as correlações estabelecidas por meio das respostas obtidas no questionário, pode-se afirmar que o índice de incômodo está ligado também aos sons de máquinas e equipamentos, além do tráfego, isso aponta os sons mecânicos como o grande fator para as caracterizações desagradáveis do ambiente sonoro.

Os resultados apontaram que há um índice de tranquilidade alto mesmo com elevados valores do NPS no ambiente, isso se dá pelo fato de que as pessoas se acostumam com os ruídos gerados no ambiente, mesmo que a presença seja notória. O ato de se acostumar aos barulhos intensos (poluição sonora) não diminui a influência negativa no organismo humano,



interferindo de forma cumulativa no bem-estar e saúde humana sem deixar vestígios no ambiente.

A morfologia urbana da região possui áreas verdes com vegetações em quantidades insignificantes para atenuar ou causar o espalhamento efetivo do som, contudo essa vegetação promove uma percepção positiva para o ambiente, considerada por grande parte dos respondentes como sendo o aspecto mais agradável do ambiente. Nesse viés, pode-se afirmar que um ambiente de restauração e descanso não está diretamente ligado ao silêncio, e sim na percepção total do ambiente, que tem os atributos naturais com grande peso em sua caracterização.

Constatou-se, por meio do mapeamento sonoro em microescala, que a região hospitalar é atingida por elevados NPS provenientes dos veículos automotivos e máquinas e equipamentos de construção. Além disso, onde há vias de cruzamento os níveis sonoros são exacerbados superando em até 30 dB o valor preconizado por norma. Denota-se que não há cumprimento da lei municipal vigente, bem como das normas brasileiras para ambientes sonoros. O desempenho acústico urbano positivo se torna frágil diante dessas influências, dependendo de diversos fatores para que a paisagem sonora seja reconhecida como suficientemente agradável para atender aos usuários do local.

A paisagem sonora do objeto de estudo se entende como tendenciosa para um ambiente caótico, já que um número expressivo de respondentes estavam insatisfeitos com o nível sonoro presenciado. Contudo, as características físicas e agradáveis do ambiente juntamente com o contexto em que os respondentes estavam inseridos garantiram uma melhora na percepção de modo geral garantindo que a grande maioria se encontrasse em neutralidade ou satisfeitos com a tranquilidade do ambiente.

Diante disso, pode-se listar orientações de planejamento urbano para a região do complexo hospitalar com o intuito de reduzir as influências sonoras negativas que garantirão uma melhora na qualidade acústica do ambiente, como também na saúde e bem-estar das pessoas. Essa listagem pode partir de dois focos principais: fonte sonora e ambiente.

#### **4.4.1. FONTE SONORA**

Em relações às orientações para as fontes sonoras, tem-se:

- redução da velocidade média permitida nas vias circundantes ao complexo hospitalar no raio de 50 metros;
- promover o uso de pavimento com materiais acústicos absorventes, diminuindo o atrito pneu-pavimento;

- realocação do semáforo que se encontra diretamente em frente ao complexo hospitalar;
- aumento da fiscalização quanto à emissão de ruídos (buzinas, construções, entre outros) na região;
- controle e fiscalização das emissões de ruídos emitidos pelos veículos pesados;
- desvio do fluxo de veículos pesados para transporte de cargas da região central próxima à área do HCAA;
- melhoria do sistema de transporte público e incentivo do seu uso pela população;
- e
- fechamento do cruzamento das duas vias diminuindo o fluxo de veículos.

#### **4.4.2. AMBIENTE**

Em relação aos ambientes, tem-se:

- incentivo financeiro para construções que usem materiais absorventes em suas fachadas;
- promoção de áreas verdes para melhora na percepção da paisagem sonora; e
- evitar construções com grande quantidade de pavimentos, diminuindo a reverberação no ambiente.

O estudo demonstrou que a paisagem sonora não é identificada de maneira direta, vários fatores compõem a sua determinação, os descritores contextuais, de percepção e objetivos são determinantes para o entendimento do ambiente sonoro criado devido às várias variáveis presentes no local de análise. O mapeamento em microescala permite uma acurácia pertinente aos NPS que atuam no local, que possibilita o entendimento das fontes causadoras dos maiores sinais sonoros que causam incômodo, e ainda torna indubitável a necessidade do mapeamento como ferramenta para a investigação e compreensão das paisagens sonoras nos ambientes urbanos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo abarcado nesta dissertação teve como objetivo geral caracterizar a paisagem sonora, por meio de um estudo em microescala, no entorno do Hospital de Caridade Astrogildo de Azevedo, no centro da cidade de Santa Maria, RS. Este equipamento hospitalar atende pessoas de toda a região central do Rio Grande do Sul. O que tornou muito relevante devido à pandemia de COVID-19 que acometeu o mundo todo, tendo suas medições realizadas no ano de 2021 no período de flexibilização da quarentena. A área possui, além do complexo hospitalar, vários serviços (consultórios médicos e odontológicos, clínicas de saúde, laboratórios, farmácias, comércio de produtos hospitalares e ortopédicos, dentre outros) e um elevado fluxo de pessoas que mantém essa parte da cidade de Santa Maria com um alto índice de circulação de pessoas e veículos.

