

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA DE ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE UM  
CORPO D'ÁGUA NA PAISAGEM SONORA URBANA: ESTUDO DE CASO NA  
CIDADE DE PIRACICABA - SP**

**MARIA EUGÊNIA FERNANDES**

**SÃO CARLOS**  
**2024**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA**

**PROPOSIÇÃO DE METODOLOGIA DE ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE UM  
CORPO D'ÁGUA NA PAISAGEM SONORA URBANA: ESTUDO DE CASO NA  
CIDADE DE PIRACICABA - SP**

**MARIA EUGÊNIA FERNANDES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Érico Masiero

São Carlos

2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana

---

**Folha de Aprovação**

---

Defesa de Tese de Doutorado da candidata Maria Eugênia Fernandes, realizada em 01/03/2024.

**Comissão Julgadora:**

Prof. Dr. Érico Masiero (UFSCar)

Profa. Dra. Maria Lucia Gondim da Rosa Oiticica (UFAL)

Profa. Dra. Ranny Loureiro Xavier Nascimento Michalski (USP)

Profa. Dra. Elisabeth de Albuquerque Cavalcanti Duarte Gonçalves (UFAL)

Profa. Dra. Stelamaris Rolla Bertoli (UNICAMP)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que me guiou durante todo esse processo e me permitiu ir sempre mais além do que eu esperava que pudesse;

À minha família, pela presença e apoio, especialmente ao meu irmão, cunhada e à minha sobrinha, que é o amor da minha vida.

À minha mãe, cujo apoio e incentivo foram essenciais para que eu pudesse trilhar esse caminho. Agradeço, ainda, pela compreensão, paciência e amor, que são alicerces de todo o meu caminho;

Ao meu orientador Prof. Dr. Érico Masiero, pela oportunidade, pela paciência, generosidade e disponibilidade, por todas as orientações e sugestões, desde a ideia inicial desse trabalho;

Ao Prof. Paulo Zannin pelas contribuições na banca de qualificação e às Profas. Maria Lucia, Elisabeth, Ranny e Stelamaris por gentilmente aceitarem participar da banca de defesa, pela disponibilidade em analisar o trabalho e pelas contribuições para essa pesquisa;

À Alê, por todo o apoio desde o mestrado em todas as fases, especialmente durante as etapas de coleta dessa pesquisa;

Ao Kowalski, por ter sido um irmão, por todas as horas de conversa ao telefone, pela troca de ideias e discussões, pelos conselhos pessoais e profissionais;

À Kathrin, pelo apoio e incentivo na reta final e por tornar meus dias mais leves e felizes;

Aos amigos da vida que me apoiaram em mais essa etapa e compreenderam as ausências, em especial Juliana, Thais, Roberta, Tati e Simone;

Aos amigos que fiz durante o período na Itália: Samira, Ainoor, Noor, João e Silvia, por me receberem, me incluírem, ensinarem e compartilharem tanto comigo; Ju, Fran e Lorena por todos os momentos (e vinhos) compartilhados e por serem um pedacinho de casa nos momentos de saudade;

Aos Professores Luigi Maffei e Massimiliano Masullo, por me receberem durante o doutorado sanduíche no Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale, da Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli", e por todo o suporte e orientação durante minha estadia na Itália. Ao Prof. Masullo também pela ajuda com o cálculo das métricas psicoacústicas;

Ao Prof. Bruno Masiero, pela enorme generosidade em emprestar os equipamentos para gravações dos áudios binaurais e auxílio na calibração;

Aos colegas do PPGEU e do NUPA e ao Alex, por todas as conversas e esclarecimentos de dúvidas;

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para essa pesquisa;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro através do Programa de Demanda Social (DS) e do Programa Institucional de Internacionalização (PrInt).

A todos vocês, meu sincero obrigada. Este trabalho não teria sido possível sem o apoio valioso de cada um e sem a graça divina que permeia todas as realizações.

## RESUMO

### **Proposição de metodologia de análise da influência de um corpo d'água na paisagem sonora urbana: estudo de caso na cidade de Piracicaba - SP**

A crescente urbanização contribui para problemas de saúde, sendo a poluição sonora, principalmente causada pelo ruído de trânsito, um dos principais incômodos, levando a distúrbios, incluindo do sono. Pesquisas sobre a paisagem sonora, que consideram o contexto e a percepção dos usuários, têm melhorado a qualidade acústica urbana, especialmente pelo potencial de mascaramento de fontes sonoras positivas sobre o ruído de trânsito. Esta pesquisa propõe uma metodologia para analisar a influência de corpos d'água na paisagem sonora urbana, por meio de medições do nível de pressão sonora e avaliações de percepção de usuários ao redor de um rio urbano em Piracicaba-SP, considerando variações sazonais da vazão. Foram aplicados questionários para verificar a percepção dos usuários e o cálculo de parâmetros acústicos e psicoacústicos. As principais fontes sonoras identificadas foram água, trânsito e canto do pássaros. Os níveis sonoros nos pontos avaliados estão acima do limite da norma ABNT NBR 10151, mas apenas no ponto com trânsito intenso, esse resultado coincide com a percepção dos usuários. Embora os respondentes percebam diferenças nos pontos com trânsito intenso, a tolerância foi alta em todos os pontos, mesmo com elevados níveis de pressão sonora. As variações sazonais influenciam a percepção de conforto, tolerância e agradabilidade, sendo mais positivas durante a seca. No entanto, nos pontos com presença de trânsito intenso e moderado a percepção negativa foi amenizada durante a cheia. Ouvir mais o som da água está associado a ambientes sonoros mais positivos. Assim, a pesquisa confirma a hipótese de que sons naturais melhoram a qualidade da paisagem sonora e aumentam a tolerância dos usuários ao ambiente sonoro urbano.

**Palavras-chave:** paisagem sonora, sons de água, fontes positivas, mascaramento, psicoacústica.

## ABSTRACT

### **Proposal of a methodology for analyzing the influence of a body of water on the urban soundscape: a case study in the city of Piracicaba - SP**

Growing urbanization contributes to health problems, with noise pollution, mainly caused by traffic noise, being a major nuisance leading to disturbances, including sleep disorders. Research on soundscapes that considers the context and user perception has improved urban acoustic quality, especially due to the masking potential of positive sound sources over traffic noise. This research proposes a methodology to analyze the influence of bodies of water on the urban soundscape through sound pressure level measurements and user perception evaluations around an urban river in Piracicaba-SP, considering seasonal variations in water flow. Questionnaires were administered to assess user perception and to calculate acoustic and psychoacoustic parameters. The main sound sources identified were water, traffic, and birdsong. The sound levels at the evaluated points are above the ABNT NBR 10151 standard limit, but only at the point with intense traffic does this result coincide with user perception. Although respondents perceive differences at points with intense traffic, tolerance was high at all points, even with elevated sound pressure levels. Seasonal variations influence the perception of comfort, tolerance, and pleasantness, being more positive during the dry season. However, at points with intense and moderate traffic, negative perceptions were mitigated during the wet season. Hearing more water sounds is associated with more positive sound environments. Thus, the research confirms the hypothesis that natural sounds improve soundscape quality and increase user tolerance to the urban sound environment.

**Keyword:** soundscape, water sounds, positive sources, masking, psychoacoustics

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Processo de avaliação pela abordagem da paisagem sonora .....	18
Figura 2-2: Classificação das fontes sonoras.....	20
Figura 2-3: Modelo de avaliação da qualidade afetiva percebida .....	22
Figura 2-4: Ferramentas de avaliação da paisagem sonora .....	23
Figura 2-5: Conceito de psicoacústica.....	27
Figura 2-6: Regiões da membrana basilar excitadas de acordo com a frequência .....	30
Figura 2-7: Aumento do limiar da audibilidade em função do mascaramento .....	30
Figura 2-8: Nuvens de palavras sobre a temática da paisagem sonora no Brasil: (a) pesquisas em geral; (b) pesquisas relacionadas ao ambiente urbano.....	36
Figura 2-9: Utilização dos termos ao longo do tempo.....	37
Figura 3-1: Esquema das etapas de trabalho .....	45
Figura 3-2: Localização da cidade de Piracicaba - SP (Latitude: -22° 43' 59" S, Longitude: -47° 38' 51" W). .....	46
Figura 3-3: Rio Piracicaba cortando o município de Piracicaba-SP .....	47
Figura 3-4: Características do entorno imediato.....	48
Figura 3-5: Pontos turísticos ao redor da área de estudo.....	49
Figura 3-6: Denominação dos pontos.....	51
Figura 3-7: Ponto TI1+A .....	52
Figura 3-8: Ponto TI2+A .....	52
Figura 3-9: Ponto TM1+A.....	53
Figura 3-10: Ponto TM2+A.....	53
Figura 3-11: Ponto TL+A.....	53
Figura 3-12: Ponto A1 .....	54
Figura 3-13: Ponto A2 .....	54
Figura 3-14: Sistema de aquisição de áudio .....	57
Figura 3-15: Dados inseridos no Qgis® .....	59
Figura 3-16: Interpolação IDW .....	60
Figura 3-17: Sobreposição de mapas.....	62
Figura 3-18: Variância explicada por dimensão.....	66
Figura 3-19: Contribuição das categorias nas dimensões 1 e 2.....	67
Figura 4-1: Análise por bandas de 1/3 de oitava .....	71
Figura 4-2: Parâmetros psicoacústicos .....	72
Figura 4-3: Fontes sonoras observadas.....	73
Figura 4-4: Avaliação de positividade das fontes.....	74
Figura 4-5: Percepção dos usuários .....	75
Figura 4-6: Conforto.....	76
Figura 4-7: Tolerância .....	77
Figura 4-8: Agradabilidade.....	78
Figura 4-9: Atributos da qualidade afetiva percebida .....	79
Figura 4-10: Qualidade afetiva percebida .....	80
Figura 4-11: Mapas de fontes sonoras .....	81
Figura 4-12: Mapa da positividade sonora .....	82
Figura 4-13: Mapa da percepção sonora.....	83
Figura 4-14: Mapas de Conforto, Tolerância e Agradabilidade.....	84
Figura 4-15: Mapa de qualidade sonora .....	85
Figura 4-16: Mapa de ruído .....	86
Figura 4-17: Diferença do nível e vazão do rio entre seca e cheia.....	87
Figura 4-18: Diferença de nível de pressão sonora e descritores estatísticos entre seca e cheia .....	88