A partir da caracterização da paisagem sonora foi possível constatar que o entorno do HCAA não atende ao recomendado pela ABNT NBR 10.151 (NPS acima de 50 dB) e pela legislação municipal. A avaliação objetiva usou os parâmetros  $L_{eq}$ ,  $L_{Aeq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$  e  $L_{90}$ .

O mapa sonoro foi gerado com os dados objetivos coletados e demonstrou que o fluxo veicular é o grande responsável pelos altos NPS nessa região. Além disso, ficou evidente a influência negativa dos sons gerados na paisagem sonora do entorno do complexo hospitalar.

Para a percepção dos usuários transeuntes do local foi apurado que sua grande maioria considera desagradáveis os sons provenientes do tráfego de veículos e das máquinas e equipamentos. Os sons naturais e humanos foram os que possuíram maior influência no que se refere à tranquilidade, contudo, os resultados quanto ao incômodo não foram muito expressivos, remetendo-se ao fato de que as pessoas se acostumaram com os ruídos e isso gera uma preocupação, já que os efeitos negativos acarretados pelos ruídos são cumulativos.

Finalmente, com base nos levantamentos objetivos e subjetivos foram propostas diretrizes para a área envolvendo as fontes sonoras e as mudanças físicas no ambiente. Essas orientações têm o intuito de promover uma melhora da paisagem sonora do ambiente analisado.

Este estudo conseguiu cumprir com todos os objetivos propostos: identificar os parâmetros acústicos, analisar os resultados com a ABNT NBR 10.151, elaborar o mapa de ruído, caracterizar a percepção sonora pelos usuários do local e propor diretrizes.

Os resultados, embora relativos a um contexto específico, podem colaborar para estudos em microescala de outras áreas dentro das cidades, bem como de zonas sensíveis (zonas escolares e hospitalares).

Ainda não se tem normativas brasileiras específicas para a determinação da qualidade da paisagem sonora, nesse sentido é de grande valia o crescimento de conhecimentos atinentes

a este tema para que haja evolução das discussões e diretrizes que possam nortear estudos com essa temática. Em meio a essa abordagem, sugeriu-se propostas para trabalhos futuros:

- analisar outras zonas urbanas dentro do contexto da paisagem sonora em microescala;
- realizar simulações computacionais com mudanças estruturais e morfológicas que apliquem as leis vigentes como também o plano diretor da cidade de Santa Maria/RS; e
- realizar o mapeamento sonoro da cidade de Santa Maria/RS.

## REFERÊNCIAS

- ALBERT, D. G.; LIU, L. **The effect of buildings on acoustic pulse propagation in an urban environment.** *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 127, n. 3, p. 1335–1346, 2010.
- ALETTA, F. et al. **Exploring the compatibility of “Method A” and “Method B” data collection protocols reported in the ISO/TS 12913-2:2018 for urban soundscape via a soundwalk.** *Applied Acoustics*, v. 155, p. 190–203, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico.** 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.151 Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral.** 2019.
- AXELSSON, Ö.; NILSSON, M. E.; BERGLUND, B. A principal components model of soundscape perception. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 128, n. 5, p. 2836–2846, 2010.
- BARBOSA; ANDRÉ LUIZ SOUZA. **Estudo de Barreiras Acústicas para a Atenuação do Ruído Aeronáutico no Aeroporto de Congonhas em São Paulo.** Universidade de São Paulo, 2015.
- BARROS, M. P. **Poluição sonora e a defesa ambiental: acústica para os agentes jurídico-políticos envolvidos na organização urbana,** 2011.
- BERANEK, L. L.; VER, I. L. **Noise and vibration control engineering.** New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 1992. v. 12
- BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H. **Guidelines of Community Noise.** World Health Organisation, p. 1–161, 1999.
- BISTAFA, S. R. **Acústica Aplicada ao Controle de Ruído.** Blucher, 2006.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle de ruído.** 3ª edição ed. São Paulo: 2018.
- BLAUERT, J. **Spatial hearing: The psychophysics of human sound localization.** 2ª ed. MIT Press, 1997.
- BRAMBILLA, G.; GALLO, V.; ZAMBON, G. **The soundscape quality in some urban parks in Milan, Italy.** *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 10, n. 6, p. 2348–2369, 2013.
- BRANDÃO, E. **Acústica de Salas: projeto e modelagem.** 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2016.
- BRASIL. **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE: resoluções CONAMA,** 1990.
- BRASIL. **Lei Nº 9.605, De 12 De Fevereiro De 1998,** 1998.

- BRE - BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **Sound control for homes**. 1993.
- BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. **Towards standardization in soundscape preference assessment**. *Applied Acoustics*, v. 72, n. 6, p. 387–392, 2011.
- CALIXTO, W. P.; RODRIGUES, C. G. **Poluição Sonora**. Universidade Católica de Goiás, 2004.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **Future noise policy: European commission green paper Noise News International**. Brussels: 1996.
- CORTÊS, M. M.; NIEMAYER, M. L. **O potencial da utilização da ferramenta de mapa de ruído em diferentes escalas de análise**. XII Encontro Nacional e VII Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC, n. 11, p. 87–98, 2014.
- DAVIES, W. J. et al. **Perception of soundscapes: An interdisciplinary approach**. *Applied Acoustics*, v. 74, n. 2, p. 224–231, 2013.
- DE LA PRIDA, D. et al. **Relationship between the geometric profile of the city and the subjective perception of urban soundscapes**. *Applied Acoustics*, v. 149, p. 74–84, 2019.
- DUBOIS, D.; GUASTAVINO, C.; RAIMBAULT, M. **A cognitive approach to urban soundscapes: Using verbal data to access everyday life auditory categories**. *Acta Acustica united with Acustica*, v. 92, n. 6, p. 865–874, 2006.
- ENGEL, M. S. et al. **Perceptual studies on Landscape and Soundscape in Aachen : Healthy Urban Planning Approach**. Madrid: 2019.
- EVEREST, F. A.; POHLMANN, K. C. **Master Handbook of Acoustics**. 5ª edição ed. 2009.
- FERNANDES, J. C. **Acústica e Ruídos**. Bauru/SP: 2002.
- FREES, M. F. R. **Avaliação dos níveis de ruídos em estabelecimentos assistenciais de saúde estudo de caso**. Universidade Federal de Santa Maria, 2006.
- GELFAND, S. A. **Hearing: an introduction to psychological and physiological acoustics**. 6th. ed. CRC Press, 2018.
- GERGES, S. N. Y. **RUÍDO: Fundamentos e Controle**. 2ª ed. Florianópolis: 2000.
- GONÇALVES, P. H.; MATSUNAGA, L. E.; SILVA, M. C.; MIRANDA, N. A. **Análise do ruído de casas noturnas e bares em áreas residenciais de Anápolis-GO e o impacto na vizinhança**. *Revista Mirante*. Anápolis/GO: 2016.
- GUEDES, I. C. M. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro: Um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE)**. Universidade Estadual de Campinas, 2005.
- HALL, D. A. et al. **An exploratory evaluation of perceptual, psychoacoustic and acoustical properties of urban soundscapes**. *Applied Acoustics*, v. 74, n. 2, p. 248–254, 2013.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: óptica e física moderna**. 8. ed. 2009.