Figura 4-19: Distribuição das respostas de percepção dos sons de água (a) e trânsito (b) nos pontos analisados, nos períodos de cheia e seca.....	91
Figura 4-20: Distribuição das respostas de Percepção de Volume Sonoro nos pontos analisados, nos períodos de cheia e seca .....	92
Figura 4-21: Distribuição dos votos de Percepção de Conforto (a), Tolerância (b) e Agradabilidade (c) nos pontos analisados, nos períodos de cheia e seca .....	93
Figura 4-22: Mapa Perceptual: Variáveis .....	104
Figura 4-23: Mapa Perceptual: Variáveis e observações.....	105
Figura 4-24: Matriz de correlação entre fontes sonoras e parâmetros acústicos / psicoacústicos. ....	106
Figura 4-25: Matriz de correlação entre percepção e parâmetros psicoacústicos. ....	107
Figura 4-26: Matriz de correlação entre parâmetros da qualidade afetiva percebida e parâmetros psicoacústicos. ....	108

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2-1 - Resoluções do CONAMA sobre ruído.....	15
Tabela 2-2 - Resoluções do CONTRAN sobre ruído .....	16
Tabela 2-3 - Métricas e valores únicos representativos.....	27
Tabela 2-4 – Trabalhos brasileiros encontrados em bases de dados .....	38
Tabela 2-5 – Trabalhos brasileiros encontrados em outras pesquisas e anais de congresso ....	41
Tabela 3-1 – Fator de equivalência por veículos .....	50
Tabela 3-2 - Caracterização dos pontos.....	51
Tabela 3-3 – Notação para tabelas de contingência .....	63
Tabela 3-4 – Agrupamento de categorias .....	64
Tabela 3-5 – Interpretação do coeficiente de correlação .....	68
Tabela 4-1 – Principal motivo da visita e tempo de permanência no local .....	69
Tabela 4-2 – Nível de pressão sonora e descritores.....	70
Tabela 4-3 – Teste U de Mann-Whitney .....	89
Tabela 4-4 – Associação entre percepção de volume sonoro e percepção do som de água ....	96
Tabela 4-5 – Associação entre percepção de tolerância e percepção do som de água .....	96
Tabela 4-6 – Associação entre percepção de conforto e percepção do som de água .....	97
Tabela 4-7 – Associação entre percepção de agradabilidade e percepção do som de água ....	98
Tabela 4-8 – Associação entre percepção de volume sonoro e conforto.....	99
Tabela 4-9 – Associação entre percepção de volume sonoro e tolerância .....	100
Tabela 4-10 – Associação entre percepção de volume sonoro e agradabilidade.....	100
Tabela 4-11 – Associação entre percepção de tolerância e conforto.....	101
Tabela 4-12 – Associação entre percepção de tolerância e agradabilidade.....	102
Tabela 4-13 – Associação entre percepção de conforto e agradabilidade .....	103
Tabela 4-14 – Cumprimento dos objetivos específicos.....	109
Tabela B-1 – Correlação de Spearman entre a percepção dos usuários e os parâmetros acústicos e psicoacústicos.....	132
Tabela B-2 – Correlação de Spearman entre a fonte sonora percebida e os parâmetros acústicos e psicoacústicos.....	133
Tabela B-3 – Correlação de Spearman entre a percepção dos usuários e os parâmetros acústicos e psicoacústicos.....	134

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1. JUSTIFICATIVA.....	12
1.2. HIPÓTESES.....	12
1.3. OBJETIVOS.....	13
1.3.1. Objetivo geral .....	13
1.3.2. Objetivos específicos .....	13
1.4. ESTRUTURA DA TESE .....	14
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
2.1. Acústica ambiental e o foco na eliminação do ruído.....	15
2.2. Paisagem Sonora: a mudança de abordagem com foco na percepção .....	18
2.3. Como têm sido avaliadas as paisagens sonoras.....	21
2.3.1. Mapas como ferramenta de avaliação sonora.....	24
2.3.2. Psicoacústica e os Parâmetros psicoacústicos .....	27
2.3.2.1. Mascaramento sonoro.....	29
2.4. O uso do som de água na paisagem sonora.....	31
2.5. Pesquisas brasileiras sobre paisagem sonora.....	35
<b>3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>44</b>
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	46
3.1.1. Área de estudo e definição dos pontos de análise.....	46
3.1.2. Caracterização dos pontos de análise .....	50
3.2. COLETA DE DADOS .....	55
3.2.1. Coleta de relatos .....	55
3.2.2. Medições nos pontos.....	56
3.2.3. Gravação de áudio binaural e cálculo dos parâmetros psicoacústicos .....	56
3.3. ANÁLISE DE DADOS.....	57
3.3.1. Tabulação dos dados quantitativos .....	57
3.3.2. Tabulação dos dados qualitativos .....	58
3.3.3. Mapas sonoros .....	59
3.3.4. Comparação entre períodos de seca e cheia .....	62
3.3.5. Influência do som de água na percepção dos usuários .....	63
3.3.6. Influência dos parâmetros acústicos e psicoacústicos na percepção dos usuários .....	67

<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>69</b>
4.1. Dados objetivos .....	70
4.2. Dados subjetivos.....	73
4.3. Mapas sonoros .....	80
4.4. Diferença de percepção em função da variação sazonal da paisagem sonora.....	87
4.5. A influência da presença dos sons de água no aumento do conforto, tolerância e agradabilidade .....	95
4.6. Relação entre as características acústicas/psicoacústicas e a percepção dos usuários .....	106
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>111</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>116</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>119</b>
<b>Anexo A – Questionário.....</b>	<b>129</b>
<b>Anexo B – Coeficiente de correlação .....</b>	<b>132</b>
<b>Anexo C – Certificados de calibração dos equipamentos.....</b>	<b>135</b>
<b>Anexo D – Características da área .....</b>	<b>138</b>

# 1. INTRODUÇÃO

---

O crescimento desordenado das cidades tem impactado em diversas áreas, resultando na piora da qualidade de vida, inclusive em espaços urbanos. Um dos principais problemas observados atualmente é a poluição sonora, considerada o segundo maior poluidor ambiental, atrás apenas da poluição do ar (OMS, 2018).

Um relatório da Organização das Nações Unidas (2018) mostra que, em 2018, 55% da população vivia em cidades e a previsão é que esse número chegue em 68% até 2050. A crescente urbanização tende a influenciar negativamente na qualidade sonora dos espaços, especialmente com o aumento do ruído de trânsito, que já é apontado como o principal incômodo gerado. O referido relatório aponta, ainda, que a solução para que ocorra um crescimento urbano equilibrado é o desenvolvimento sustentável, através da adequada gestão da urbanização.

Asdrubali e D'Alessandro (2018) abordam estudos em paisagem sonora como um dos tópicos emergentes para o gerenciamento sonoro em cidades inteligentes. Os autores apontam que as pesquisas sobre paisagem sonora têm ganhado importância e desenvolvimento nos últimos anos, devido a representarem uma alternativa frente à necessidade de uma abordagem inovadora para o controle do ambiente acústico, que seja focada na experiência do usuário.

As dificuldades quanto à implantação de tais estratégias, no entanto, surgem pelo fato de que a área ainda não se encontra madura do ponto de vista tecnológico e legislativo (ASDRUBALI E D'ALESSANDRO, 2018), especialmente no Brasil, onde as bases teóricas têm apresentado um desenvolvimento mais lento que nos países da Europa, por exemplo.

A legislação brasileira (Lei n°. 9.605/1998) considera como crime ambiental toda poluição que ultrapasse os limites estabelecidos e possa causar danos à saúde, incluindo a poluição sonora (BRASIL, 1998). Porém, é necessário que se tenha informações sobre os níveis sonoros nas cidades e formas de controle ou mitigação. A inexistência de diretrizes que incentivem o diagnóstico acústico e perceptivo dos espaços, impede a gestão adequada da poluição sonora e a promoção de qualidade sonora urbana.

A política urbana geralmente utiliza estratégias de controle da poluição sonora, como o zoneamento, que separa as regiões de acordo com os usos e a ocupação do solo. No entanto, esse modelo de planejamento tem sido amplamente debatido por restringir as opções de

moradia, reforçando a desigualdade social e a segregação, além de aumentar a distância entre emprego e moradia (LENS, 2022; SAID; ANI, 2022). Isso resulta em maiores deslocamentos e, conseqüentemente, em mais poluição sonora.

O Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) é um dos instrumentos do Estatuto das Cidades (BRASIL, 2001) que visa analisar a implantação de empreendimentos em determinado entorno. Um dos aspectos avaliados pelo EIV é o impacto no ambiente acústico causado por um empreendimento, além de estabelecer procedimentos de gestão para mitigar a emissão de ruído. A principal norma técnica usada para avaliar esses impactos é a ABNT NBR 10151 (ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020), que estabelece limites aceitáveis de ruído para determinadas áreas.