- HAN, J.; PEI, J.; KAMBER, M. **Data mining: concepts and techniques**. Elsevier Science, 2011.
- HANSEN, C. H. **Noise control: from concept to application**. London: Taylor & Francis, 2005.
- HERMIDA CADENA, L. F. et al. **Assessing soundscape: Comparison between in situ and laboratory methodologies**. *Noise Mapping*, v. 4, n. 1, p. 57–66, 2017.
- HERMIDA, L.; PAVÓN, I. **Spatial aspects in urban soundscapes: Binaural parameters application in the study of soundscapes from Bogotá-Colombia and Brasília-Brazil**. *Applied Acoustics*, v. 145, p. 420–430, 2019.
- HOLTZ, M. C. DE B. **Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos . Estudo de caso : Parque Villa Lobos , em São Paulo**. Universidade de São Paulo, 2012.
- HONG, J. Y. et al. **Spatial audio for soundscape design: Recording and reproduction**. *Applied Sciences*, v. 7, n. 6, 2017.
- IBGE. **IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: cidades**. Santa Maria, 2010.
- INTERNATIONAL STANDARD. **ISO 9613-2 Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General method of calculation**. 1996.
- INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION. **ISO/BS 12913-1 Acoustics — Soundscape Part 1 : Definition and conceptual framework**. 2014.
- INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION. **ISO/TS 12913-2 Acoustics — Soundscape Part 2 : Data collection and reporting requirements**. 2018.
- ISO. **ISO 1996-1 Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 1: Basic quantities and assessment procedures**. 2016.
- JENNINGS, P.; CAIN, R. **A framework for improving urban soundscapes**. *Applied Acoustics*, v. 74, n. 2, p. 293–299, 2013.
- KANG, J. **Numerical modelling of the sound fields in urban streets with diffusely reflecting boundaries**. *J. Sound Vib.*, v. 258, p. 793–813, 2002.
- KANG, J. **Urban Sound Environment**. Londres Reino Unido: Taylor & Francis, 2007a.
- KANG, J. **Urban Sound Environment**. *Building Acoustics*, v. 14, n. 2, p. 159–160, 2007c.
- KESSLER, F. M.; CROCKER, M. J. **Community noise**. Florida: 1982.
- KOHLSDORF, M. E. **A apreensão da forma da cidade**. Brasília: 1996.
- KWITKO, A. **Coletânea n.1: PAIR, PAIRO, EPI, EPC, PCA, CAT, PERÍCIAS, REPARAÇÃO e outros tópicos sobre audiologia ocupacional**. São Paulo: LTr, 2001.
- LEAL, G. C. S. DE G.; FARIAS, M. S. S. DE; ARAUJO, A. DE F. **O Processo De Industrialização E Seus Impactos No Meio Ambiente Urbanono, Ambiente**. *Qualitas Revista Eletrônica*, v. 7, n. 1, p. 1–11, 2008.

- LICITRA, G. **Noise Mapping in the EU : models and procedures**. Taylor & Francis, 2012.
- MAIA, P. A. **Estimativa de exposições não contínuas a ruído: desenvolvimento de um método e validação na Construção Civil**. Universidade Estadual de Campinas, 2001.
- MARIS, E. et al. **Noise within the social context: Annoyance reduction through fair procedures**. The Journal of the Acoustical Society of America, v. 121, n. 4, p. 2000–2010, 2007.
- MENDONÇA, E. C. **Ruído em Santa Maria - RS a contribuição do tráfego veicular em área mista (Residencial / Comercial)**. Universidade Federal de Santa Maria, 2009.
- MINISTERE DES TRANSPORTS. **Guide du bruit des transports terrestres - Prévision des niveaux sonores**. Bagnaux, France: 1980.
- MURGEL, E. **Fundamentos de acústica ambiental**. SENAC, 2007.
- NASCIMENTO, S. A. et al. **Espectro sonoro da flauta transversal**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 2, p. 6, 2015.
- NAVARRO, W. C. K. **Estudo da paisagem sonora no projeto arquitetônico e no urbanismo**. São Paulo: 2014.
- NGUYEN, T. A. **Caractérisation des particularités dominantes de la morphologie urbaine à travers l'environnement sonore**. L'université Bordeaux, 2007.
- OLDHAM, D. J.; RADWAN, M. M. **Sound Propagation in City Streets**. Building Acoustics, v. 1, p. 65–88, 1994.
- ONAGA, H.; RINDEL, J. H. **Acoustic characteristics of urban streets in relation to scattering caused by building facades**. Applied Acoustics, v. 68, p. 310–325, 2007.
- OUIS, D. **Annoyance caused by exposure to road traffic noise: An update**. Noise & Health, v. 4, n. 15, p. 69–79, 2002.
- PAINI, D. et al. **The acoustics of public squares/places: a comparison between results from a computer simulation program and measurements in situ**. Inter-Noise 2004, p. 1–8, 2004.
- PAINI, D.; GADE, A. C.; RINDEL, J. H. **Agorá Acoustics-Effects of arcades on the acoustics of public squares**. Budapeste, Hungria: 2005.
- PAIXÃO, D.; ALVES, A.; GAIDA, C. **O Estudo do Impacto de Vizinhança (EIV) Relativo à Ocorrência de Emissões Sonoras**. Acústica e Vibrações, v. 47, p. 80–87, 2015.
- PARLAMENTO EUROPEU E CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. **Directiva 2002/49/CE relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente** Jornal Oficial das Comunidades Europeias. 2002.
- PAYNE, S. R. **The production of a perceived restorativeness soundscape scale**. Applied Acoustics, v. 74, n. 2, p. 255–263, 2013.
- PEREIRA, M. A.; BRANCO, N. A. A. C. **Vibroacoustic disease: Biological effects of infrasound and low-frequency noise explained by mechanotransduction cellular signaling**.



Progress in Biophysies & Molecular Biology, v. 93, p. 256-279, 2007.

PÉREZ-MARTÍNEZ, G.; TORIJA, A. J.; RUIZ, D. P. **Soundscape assessment of a monumental place: A methodology based on the perception of dominant sounds.** Landscape and Urban Planning, v. 169, p. 12–21, 2018.

PICAUT, J. et al. **Experimental study of sound propagation in a street.** Applied Acoustics, v. 66, p. 149–173, 2005.

PICAUT, J.; SIMON, L.; HARDY, J. **Sound field modeling in streets with a diffusion equation.** J. Acoust. Soc. Am., v. 106, p. 2638–2645, 1999.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. **Lei complementar nº 92, de 24 de fevereiro de 2012,** 2012.

RENTERGHEM, T. VAN; BOTTELDOOREN, D. **Meteorological influence on sound propagation between adjacent city canyons : A real-life experiment.** The Journal of the Acoustical Society of America, v. 127, n. 6, p. 3335–3346, 2010.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual nº 11.520, de 03 de agosto de 2000,** 2000.

ROCHA, R. B. E. D. S. DA. **A acústica do detalhe : o desempenho acústico urbano a partir dos detalhes da forma das edificações.** Universidade Estadual de Campinas, 2018.

ROCHA, R. E. DA; BERTOLI, S. R.; MAIORINO, A. V. **Reducing geometry or detailing? Comparison between measured and modeled microscale urban spaces.** Buenos Aires, Argentina: 2016.

ROCHA, R. E. DA; MAIORINO, A. V.; BERTOLI, S. R. **Accuracy of computer simulation software using hybrid models for microscale urban environments.** Buenos Aires, Argentina: 2016.

ROCHA, R. E.; BERTOLI, S. R. **A acústica urbana e suas escalas de investigação.** Acústica e Vibrações, v. 48, p. 29–44, 2016.

RODRIGUES, R. A. **Caracterização das paisagens sonoras em três jardins / parques de Lisboa.** 2015.

ROTT, J. A. A. **Mapa simplificado de ruídos para a cidade de Porto Alegre.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

RUAS, Á. C. **Conforto térmico em locais de trabalho.** São Paulo: 1999.

RUSSO, I. C. P. **Ruídos, seus efeitos e medidas preventivas.** In: Acústica e psicoacústica aplicada à fonoaudiologia. 2ª Edição ed. São Paulo: 1997.

SCHAFER, M. **The Tuning of the World.** New York: 1977.

SCHOMER, P. et al. **On Efforts to standardize a graphical description of the soundscape concept.** INTERNOISE 2010. Lisboa, 2010.

SCHULTE-FORTKAMP, B.; LERCHER, P. **The importance of soundscape research for**

**the assessment of noise annoyance at the level of the community.** TecniAcustica, 2003.

SILVEIRA, T. L. C. da. **Incômodos na vizinhança durante a construção de prédios e o impacto do ruído.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, p. 106, 2016.

SINGAL, S. P. **Noise pollution and Control Strategy.** Oxford: Alpha Science International Ltd, 2005a.

SFU. **The world soundscape project.** Seção World Soundscape Project information. Disponível em: <<http://www.sfu.ca/sonic-studio-webdav/WSP/index.html>>. Acesso em: 28 de agosto de 2019.

SINGAL, S. P. **Noise pollution and control strategy.** Alpha Science International Ltd, 2005b.

SINGH, N.; DAVAR, S. C. **Noise Pollution-Sources, Effects and Control.** Journal of Human Ecology, v. 16, n. 3, p. 181–187, 24 nov. 2004.

SOUSA, D. DA S. DE. **Instrumentos de gestão de poluição sonora para a sustentabilidade das cidades brasileiras.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

SOUZA, L. C. L. DE; ALMEIDA, M. G. DE; BRAGANÇA, L. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica ouvindo a Arquitetura.** São Carlos/SP: 2012.

SUN, K. et al. Effect of interaction between attention focusing capability and visual factors on road traffic noise annoyance. **Applied Acoustics**, v. 134, n. January, p. 16–24, 2018.

SUN, K. et al. Classification of soundscapes of urban public open spaces. **Landscape and Urban Planning**, v. 189, n. July 2018, p. 139–155, 2019.

THOMPSON, S. K. **Sampling.** 3 ed. 2012.

TOCHETTO, D. **SANTA MARIA: Uma história precursora do Planejamento Urbano no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: 2016.

TORRES, M. A.; KOZEL, S. **Paisagens sonoras: Possíveis caminhos aos estudos culturais em geografia.** RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise, n. 20, p. 123–132, 2010.

TRUAX, B. **Handbook for acoustic ecology.** WORLD SOUNDSCAPE PROJECT, 1978.