No entanto, de maneira geral, faltam estudos e informações que possam subsidiar a proposição de medidas corretivas e mitigadoras nas cidades brasileiras. Uma importante ferramenta utilizada para analisar o ruído ambiental urbano e propor formas de mitigá-lo é a criação de mapas de ruído, que permitem identificar os pontos mais sensíveis à poluição sonora na cidade.

A Diretiva 2002/49/CE (CE – COMUNIDADES EUROPEIAS, 2002) estabelece orientações relativas à avaliação e gestão do ruído ambiente nos países europeus, tais como referências para medições e elaboração de mapas de ruído, bem como para criação de planos de ações.

No Brasil, ainda que se perceba a deficiência de bases legais, pode-se observar alguns casos como a Carta Acústica de Fortaleza - CE, criada em 2011, inspirada no mapeamento acústico de Lisboa – Portugal. A cidade de São Paulo - SP aprovou a Lei Municipal nº 16.499 (2016), que estabelece a obrigatoriedade da criação de um mapa de ruídos para a cidade, no entanto, ainda não está em andamento. No entanto, os casos apresentados são pontuais e evidenciam a carência de modelos de previsão e de legislações específicas que direcionem a gestão do ruído urbano (CARNIEL *et al.*, 2018; MICHALSKI; ACAMINE, 2019).

Além disso, grande parte dos estudos sobre o ambiente acústico no Brasil ainda se concentram na análise de fontes sonoras como tráfego e indústrias de maneira pontual e as formas de combatê-los. Os estudos em paisagem sonora, que considerem o potencial das fontes sonoras para melhoria do ambiente, ainda são limitados. Coelho (2016) diz que, no geral, “a pesquisa e a prática da paisagem sonora têm um enorme potencial de impacto em termos de promoção da saúde pública e qualidade de vida e na transmissão da singularidade e diversidade

cultural ao nosso mundo”. Este cenário ressalta a importância de estudos sobre a paisagem sonora, além da identificação dos níveis sonoros visando diagnosticar as áreas críticas e, assim propor ações de melhoria da qualidade ambiental.

### **1.1. JUSTIFICATIVA**

Dado o cenário atual, em que a poluição sonora representa um grave perigo ambiental, é necessário que o planejamento urbano incorpore medidas de mitigação dos efeitos do ruído. Análises que adotam o conceito de paisagem sonora têm se destacado na promoção de cidades acusticamente inteligentes. Segundo Asdrubali e D’Alessandro (2018), a caracterização das fontes sonoras, assim como os mapas de ruído, são atividades essenciais para o planejamento efetivo da mitigação do ruído.

Jambrošić, Horvat e Domitrović (2013) ressaltam a importância do contexto na percepção sonora, demonstrando que os sons de água podem ter influência tanto negativa quanto positiva na paisagem sonora. Eles enfatizam que o tipo de som predominante determina a percepção geral do ambiente. Bistafa (2006) menciona que um som pode ser utilizado para combater outro mais perturbador, pois tons de baixa frequência podem interferir na capacidade de perceber tons de alta frequência. Assim, dependendo das características do som da água, ele pode mascarar um som desagradável.

Dessa forma, essa pesquisa se justifica pela necessidade de se compreender a paisagem sonora e suas implicações, de modo a oferecer subsídios para o planejamento urbano no desenvolvimento de ambientes sonoros mais agradáveis e saudáveis. Identificar potenciais fontes sonoras e como estas impactam na experiência e na percepção do usuário em um dado contexto é o caminho para proporcionar melhores condições acústicas para as cidades.

### **1.2. HIPÓTESES**

Com base na literatura, essa tese se apoia na hipótese de que os sons produzidos pela movimentação da água e pela natureza tendem a amenizar a percepção dos usuários sobre o ruído de trânsito, mesmo sob elevados níveis de pressão sonora. Espera-se que maiores volumes de água, ocorridos na época da cheia do rio possam aumentar a agradabilidade em comparação ao observado durante o período da seca, em que o volume de água e o som propagado por sua movimentação diminuam.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo geral**

O principal objetivo desse trabalho é desenvolver e validar uma metodologia para analisar a influência de corpos d'água na paisagem sonora urbana, considerando aspectos objetivos e subjetivos, bem como as variações sazonais da vazão.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Investigar e analisar a percepção dos usuários a respeito do ambiente sonoro no entorno do Rio Piracicaba, na cidade de Piracicaba-SP;
- Analisar a influência do som da água do rio para a percepção sonora dos usuários;
- Identificar a influência da variação sazonal da vazão do rio na experiência sonora dos usuários;
- Identificar as características psicoacústicas dos sons que compõe esse ambiente e como elas influenciam a percepção humana.

#### **1.4. ESTRUTURA DA TESE**

A presente tese está dividida em 6 capítulos, descritos a seguir:

O Capítulo 1 apresenta o contexto em que essa pesquisa está inserida, considerando a problemática do ruído, especialmente nas médias e grandes cidades, as justificativas, hipóteses e objetivos que motivaram a pesquisa.

O Capítulo 2 apresenta a revisão da literatura, passando pelo comportamento tradicional da acústica ambiental em contraste com a abordagem em paisagem sonora, o desenvolvimento das pesquisas e ferramentas de avaliações e o mascaramento, especialmente por sons de água, como potencial estratégia de melhoria das paisagens sonoras, e o contexto brasileiro.

O Capítulo 3 apresenta a metodologia, dividida em três etapas que configuram a definição dos pontos de análise, a coleta de dados objetivos e subjetivos e a tabulação e análise dos dados.

O Capítulo 4 apresenta os resultados das análises objetivas, subjetivas, mapas sonoros e análises estatísticas.

O Capítulo 5 apresenta a discussão dos resultados obtidos e comparação com outros estudos desenvolvidos sobre o uso dos sons de água na paisagem sonora.

O Capítulo 6 apresenta as considerações finais dessa pesquisa, as contribuições, limitações e recomendações para pesquisas futuras.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Acústica ambiental e o foco na eliminação do ruído

A acústica ambiental trata da propagação do som ao ar livre, visando identificar os impactos negativos do ruído e propor estratégias para combatê-lo. Segundo a OMS (2011), há uma grande relação entre ruído ambiental e efeitos na saúde, incluindo doenças cardiovasculares, comprometimento cognitivo, zumbido e estresse. O relatório da OMS (2011) mostra que a principal fonte de ruído ambiental é o som gerado pelo trânsito de veículos, responsável pela grande ocorrência de distúrbios do sono e outros problemas de saúde.

Ainda assim, a legislação brasileira é restrita no que tange a gestão de ruídos, carecendo de leis específicas, que direcionem o controle da poluição sonora. A Tabela 2-1, apresentada por Giunta (2013), mostra as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA relacionadas ao controle da poluição sonora para algumas atividades. A maioria das resoluções é voltada para o ruído de tráfego.

**Tabela 2-1 - Resoluções do CONAMA sobre ruído**

<b>Resolução</b>	<b>Objetivo</b>
nº 1 - 8/03/1990	Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Considera como limites as normas técnicas da ABNT.
nº 2 - 8/03/1990	Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora (SILÊNCIO). Compete ao IBAMA a coordenação do Programa SILÊNCIO. Compete aos Estados e Municípios a implementação dos programas estaduais de educação e controle da poluição sonora, em conformidade com a resolução.
nº 1 - 11/02/1993	Dispõe sobre os limites máximos de ruídos, com o veículo em aceleração e na condição parado, para veículos automotores nacionais e importados, excetuando-se motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores e bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados.
nº 2 - 11/02/1993	Dispõe sobre os limites máximos de ruídos, com o veículo em aceleração e na condição parado, para motocicletas, motonetas, triciclos, ciclomotores e bicicletas com motor auxiliar e veículos assemelhados, nacionais e importados.
nº 17 - 13/12/1995	Dispõe sobre os limites máximos de ruído para veículos de passageiros ou modificados.
nº 252 - 29/01/1999	Dispõe sobre os limites máximos de ruído nas proximidades do escapamento para veículos rodoviários automotores, inclusive veículos encarroçados, complementados e modificados, nacionais e importados.

**Tabela 2 – 1 (Cont.) - Resoluções do CONAMA sobre ruído**

<b>Resolução</b>	<b>Objetivo</b>
nº 256 - 30/06/1999	Dispõe sobre a responsabilidade dos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente na inspeção de emissão de poluentes e ruídos, como exigência para o licenciamento de veículos automotores nos municípios abrangidos pelo Plano de Controle da Poluição por Veículos em Uso – PCPV
nº 272 -14/09/2000	Dispõe sobre os limites máximos de ruído para os veículos nacionais e importados em aceleração, exceto motocicletas, motonetas, ciclomotores e veículos assemelhados.

Fonte: Adaptado de Giunta (2013).

O Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN estabelece, ainda, algumas resoluções complementares àquelas publicadas pelo CONAMA (Tabela 2-2).

**Tabela 2-2 - Resoluções do CONTRAN sobre ruído**

<b>Resolução</b>	<b>Objetivo</b>
nº 35 – 21/05/1998	Estabelece método de ensaio para medição de pressão sonora por buzina ou equipamento similar à que se referem os arts. 103 e 227, V do Código de Trânsito Brasileiro e o art. 1º da Resolução 14/98 do CONTRAN.
nº 204 – 20/10/2006	Regulamenta o volume e a frequência dos sons produzidos por equipamentos utilizados em veículos e estabelece metodologia para medição a ser adotada pelas autoridades de trânsito ou seus agentes, a que se refere o art. 228 do Código de Trânsito Brasileiro - CTB
nº 624 – 19/10/2016	Regulamenta a fiscalização de sons produzidos por equipamentos utilizados em veículos, a que se refere o art. 228, do Código de Trânsito Brasileiro – CTB. Revoga a Resolução Nº 204 de 20 de outubro de 2006.
nº 958 – 17/05/2022	Dispõe sobre os limites de emissões de gases e partículas pelo escapamento de veículos automotores, sua fiscalização pelos agentes de trânsito, requisitos de controle de gases do cárter e sons produzidos por equipamentos utilizados em veículos Revoga a Resolução Nº 624 de 19 de outubro de 2016

Fonte: Autora (2022).

Além das resoluções mencionadas, o controle da poluição sonora no Brasil é baseado nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas — ABNT. As normas ABNT NBR 10151 (ABNT, 2020) e ABNT NBR 10152 (ABNT, 2017) estabelecem procedimentos para medição e avaliação dos níveis de pressão sonora em ambientes externos e internos.

A ABNT NBR 10151 teve sua primeira versão publica em 1987, passando por revisões em 2000 e 2019 (corrigida em 2020). Essa norma trata da medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas, com foco em ambientes externos, como ruas, praças e locais

onde as pessoas vivem e trabalham, estabelece limites de níveis sonoros para diferentes tipos de áreas (residenciais, comerciais, industriais) e períodos do dia (diurno e noturno) e apresenta os procedimentos para determinar se os níveis de ruído estão em conformidade com os limites estabelecidos (ABNT, 2020).

A norma ABNT NBR 10152, que foi publicada em 1987 (corrigida em 1992) e revisada em 2017 (corrigida em 2020), por sua vez, aborda a avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações, como salas, escritórios e residências. Ela estabelece critérios para garantir o conforto acústico e a adequação dos níveis de ruído às atividades realizadas nesses ambientes (ABNT, 2017).

Mais recente, a ABNT NBR 15575, publicada em 2013 e revisada em 2021, também tem um impacto importante no contexto das normas acústicas. Essa norma, dividida em 6 partes, estabelece os requisitos de desempenho para edificações habitacionais, abrangendo diversos aspectos, incluindo o desempenho acústico. Ela define critérios para o isolamento acústico entre unidades habitacionais, bem como entre as áreas internas e externas das edificações e entre ambientes de uma mesma edificação, considerando paredes, esquadrias e sistemas de piso. Além disso, indica os parâmetros que devem ser avaliados para comprovar o nível de desempenho. Assim, a norma visa reduzir a transmissão de ruídos dentro e fora das edificações habitacionais, contribuindo para melhorar a qualidade acústica das construções brasileiras.

Os estudos desenvolvidos nessa temática buscam analisar a ocorrência de diferentes tipos de som, especialmente os de trânsito, quantificando e buscando ferramentas de projeto urbano para mitigar a exposição ao ruído do tráfego. Além disso, alguns tratam, inclusive, da sua propagação no ambiente (MENDONÇA, 2013; MARIA *et al.*, 2016).

Estudos que analisaram o efeito da geometria urbana na propagação do som nas cidades constataram que o adensamento urbano pode contribuir para o incremento da pressão sonora nos cânions urbanos, visto que o espaço se torna menos permeável ao som, causando maior permanência e concentração dos raios refletidos (MENDONÇA, 2013). Observou-se, no entanto, que a geometria da fachada pode também amenizar tais efeitos, o desenho das fachadas e sacadas pode redirecionar as primeiras reflexões sonoras em direção à saída do cânion, reduzindo a reverberação e, minimizando a exposição na via (MARIA *et al.*, 2016).

O Programa da ONU para o Meio Ambiente (PNUMA), através do Relatório Fronteiras, que identifica e explora temas emergentes de preocupação ambiental, aponta que a poluição

sonora é um dos três principais riscos ambientais, causando a degradação da saúde e bem-estar humanos (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2022). O relatório também sugere que apenas reduzir os níveis sonoros pode não ser suficiente para promover conforto acústico. Por outro lado, pesquisas têm demonstrado que ambientes que são capazes de promover o equilíbrio entre os sons, com foco na inserção de sons desejáveis, tendem a oferecer melhor qualidade sonora (JO; JEON, 2020). Tais estudos são desenvolvidos a partir da abordagem de paisagens sonoras.

## 2.2. Paisagem Sonora: a mudança de abordagem com foco na percepção

Os estudos de paisagem sonora tiveram origem nos anos 1970, a partir dos trabalhos de R. Murray Schafer e do “*The World Soundscape Project*”, que cunharam o termo para se referir ao conjunto de diferentes sons que compõem um determinado ambiente, sejam esses sons de origem natural, humana, industrial ou tecnológica (SCHAFER, 2001). Atualmente, a definição mais adotada para paisagem sonora envolve o “ambiente acústico como percebido ou experimentado e/ou entendido por uma pessoa ou pessoas, em um contexto” (ISO, 2014).

O conceito de paisagem sonora se diferencia da abordagem tradicional da acústica ambiental por considerar o contexto, a percepção e, assim, encarar o som como um recurso para o gerenciamento da poluição sonora e não como algo a ser totalmente eliminado (Figura 2-1). Tal abordagem, considerada holística (inteligente e sustentável), baseia-se no princípio de maximizar a agradabilidade dos lugares e a satisfação global das pessoas (LUZZI; BUSA; BARTALUCCI, 2018).

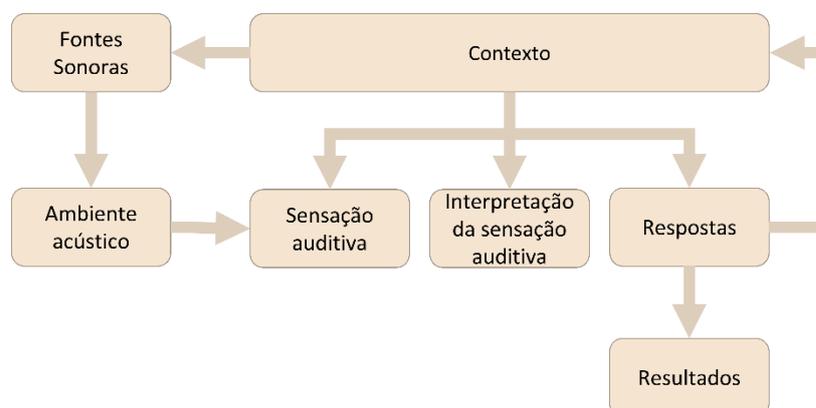


Figura 2-1: Processo de avaliação pela abordagem da paisagem sonora

Fonte: Adaptado de ISO 12913-1 (2014)

O termo “paisagem sonora” (em inglês *Soundscape*) faz uma analogia a paisagem visual (*landscape*). Schafer (2001), no entanto, diz que formular uma impressão exata de uma paisagem sonora é muito mais difícil do que de uma paisagem natural, visto que uma paisagem visual pode ser representada em uma fotografia, o que não acontece no caso da paisagem sonora, em que um microfone não é capaz de captar toda a complexidade de sons existentes no ambiente.

O entendimento da paisagem sonora é centrado na percepção humana que, por sua vez, envolve diversos fatores além dos mecanismos de audição. A percepção da paisagem sonora é influenciada por efeitos cognitivos, como o significado de uma paisagem sonora e seus componentes, sendo tão influenciado pela audição quanto pela visão (DAVIES *et al.*, 2013). O significado de um determinado som depende de questões individuais e culturais, como as experiências anteriores dos indivíduos e as expectativas em relação ao ambiente acústico. Coelho (2016) afirma que a qualidade de um ambiente é percebida a partir de um procedimento de processamento de informações onde todos os sentidos e fatores culturais desempenham um papel, cada um em uma medida diferente, mas todos contribuindo com sua parte.

Assim, as avaliações da paisagem sonora devem considerar outros sistemas sensoriais além da audição, incluindo visual, aspectos geográficos, sociais, psicológicos e culturais. Já que a resposta ao som depende da relação mental, social e geográfica do ouvinte com a fonte sonora e o contexto, é evidente que apenas os níveis sonoros não são capazes de captar essa complexidade de fatores (KANG *et al.*, 2016).

Além disso, o tipo de fonte sonora influencia a percepção de conforto acústico. A introdução de fontes positivas (aquelas percebidas como agradáveis), como sons de água ou música, pode melhorar o conforto acústico, mesmo em níveis sonoros mais elevados (YANG; KANG, 2005).

Pensando nisso, diversas pesquisas surgiram buscando explorar o potencial das paisagens sonoras, um exemplo é o *Positive Soundscape Project* (DAVIES *et al.*, 2013), que teve como objetivo reconhecer a relevância das paisagens sonoras positivas, afastando-se do foco do som negativo e avaliar a relação entre o ambiente acústico/auditivo e as respostas e características comportamentais dos usuários.

Percebe-se assim, que diversas fontes compõem uma mesma paisagem sonora e que estas podem ser positivas ou negativas. Brown, Kang e Gjestland (2011) frisam, ainda, que uma mesma fonte pode assumir diferentes papéis em diferentes lugares, sendo som de um fundo em

uma paisagem, mas estando em primeiro plano em outra, ou sendo mais agradável em uma e menos aceitável em outra. Assim, visando evitar que a variabilidade ocasione ambiguidades na identificação das fontes e, a fim de padronizar as avaliações, os autores propuseram uma classificação das fontes sonoras.

Na Figura 2-2, é possível observar a estrutura da classificação dividida em: categorias de lugares (caixas em negrito), categorias de fontes sonoras (caixas tracejadas) e fontes sonoras (itálico). O modelo, chamado de “taxonomia do ambiente acústico” foi desenvolvido para uma aplicação em diferentes tipos de ambientes: interno ou ao ar livre e, ainda, urbano, rural, natural ou subaquático.

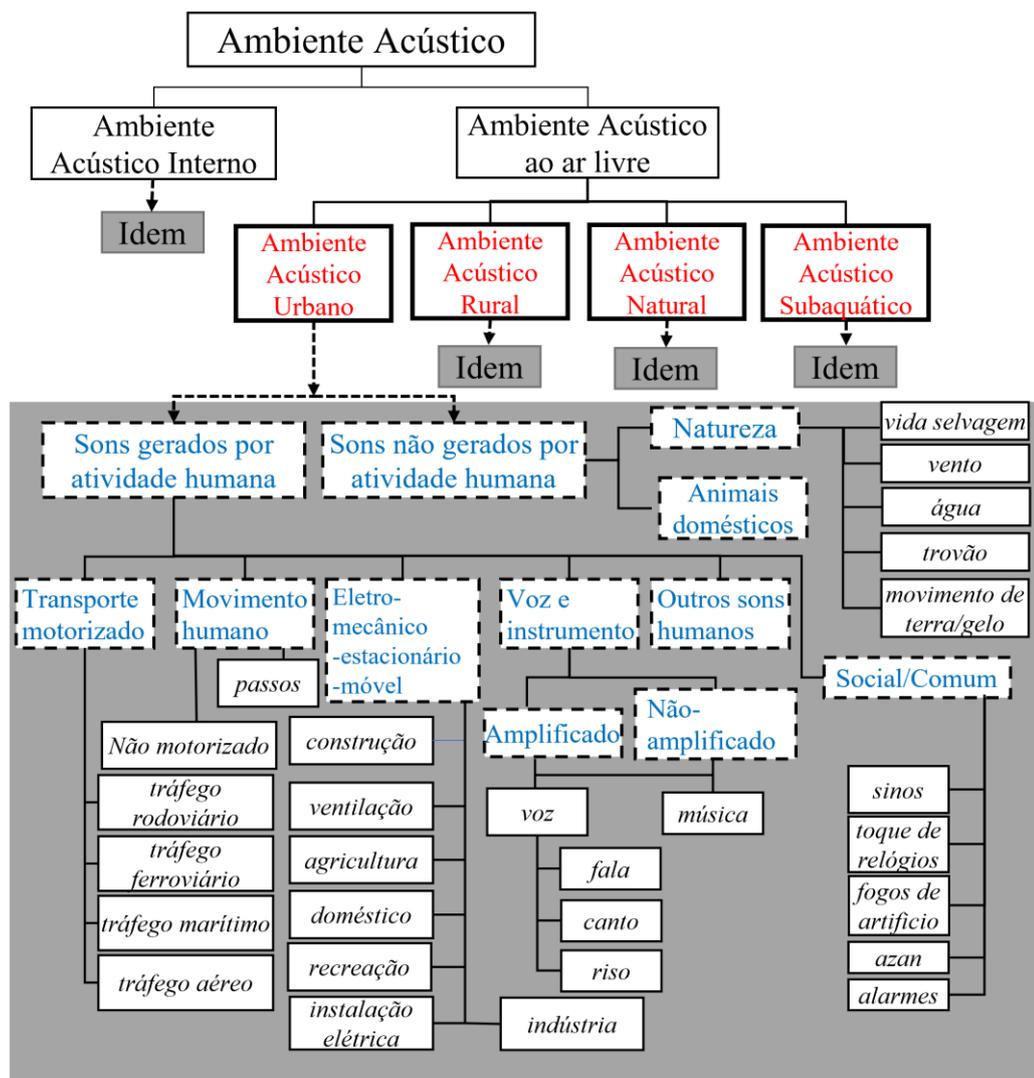


Figura 2-2: Classificação das fontes sonoras

Fonte: Adaptado de Brown, Kang e Gjestland (2011)

Os sons tecnológicos são, na sua maioria, percebidos como desagradáveis, enquanto os sons naturais são geralmente vistos como agradáveis, promovendo bem-estar e restauração, tanto em função da alta qualidade do ambiente acústico diretamente; quanto pelo efeito da disponibilidade de espaços capazes de promover melhor qualidade acústica, ante a ambientes altamente ruidosos (KANG, 2007).

Assim, embora a paisagem sonora seja um dos fatores que influenciam o conforto dos usuários em espaços públicos urbanos (YANG; KANG, 2005), sua compreensão se mostra bastante complexa. Nesse contexto, surgiram diversas iniciativas ao longo dos últimos anos dentro dessa abordagem, com diferentes objetivos e adotando métodos diversos.

### **2.3. Como têm sido avaliadas as paisagens sonoras**

Tendo em vista que os métodos tradicionais de medição não são capazes de realizar a correta descrição da fonte sonora, é preciso adotar uma abordagem baseada em medições auditivamente precisas e análises psicoacústicas, onde as características do aparelho auditivo humano são levadas em consideração (GENUIT; FIEBIG, 2006).

Para Hao e Shao (2020), o caminho ideal para o projeto da paisagem sonora começa com a determinação da percepção dos usuários do ambiente sonoro por meio de questionário e entrevista, seguido pela medição e análise do som e mapeamento da paisagem sonora. Somente então, na fase final e após a investigação, é que são aplicadas medidas práticas, incluindo o controle de ruído.

Axelsson, Nilsson e Berglund (2010) desenvolveram um modelo de avaliação de paisagem sonora baseado na utilização de escalas de atributos. O resultado é uma escala bidimensional, com um eixo horizontal (Unpleasant-Pleasant), medindo o quão desagradável/agradável o ambiente sonoro é percebido, e um eixo vertical (Uneventful-Eventful), medindo o quão agitado ou sem agitação ele é. Eixos secundários são inseridos a 45° desses primeiros eixos, considerando que as paisagens sonoras “vibrantes” são “agradáveis” e “agitadas”, as paisagens “caóticas” são “agitadas” e “desagradáveis”, as paisagens “monótonas” são “desagradáveis” e “sem agitação” e, finalmente, as paisagens sonoras “calmas” são “tranquilas” e “agradáveis”. O modelo é ilustrado na Figura 2-3.

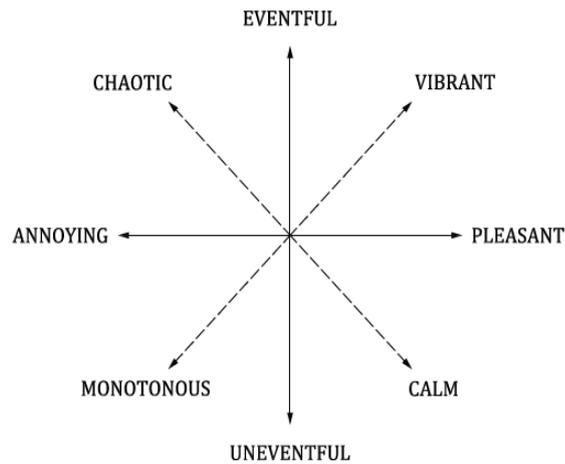


Figura 2-3: Modelo de avaliação da qualidade afetiva percebida  
Fonte: ISO, 2019

Como resultado dessas e outras investigações e, buscando criar padrões para as análises na área, em 2009, a *International Organization for Standardization (ISO)* criou o grupo de estudos WG54 – “*Perceptual assessment of soundscape quality*” para iniciar a construção de uma norma (GENUIT; SCHULTE-FORTKAMP; FIEBIG, 2013). Em 2014, foi lançada a ISO 12913-1, essa primeira parte da norma foi responsável pela atual conceituação do termo paisagem sonora, citado anteriormente, e por definir uma estrutura para investigações sobre o assunto.

A segunda parte da norma (ISO/TS 12913-2/2018), uma especificação técnica (technical specification), foi lançada em 2018 e traz requisitos e informações para a coleta de dados e a criação de relatórios para estudos de paisagem sonora. A norma sugere três métodos para avaliação: questionário (método A), caminhada sonora (*soundwalk*) (método B) e entrevista guiada (método C), que podem ser utilizados de forma separada ou misturando métodos, além da medição binaural ou biauricular, utilizada para análises psicoacústicas. Jo e Jeon (2021) compararam os métodos de coleta de dados propostos pela norma e concluíram que, embora cada método se destaque em determinada aplicação, o ideal é combinar métodos de coleta de dados quantitativos e qualitativos para obter uma análise mais abrangente.

Engel *et al.* (2018) analisaram 52 pesquisas que empregaram métodos de pesquisa socio-acústico em estudos de paisagem sonora. Os principais métodos utilizados para coleta de dados foram: entrevistas, caminhada sonora, testes auditivos e grupos focais, sendo esses últimos diferentes dos recomendados pela norma. A ferramenta mais utilizada por essas pesquisas foi o questionário, na maioria das vezes aplicando escalas de diferencial semântico. No entanto, os autores ressaltam que diversos estudos adotam mais de um método na mesma avaliação.

Em 2019, foi publicada a terceira parte da norma (ISO/TS 12913-3/2019), também especificação técnica, que sugere formas de analisar os dados coletados de acordo com o método empregado. A norma também indica a adoção da técnica de triangulação, que consiste na aplicação e combinação de diferentes métodos de pesquisa ou conjunto de dados no estudo de um mesmo fenômeno, visando aumentar a validade e reduzir a incerteza das medições.

O projeto SONORUS (KROPP; FORSSÉN; ESTÉVEZ-MAURIZ, 2016) foi desenvolvido na Europa, buscando reunir universidades, centros de pesquisa e empresas de diferentes países, com o objetivo de desenvolver seus conhecimentos e habilidades na área de planejamento acústico urbano. De acordo com o referido grupo, existem diferentes maneiras de experienciar o ambiente sonoro, no local, em laboratório ou recordá-lo por uma memória. Cada experiência está associada a diferentes percepções e diferentes ferramentas, como mostra a Figura 2-4. Os métodos realizados no local têm a vantagem de que as pessoas experimentaram recentemente o ambiente em questão. Por outro lado, o experimento em laboratório traz a possibilidade de ter o ambiente controlado ao investigar as características particulares da paisagem sonora. Assim, a escolha do método deve considerar o objetivo do estudo e a experiência que se espera.