VALADARES, V. M. **Ruído de tráfego veicular em corredores de transporte urbano: estudo de caso em Belo Horizonte, MG.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 140, 1997.

VER, I. L.; BERANEK, L. L. **Noise and Vibration Control Engineering.** 2 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.

VOLANDER, M. **Auralization.** Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008.

VUOLO, J. H.; FRANCO, H. **Audição humana.** Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 2004.

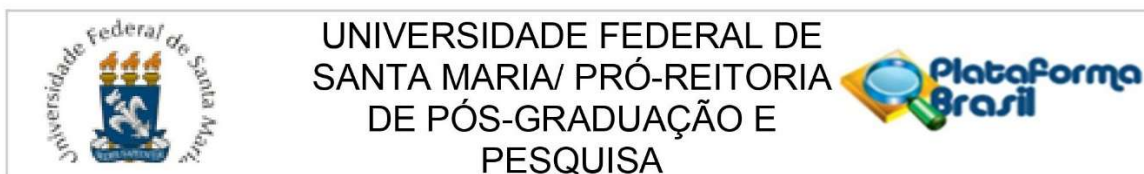
WHO. **Environmental noise guidelines for the European Region.** 2011.

WHO. **Environmental noise guidelines for the European Region**. 2018.

ZAJARKIEWICCH, D. F. B. **Poluição sonora urbana : principais fontes. Aspectos jurídicos e técnicos**. [s.l.] Pontificia Universidade Católica de São Paulo, 2010.

ZANNIN, P. H. T. et al. **A survey of urban noise annoyance in a large Brazilian city: The importance of a subjective analysis in conjunction with an objective analysis**. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 23, n. 2, p. 245–255, 2003.

## APÊNCICE I


 UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
 SANTA MARIA/ PRÓ-REITORIA  
 DE PÓS-GRADUAÇÃO E  
 PESQUISA

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**
**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Análise da paisagem sonora no entorno do Hospital Astrogildo de Azevedo, Santa Maria/RS

**Pesquisador:** Giane de Campos Grigoletti

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 39034720.1.0000.5346

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Santa Maria/ Pró-Reitoria de Pós-Graduação e

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 4.390.549

**Apresentação do Projeto:**

A pesquisa será aplicada, transversal, de natureza quali-quantitativa, observacional, com análise descritiva dos dados. As unidades de análise serão os usuários do ambiente estudado, que estejam dentro dos requisitos exigidos da pesquisa. Serão aplicados um instrumento de levantamento dos dados qualitativos. Ocorrerá no segundo semestre letivo de 2020 a aplicação dos questionários, serão distribuídos de forma impressa aos usuários dos locais no mesmo momento da coleta dos dados físicos. Serão levantados dados a respeito do sentimento de conforto dos usuários no ambiente de estudo. Primeiramente os dados coletados serão a respeito da frequência, permanência e motivação, a seguir, será obtidas informações da qualidade geral do ambiente e, por último, sobre a percepção sonora. Os dados quantitativos do ambiente serão levantados pelo pesquisador durante o momento de aplicação dos questionários às pessoas presentes no ambiente de estudo. Sendo as informações qualitativas fornecidas pelos respondentes.

**Objetivo da Pesquisa:**

Caracterizar em microescala a faixa da Rua José Bonifácio em frente ao complexo do Hospital Astrogildo de Azevedo (HCAA), localizado no centro da cidade de Santa Maria/RS.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos: é possível que aconteçam desconfortos ou riscos como cansaço, estresse,

**Endereço:** Av. Roraima, 1000 - prédio da Reitoria - 7º andar - sala 763

**Bairro:** Camobi

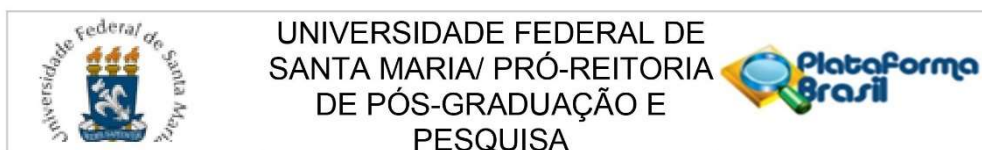
**CEP:** 97.105-970

**UF:** RS

**Município:** SANTA MARIA

**Telefone:** (55)3220-9362

**E-mail:** cep.ufsm@gmail.com



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA MARIA/ PRÓ-REITORIA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO E  
PESQUISA**

Continuação do Parecer: 4.390.549

constrangimento. Para evitar a ocorrência desse tipo de incômodo, será garantida a possibilidade de suspender a aplicação do questionário, de não aceitar participar ou de retirar a permissão a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo pela sua decisão.

Benefícios: os benefícios esperados com os resultados são: servir de subsídio ao plano diretor e ao mapeamento acústico da cidade, possibilitando a análise mais cuidadosa de novos centros de saúde dentro da cidade e também dos critérios mitigadores da poluição sonora nessas regiões, assim como promover medidas que tragam bem-estar e conseqüentemente uma melhora na saúde das pessoas.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos atendem as exigências do comitê.

**Recomendações:**

Veja no site do CEP - <http://w3.ufsm.br/nucleodecomites/index.php/cep> - na aba "orientações gerais", modelos e orientações para apresentação dos documentos. **ACOMPANHE AS ORIENTAÇÕES DISPONÍVEIS, EVITE PENDÊNCIAS E AGILIZE A TRAMITAÇÃO DO SEU PROJETO.**

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1645473.pdf	08/10/2020 16:59:51		Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_assinada.pdf	08/10/2020 16:59:03	Giane de Campos Grigoletti	Aceito
Outros	Formulario_para_apresentacao_de_pendencias.doc	08/10/2020 10:51:26	Giane de Campos Grigoletti	Aceito
Outros	Termo_de_confidencialidade.pdf	08/10/2020 10:50:55	Giane de Campos Grigoletti	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TCLE.pdf	08/10/2020 10:50:22	Giane de Campos Grigoletti	Aceito

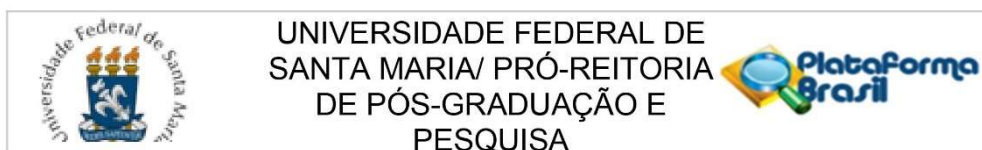
**Endereço:** Av. Roraima, 1000 - prédio da Reitoria - 7º andar - sala 763

**Bairro:** Camobi **CEP:** 97.105-970

**UF:** RS **Município:** SANTA MARIA

**Telefone:** (55)3220-9362

**E-mail:** cep.ufsm@gmail.com



UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SANTA MARIA/ PRÓ-REITORIA  
DE PÓS-GRADUAÇÃO E  
PESQUISA

Continuação do Parecer: 4.390.549

Ausência	TCLE.pdf	08/10/2020 10:50:22	Giane de Campos Grigoletti	Aceito
Outros	projeto_67195.pdf	08/10/2020 10:49:50	Giane de Campos Grigoletti	Aceito
Brochura Pesquisa	PROJETO_DE_PESQUISA_CEP.pdf	08/10/2020 10:49:32	Giane de Campos Grigoletti	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DE_PESQUISA_CEP_detal hado.pdf	08/10/2020 10:49:20	Giane de Campos Grigoletti	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SANTA MARIA, 10 de Novembro de 2020

---

**Assinado por:**  
**CLAUDEMIR DE QUADROS**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Av. Roraima, 1000 - prédio da Reitoria - 7º andar - sala 763  
**Bairro:** Camobi **CEP:** 97.105-970  
**UF:** RS **Município:** SANTA MARIA  
**Telefone:** (55)3220-9362 **E-mail:** cep.ufsm@gmail.com

## APÊNDICE II

23/08/2021

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

# Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Por meio desta pesquisa pretende-se caracterizar a paisagem sonora em microescala na faixa da Rua José Bonifácio em frente ao complexo do Hospital Astrogildo de Azevedo (HCAA) a partir do levantamento dos dados a respeito do conforto dos usuários nesse ambiente. Acreditamos que ela seja importante porque os resultados podem servir de subsídio ao plano diretor e ao mapeamento acústico da cidade, possibilitando a análise mais cuidadosa de novos centros de saúde dentro da cidade e também dos critérios mitigadores da poluição sonora nessas regiões, assim como promover medidas que tragam bem-estar e consequentemente uma melhora na saúde das pessoas. A metodologia ela conta de uma abordagem objetiva e subjetiva. Para o desenvolvimento deste estudo será feito o seguinte: levantamento bibliográfico a respeito do tema; medições sonoras in situ dos dados físicos necessários; confecção de mapas de ruído; aplicação de questionários aos usuários para levantamento dos dados a respeito do estado de conforto; e cruzamento, análise e síntese dos resultados obtidos fazendo a junção dos dados objetivos e subjetivos.