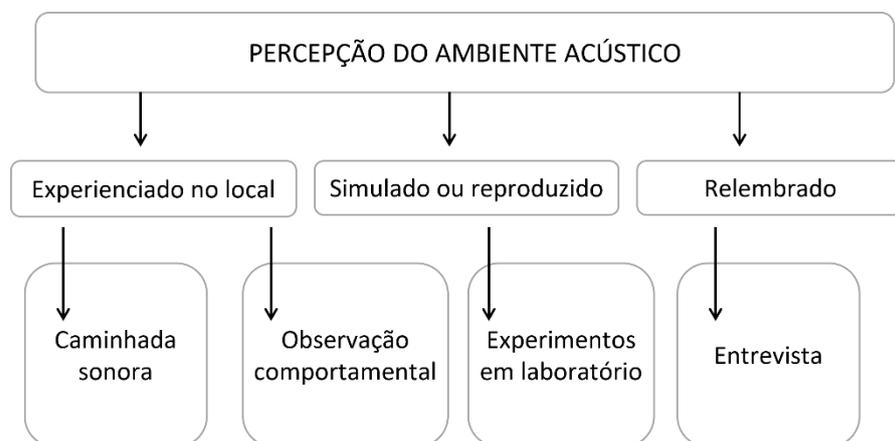


Figura 2-4: Ferramentas de avaliação da paisagem sonora

Fonte: Kropp; Forssén; Mauriz (2016)

Além disso, esforços têm sido empregados no desenvolvimento de índices que possam avaliar a paisagem sonora.

Kogan *et al.* (2018) propuseram um índice chamado de *Green Soundscape Index* (GSI), definido como “a razão entre a extensão percebida dos sons naturais e a extensão percebida do

ruído do tráfego”, o índice fornece uma estimativa da relação entre o som natural e a percepção do ruído do tráfego.

Recentemente, o projeto *Soundscape Indices (SSID)* (KANG *et al.*, 2019), ainda em desenvolvimento, propôs a criação de um banco de dados de avaliação de paisagens sonoras, realizando avaliação psicológica laboratorial, análise de fatores físicos/psicoacústicos e fisiológicos/biológicos, visando o desenvolvimento, teste e validação de índices de paisagem sonora. Dentro desse projeto, Mitchell *et al.* (2020) descrevem um protocolo para caracterização de paisagens sonoras, que consiste em dois estágios: gravação áudio-visual e aplicação de questionário *in loco*. O objetivo dessa padronização é formar um banco de dados internacional com informações de paisagens sonoras.

Uma outra importante questão a ser considerada na avaliação de paisagens sonoras diz respeito a representação, já que essa investigação tem por objetivo subsidiar a tomada de decisões no planejamento urbano. Kang *et al.* (2016) afirmam que, do ponto de vista do planejamento, a distribuição espacial de certas fontes sonoras e da variabilidade da paisagem sonora são úteis tanto para a compreensão dessa paisagem, quanto para o projeto dos espaços. As ferramentas utilizadas para essa espacialização são chamadas de mapas sonoros, elementos essenciais para o planejamento efetivo da mitigação do ruído (ASDRUBALI & D’ALESSANDRO, 2018).

### **2.3.1. Mapas como ferramenta de avaliação sonora**

O mapeamento é uma estratégia útil para o planejamento urbano, uma vez que, além de ilustrar espacialmente a distribuição dos dados, facilita a leitura e interpretação dos mesmos, sendo utilizado tanto para diagnósticos, como para previsão de cenários.

O mapa de ruído é a principal ferramenta utilizada para a gestão do ambiente sonoro urbano. Os mapas reproduzem graficamente os níveis sonoros identificados na cidade ou em um recorte, com o objetivo de identificar áreas cujo limite de nível de pressão sonora (NPS) tenha sido excedido. Além disso, os mapas permitem também a simulação de cenários futuros, auxiliando na previsão de estratégias de controle do ambiente acústico.

Embora, no Brasil, o uso de mapa de ruídos não seja frequentemente adotado pela gestão pública, diversos estudos adotaram essa ferramenta para análises do espaço sonoro urbano, como por exemplo, em: Porto Alegre, São Carlos, Curitiba, Aracaju e outras cidades (FIEDLER, 2013; GIUNTA, 2013; GUEDES; BERTOLI; ZANNIN, 2011; MAIA, 2003).

Mapas de ruído são, frequentemente, baseados em simulação computacional, a partir de modelos 3D, o que traz como vantagem a facilidade de alterações (KANG *et al.*, 2016). Para isso, diversos softwares de modelagem acústica têm sido adotados, como CadnaA, iNoise, Predictor, SoundPLAN, entre outros. Os mapas são criados a partir da aplicação de modelos matemáticos que realizam a predição do nível de pressão sonora de acordo com a fonte geradora.

Após a publicação da Diretiva Europeia (CE, 2002), diferentes modelos foram criados adaptados a cada país. Para os locais que não possuam modelos próprios, a diretiva recomendou o uso do modelo NMPB Routes-96 (revisado em 2008), desenvolvido na França. Cada software adota diferentes modelos de cálculo, mas de maneira geral, para realização do mapeamento é necessário inserir dados geométricos (edificações, vias, declividade), para a construção do modelo 3D, e dados do tráfego (quantidade de veículos (pesados e leves), velocidade da via e características do pavimento), para realização do cálculo. Pode-se, ainda, inserir valores de níveis de pressão sonora medidos *in loco* (GIUNTA, 2013).

A Diretiva Europeia (CE, 2002) aponta a utilização dos mapas de ruído estratégicos como formação de base de dados, fonte de informação para os cidadãos e construção de base para os planos de ação. Os dados apresentados nestes mapas podem indicar a situação sonora existente, anterior ou prevista em função de um indicador sonoro, ultrapassagem de um valor limite, número estimado de habitações, escolas e hospitais numa determinada zona que estão expostas a valores específicos de um dado indicador sonoro ou número estimado de pessoas localizadas numa zona exposta ao ruído.

Embora o mapa de ruído seja uma importante ferramenta para a identificação e controle do ambiente sonoro nas cidades, sua utilização isolada é limitada, uma vez que não consideram os aspectos da percepção humana. Assim, os mapas de qualidade sonora podem fornecer uma integração útil aos mapas de ruído, considerando o significado dos sons e o contexto (LUZZI, BUSA & BARTALUCCI, 2018).

Os mapas de qualidade sonora ou mapas de paisagem sonora são voltados para análises qualitativas apontando informações sobre tipos de fonte, percepção dos pedestres sobre a qualidade (sonora) do ambiente e do som (nitidez, rugosidade, intensidade), podendo auxiliar na compreensão da paisagem sonora.

O mapeamento da paisagem sonora busca representar a distribuição dos valores da qualidade sonora do ambiente, focando em fatores da percepção humana ao invés dos níveis sonoros. Assim, podem ser desenvolvidos como camadas de informações adicionais e utilizadas

para predição através do método de análise espacial em softwares de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (KANG *et al.*, 2016).

Nos últimos anos, diversas pesquisas têm abordado os melhores métodos para a criação de mapas qualitativos de paisagem sonora (ALETTA, KANG, 2015; KANG *et al.*, 2018). Kang *et al.* (2016) destacam que esses mapas são elaborados a partir das características da paisagem sonora em locais específicos de uma região, sendo possível prever a paisagem sonora em toda a área utilizando métodos de análise espacial.

Diferentes técnicas de interpolação são empregadas nessas pesquisas, cada uma produzindo resultados distintos. Entretanto, não há recomendações claras sobre o método mais adequado para o mapeamento da paisagem sonora. Estudos prévios utilizaram diversos algoritmos de interpolação, como Krigagem e Ponderação pelo Inverso da Distância (Inverse Distance Weighting - IDW) (MARGARITIS; KANG, 2017). A interpolação por Krigagem é reconhecida por ser um método estocástico robusto, que não apenas considera o erro, mas também busca minimizá-lo (O'SULLIVAN; UNWIN, 2010).

Hong e Jeon (2017) aplicaram a Krigagem no mapeamento da paisagem sonora para avaliar a dependência espacial dos dados coletados em Seoul, na Coreia. Lavandier *et al.* (2016), por sua vez, propuseram mapas preditivos de paisagem sonora utilizando dados georreferenciados de Paris, substituindo a escala em dB por uma escala de adjetivos bipolar, visando melhorar a compreensão pela população.

Além disso, o método de Ponderação pelo Inverso da Distância (IDW) também é amplamente utilizado. IDW é um método de interpolação, em que o peso da estimativa varia em função da distância dos pontos, com os pontos mais próximos tendo maior influência no valor predito. Além disso, é uma ferramenta mais simplificada que a Krigagem (O'SULLIVAN; UNWIN, 2003). Mascolo *et al.* (2024) utilizaram IDW para criar um mapa da agradabilidade da Universidade de Salerno, em Fisciano, na Itália e, posteriormente compararam com dados coletados durante um *Soundwalk*. Os resultados comprovaram a confiabilidade do mapa de interpolação.

Um estudo realizado na Universiti Teknologi Malaysia (UTM), na Malásia, focou no mapeamento da poluição sonora causada pelo tráfego, considerando o aumento no número de veículos como fonte de dados para análise geoespacial (GHOJOGH NEJADA; AHMAD; ZEN, 2019). A pesquisa comparou ambas as técnicas (Krigagem e IDW) para criar mapas de poluição sonora e os resultados indicaram que o IDW ofereceu uma representação mais próxima da realidade.

Mapas são, portanto, ferramentas capazes de fornecer uma ampla gama de dados e informações espaciais, possibilitando de maneira mais eficiente o diálogo entre as partes envolvidas no planejamento (LOO; TANG, 2019).

### 2.3.2. Psicoacústica e os Parâmetros psicoacústicos

A psicoacústica permite a análise de características específicas do som, com uma descrição mais aprimorada de ambientes acústicos. Fastl (2013) apresenta o conceito de psicoacústica como uma ponte entre o estímulo físico; aquilo que é medido, e a sensação auditiva; aquilo que é percebido (Figura 2-5).

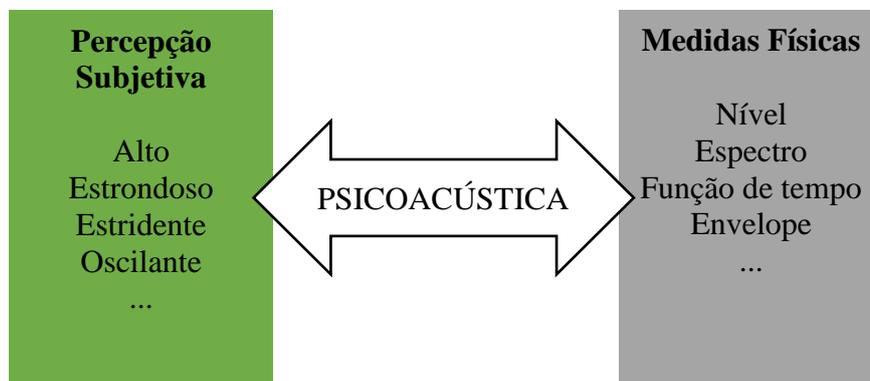


Figura 2-5: Conceito de psicoacústica.

Fonte: Adaptado de Fastl (2013).

A psicoacústica proporciona a análise objetiva de um sinal sonoro, resultando na estimativa da sensação auditiva pelo ser humano e descreve os mecanismos de percepção do som através de vários parâmetros, como *loudness*, *sharpness*, *roughness* e *Fluctuation strength*, bem como outros parâmetros relacionados à audição (GENUIT, FIEBIG, 2006).

O cálculo dos parâmetros psicoacústicos pode ser realizado pelo processamento do áudio binaural, que capta o som através de dois canais (direito e esquerdo), como o que acontece com o ouvido humano, mantendo todas as informações espaciais. As gravações binaurais são usadas para análises auditivamente adequadas, para a reprodução de ambientes acústicos (por exemplo, em experimentos de audição em laboratório) ou para fins de preservação e arquivamento (ISO, 2018).

A Tabela 2-3 apresenta a métrica utilizada para avaliar cada um dos parâmetros bem como as referências dos modelos de cálculo de cada um, de acordo com a ISO 12913-3 (2019).

#### Tabela 2-3 - Métricas e valores únicos representativos

Parâmetro	Métricas (para cada canal)	Determinação de valor único representativo	Referência
Nível de Pressão Sonora	$L_{Aeq,T}$ , $L_{Ceq,T}$ , $L_{AF5,T}$ , $L_{AF95,T}$	valor mais alto dos valores das métricas esquerda e direita	ISO 1996-1
<i>Loudness</i>	$N_5$ , $N_{average}$ , $N_{rmc}$ , $N_{95}$ , $N_5/N_{95}$	valor mais alto dos valores das métricas esquerda e direita (ou média dos valores)	ISO 532-1
<i>Sharpness</i>	$S_5$ , $S_{average}$ , $S_{95}$	valor mais alto dos valores das métricas esquerda e direita (ou média dos valores)	DIN 45692
<i>Psychoacoustic tonality</i>	$T$	valor mais alto dos valores das métricas esquerda e direita (ou média dos valores)	ECMA 74
<i>Roughness</i>	$R_{10}$ , $R_{50}$	valor mais alto dos valores das métricas esquerda e direita (ou média dos valores)	Fastl H., Zwicker E., (2007)
<i>Fluctuation strength</i>	$F_{10}$ , $F_{50}$	valor mais alto dos valores das métricas esquerda e direita (ou média dos valores)	Fastl H., Zwicker E., (2007)

Fonte: Adaptado de ISO/TS 12913-3 (2019)

O parâmetro *loudness*, comparável com a sensação de volume, é o que melhor corresponde à intensidade sonora. Assim, esse parâmetro recebe um valor que representa a magnitude percebida. O *loudness* pode ser calculado através de modelos preditivos. O *loudness* é representado por  $N$  e medido em *sones*. Também é possível calcular os percentis, assim como com o nível sonoro, representados por  $N_x$ , onde  $X$  é o tempo em que o *loudness* atingiu ou superou o valor descrito (FASTL; ZWICKER, 1999).

*Sharpness* representa a sensação de timbre, com foco no conteúdo de alta frequência, sendo influenciada pelo envelope espectral do som. No entanto, o nível sonoro tem pouca relevância, considerando que seria necessário grande aumento nesse parâmetro para se ter algum efeito no *sharpness* percebido. O *sharpness* é representado por  $S$  e medido em *acum* (FASTL; ZWICKER, 1999). O som de cachoeiras tem sido relacionado a altos valores de *sharpness*.

*Fluctuation strength* e *roughness* descrevem a sensação de modulação. *Fluctuation strength* se relaciona com sons em que o volume oscila lentamente para cima e para baixo, levando a uma sensação de flutuação, ou seja, relata as alterações lentas, sendo um tipo de som que atrai atenção. Por outro lado, *roughness* está relacionada a mudanças de som relativamente rápidas (FASTL; ZWICKER, 1999).

*Tonality* é outra representação da sensação de timbre, com foco principalmente na identificação de componentes tonais ou de som de banda larga. Sons com maiores valores de *tonality* têm sido relacionados a percepção de incômodo.

Engel et al. (2021) apontam que *loudness* é o parâmetro mais adotado pelas pesquisas de paisagem sonora, seguido por *sharpness*, *roughness*, *fluctuation strength* e *tonality*.

As pesquisas buscam identificar a relação entre os parâmetros psicoacústicos e a percepção dos usuários (RÅDSTEN EKMAN; LUNDÉN; NILSSON, 2015, AXELSSON et al., 2014, JO, JEON; 2020, YANG, MASSULO; 2023,), quais características psicoacústicas das fontes sonoras melhor funcionam como mascarador do som de trânsito (GALBRUM, ALI, 2013; JEON *et al.*, 2012, LEE; LEE, 2020), criação de mapas e modelos de predição (HONG, JEON; 2017; HAN, KANG, MENG, 2022).

### **2.3.2.1. Mascaramento sonoro**

A psicoacústica aborda ainda o conceito de mascaramento. O mascaramento sonoro consiste na sobreposição de fontes, quando um som (mascarador) interfere na percepção de outro (mascarado).

Para compreender o mascaramento auditivo, é preciso entender o processo de audição humana, que se inicia quando o som, formado pela vibração das moléculas de ar, é captado pela orelha externa. Dali o som é transferido para a orelha média através do tímpano, onde os ossículos transmitem a vibração para a orelha interna. Quando o som atinge a orelha interna, a onda viaja no interior da cóclea, através da membrana basilar e, depois é transmitido ao cérebro pelo nervo auditivo (BISTAFA, 2006).

A membrana basilar é responsável por captar a frequência da onda. Devido ao seu formato e à diferença de rigidez ao longo do seu comprimento, possibilita que diferentes frequências excitem suas diferentes regiões através do movimento vibratório. Assim, frequências altas excitam a base (mais rígida) e baixas frequências excitam o ápice (não muito rígido). O ápice é excitado por tons puros em 20 Hz, enquanto a base é excitada por tons puros em 20.000 Hz. Frequências dentro desta faixa excitam posições intermediárias da membrana (Figura 2-6).

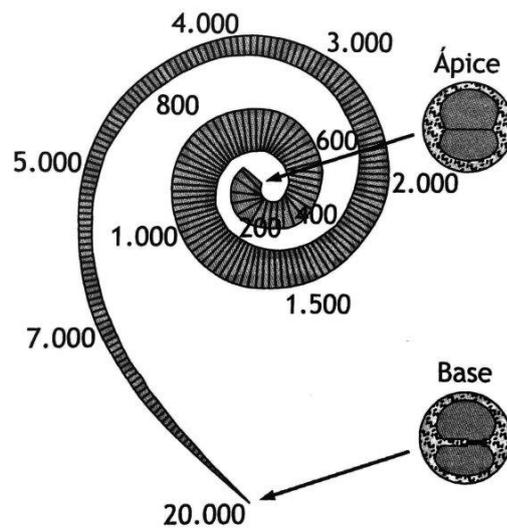


Figura 2-6: Regiões da membrana basilar excitadas de acordo com a frequência  
Fonte: Bistafa, 2006.

O mascaramento energético acontece quando dois sons distintos atingem regiões vizinhas na membrana basilar, levando a uma sobreposição. O som mascarador eleva o limiar da audibilidade fazendo com os sons de frequências adjacentes não sejam percebidos. No entanto, devido à assimetria de deslocamento da membrana basilar (mais suave na base e mais inclinado no sentido do ápice), sons de frequência mais baixa mascaram mais facilmente os sons de frequência mais alta (Figura 2-7).

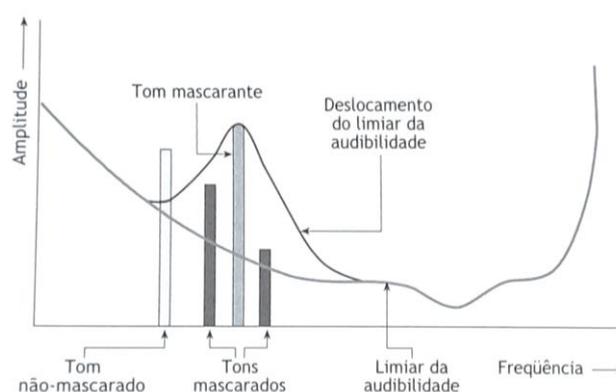


Figura 2-7: Aumento do limiar da audibilidade em função do mascaramento  
Fonte: Bistafa, 2006.

Zwicker e Fastl (1999) relatam que o mascaramento pode ser observado, por exemplo, quando duas pessoas conversam com uma potência da fala baixa e constante e são interrompidas pelo som de um veículo. Esse tipo de mascaramento é chamado de simultâneo e pode ser total,

se o som mascarador encobre completamente o som mascarado, ou parcial, se ocorre uma oscilação entre o som audível e o som mascarado.

Um tipo de mascaramento diferente, no entanto, tem sido avaliado pelas pesquisas de paisagem sonora (MASULO; MAFFEI; PASCALE, 2016). Chamado de mascaramento informacional, está mais relacionado à atenção central do que à frequência (DURLACH *et al.*, 2003; LEEK; BROWN; DORMAN, 1991). O termo “mascaramento informacional”, adotado pela primeira vez por Pollack (1975), é descrito como a degradação da discriminação de um som na presença de outro som, quando esse evento não pode ser atribuído ao mascaramento energético.

Leek, Brown e Dorman (1991) apontam que o mascaramento informacional está relacionado à habilidade do ouvinte de encontrar uma porção do som que contém a informação necessária, focando a atenção nessa porção e ignorando o restante. Os autores avaliaram a influência de diferentes intensidade e frequência do som alvo na atenção auditiva e concluem que essa capacidade é aumentada quando há similaridade entre o som alvo e o som de fundo.

Diversos estudos têm apontado a eficiência do mascaramento pela inserção de sons naturais como estratégia para promover melhorias na qualidade da paisagem sonora. Jeon *et al.* (2010) ressaltam que os sons de água, alvo dessa pesquisa, são os mais indicados para melhorar a paisagem sonora urbana. No entanto, Rådsten-Ekman (2015), observa que o potencial de mascaramento dos sons da água é limitado, dependendo do conteúdo espectral desse som e do som a ser mascarado. O som do tráfego rodoviário normalmente tem sua energia concentrada nas baixas frequências, enquanto sons gerados pela água tendem a apresentar espectros dominados por energia de alta frequência (RÅDSTEN EKMAN; LUNDÉN; NILSSON, 2015).

#### **2.4. O uso do som de água na paisagem sonora**

Os efeitos do som de água na saúde e no bem-estar humano têm sido amplamente investigados. Estudos mostram que esse tipo de som pode ser usado para reduzir os níveis de stress e ansiedade (HSIEH *et al.*, 2023), sendo adotados para melhora da restauração cognitiva e atenção funcional (ZHU *et al.* 2023).

Esses estudos consideram a utilização de diferentes tipos de som de água, podendo ser produzidos por cachoeira, rio, oceano, fontes, chuvas e outros. Os resultados têm mostrado que o efeito na percepção, no entanto, depende das características de cada fonte, especialmente da variabilidade temporal.

Nos últimos anos, diversas pesquisas têm sido conduzidas visando identificar os tipos de sons de água que possuem melhor potencial para mascarar sons indesejados, geralmente de trânsito, e quais atributos desses sons contribuem para melhoria da percepção sonora (YOU; LEE; JEON, 2010).

Rådsten-Ekman, Axelsson e Nilsson (2013) estudaram os efeitos dos sons de água na percepção de usuários, quando somados ao som de trânsito. O experimento foi realizado em laboratório utilizando sons de água com diferentes níveis de agradabilidade (mar, riacho, cachoeira) e sons de trânsito captados, com microfone binaural, em diferentes distâncias da fonte (20 m, 40 m e 80 m), além de outros sons urbanos, visando promover variedade de contexto e omitir a intenção da pesquisa. Ao todo foram apresentados aos ouvintes 32 áudios, com o uso de fones de ouvido, os quais foram classificados através de escala bipolar de adjetivos, de acordo com o modelo de Axelsson, Nilsson e Berglund (2010). Os resultados mostraram que a combinação do som de trânsito com um som de água considerado mais agradável, como o do mar, torna o ambiente acústico mais agradável. Além disso, esses sons aumentam a percepção de “agitação”. Os sons de água considerados menos agradáveis não fizeram diferença no ambiente.

Masullo, Maffei e Pascale (2016) avaliaram o efeito visual, além de sonoro, da inserção de elementos d’água para a melhoria da qualidade e potencial de restauração de uma paisagem sonora, utilizando realidade virtual. A avaliação se constituiu da construção de 5 cenários, em software de modelagem 3D, sendo um de controle (somente o parque com áudio de som de trânsito) e outros 4 com adição de sons e imagens correspondentes a um rio grande, rio pequeno, pequenas ondas do mar e grandes ondas do mar. Os resultados reafirmam a eficiência da inserção dos sons de água para melhoria da qualidade da paisagem sonora e do efeito restaurativo, especialmente das instalações de tamanho maior (grande rio e grandes ondas).

Da mesma forma, Lugten *et al.* (2018) investigaram os efeitos da inserção de vegetação e água em movimento na paisagem sonora de áreas comerciais e residenciais, sujeitas a ruídos de aeronaves. O estudo foi desenvolvido através de realidade virtual, onde os candidatos participaram da simulação e responderam um questionário sobre sua percepção. Os resultados mostram que tais elementos, quando exibidos simultaneamente, aumentaram a qualidade perceptiva da paisagem. Além disso, os sons da água em movimento apresentam maior dominância, mascarando os sons de outras fontes como o trânsito.

Puyana-Romero *et al.* (2021) avaliaram o mascaramento por sons de água em dois ambientes à beira-mar, em Nápoles, na Itália. O estudo foi conduzido em laboratório, utilizando

realidade virtual, através dos sons e vídeos 360° captados em campo. Os áudios foram tratados de maneira que fossem apresentados aos respondentes diferentes cenários em cada ambiente, sendo eles: a situação original (nível de pressão sonora ponderado em A: 65 dB e 55 dB) e outros três áudios com a adição de sons do mar, com aumento progressivo de 5 dB (nível de pressão sonora ponderado em A: 60, 65 e 70 dB e 50, 55 e 60 dB). A avaliação foi conduzida com aplicação de questionário, considerando somente áudio, somente vídeo e áudio e vídeo simultaneamente. O mascaramento foi satisfatório em todos os casos quando exibido somente o áudio, no entanto, quando acrescido do vídeo, os cenários com níveis mais altos de pressão sonora foram considerados menos agradáveis, devido à incoerência entre o que se via e o que se ouvia. Esse fato ressalta o papel da expectativa do usuário para a satisfação com o ambiente.

O estudo de Galbrun e Ali (2013) avaliou as propriedades de diferentes fontes artificiais de água, construídas em um tanque em laboratório, e seu uso como mascarador do som de trânsito. Foi adicionado também o áudio de um riacho, coletado em campo. Os resultados mostram menor variação e maiores valores de  $L_{Aeq}$  em fontes com maior vazão, como as cachoeiras (65 dB -75 dB), em comparação a fontes de menor vazão, como jatos de água e cascatas (50-70 dB). Os sons analisados são de frequência média e alta, com a maior parte da energia contida nas bandas de oitava de 500 Hz a 16 kHz. Embora tenha sido possível gerar baixas frequências com o aumento da vazão em cachoeiras, estes sons não são considerados agradáveis, ao contrário de sons naturais e com menor vazão, como um riacho.

Lee e Lee (2020) avaliaram o potencial de mascaramento de fontes de água artificiais em Singapura, sobre o som de obras e praça de alimentação; assim como, Rådsten-Ekman; Lundén e Nilsson (2015) haviam feito em Estocolmo, na Suécia, sobre o som de trânsito. Ambos os estudos foram realizados em laboratório, após a gravação de áudio em campo. Os ouvintes avaliaram a agradabilidade dos sons através de questionários com escalas bipolares, baseado no estudo de Axelsson, Nilsson e Berglund (2010). A pesquisa realizada em Singapura também avaliou o efeito “calmante” dos sons de água. Nos dois casos o som mascarador teve efeito positivo sobre o som mascarado.

Por outro lado, Trudeau, Steele e Guastavino (2020) realizaram semelhante estudo *in-situ*, em um pequeno parque em Montreal, com o objetivo de analisar a contribuição de pequenas fontes de água na paisagem sonora, considerando três diferentes configurações. Os resultados mostram que em algumas condições adicionar esses sons tem efeito positivo, mas não em todas. Os autores mencionam que a oposição aos resultados encontrados nas pesquisas em laboratório pode estar relacionada ao contexto em que a avaliação é realizada, já que os

fonos de ouvido e outros equipamentos utilizados em laboratório podem aumentar o foco do respondente ampliando a efetividade do mascaramento, diferente do ambiente urbano, onde essa atenção é mais dispersa.

O estudo apresentado por Hong e Jeon (2017) em áreas de uso diversificado, em Seoul, mostrou a relação entre a qualidade da paisagem sonora e sons de água. Em áreas comerciais, os sons de água apresentaram efeito positivo, indicando que o uso de tal fonte sonora pode aumentar a qualidade da