Sua participação será como colaborador voluntário, você não receberá benefício financeiro. A aplicação dos questionários será feita no mesmo local de abordagem. É possível que aconteçam os seguintes desconfortos ou riscos: cansaço, estresse, constrangimento. Para evitar a ocorrência desse tipo de incômodo, fica garantida a possibilidade de suspender a aplicação do questionário, de não aceitar participar ou de retirar sua permissão a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo pela sua decisão. Os benefícios diante dos resultados do estudo podem fornecer maneiras de uma melhora acústica local, trazendo um bem-estar maior aos usuários e consequentemente uma melhora em sua saúde, assim como servir de subsídio ao plano diretor e ao mapeamento acústico da cidade.

Durante todo o período da pesquisa você terá a possibilidade de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento. Para isso, entre em contato com algum dos pesquisadores ou com o Comitê de Ética em Pesquisa. As informações desta pesquisa são confidenciais e poderão ser divulgadas, apenas, em eventos ou publicações, sem a identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação. Os questionários serão transcritos e todas as informações coletadas serão mantidas em arquivo físico e digital, sob guarda do pesquisador responsável, por um período de 5 anos após o término da pesquisa. Os gastos necessários para sua participação na pesquisa serão assumidos pelos pesquisadores. Fica, também, garantida indenização em casos de danos comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa.

---

\*Obrigatório

23/08/2021

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

1. Diante das explicações você acha que está suficientemente informado(a) a respeito da pesquisa que será realizada e concorda de livre e espontânea vontade em participar, como colaborador? \*

*Marcar apenas uma oval.*

Sim *Pular para a pergunta 2*

Não

Questionário  
UFSM

Prezado respondente, este questionário faz parte da pesquisa de mestrado intitulada "Análise da paisagem sonora, em microescala, no entorno de uma área sensível com grande fluxo de pessoas e serviços na cidade de Santa Maria/RS.", desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (UFSM), que tem como objetivo levantar dados a respeito do conforto dos usuários nesse ambiente.

2. Idade \*

*Marque todas que se aplicam.*

< 20

20-35

36-50

51-65

66-80

> 80

3. Sexo \*

*Marcar apenas uma oval.*

Masculino

Feminino



23/08/2021

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

## 4. Escolaridade \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Ensino fundamental
- Ensino médio
- Graduação
- Mestrado
- Doutorado

## 5. Com que frequência você costuma vir/passar nesse local? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- 1 vez na semana
- 2 vezes na semana
- 3 vezes na semana
- 4 vezes na semana
- 5 vezes ou mais na semana

## 6. Bairro onde mora? \*

---

## 7. Quanto tempo você costuma permanecer nesse ambiente? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Menos de 1 hora
- De 1 a 2 horas
- Mais de 2 horas

23/08/2021

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

8. O que lhe motivou estar aqui hoje? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Atividade física
- Comércio
- Serviços
- Manutenção/limpeza
- Outros

9. Em relação à infraestrutura do ambiente, como você avalia este local? Numa escala de 1 (muito INSATISFEITO) a 5 (muito SATISFEITO). \*

*Marcar apenas uma oval.*

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Em relação à estética visual, como você avalia o ambiente? Numa escala de 1 (muito INSATISFEITO) a 5 (muito SATISFEITO), \*

*Marcar apenas uma oval.*

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Qual o aspecto mais agradável nesse local? \*

---

---

---

---

---

23/08/2021

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

12. Qual o aspecto mais desagradável nesse ambiente? \*

---

---

---

---

---

13. Quais os tipos de sons que você escuta nesse ambiente? 1 (NÃO ESCUTA), 2 (ESCUA POUCO), 3 (ESCUA COM CLAREZA), 4 (ESCUA MUITO) e 5 (DOMINA COMPLETAMENTE O AMBIENTE). \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5
Sons de tráfego	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5
Sons de máquinas e equipamentos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5
Sons Humanos (conversa, gritos, passos, etc)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

23/08/2021

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

16. \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5
Sons naturais (pássaros, cães, vento, etc)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5
Outros tipos de sons	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Quais desses sons você os considera DESAGRADÁVEL? \*

---

---

---

---

---

19. Quais desses sons você os considera AGRADÁVEL? \*

---

---

---

---

---

23/08/2021

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

20. Como você avalia o volume dos sons desse ambiente? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Não tinha percebido
- Baixo
- Normal
- Alto
- Muito alto

21. Este volume sonoro lhe incomoda? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
NÃO incomoda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	incomoda MUITO

22. Como você avalia a tranquilidade desse ambiente? \*

*Marcar apenas uma oval.*

	1	2	3	4	5	
Muito INSATISFEITO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito SATISFEITO

---

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários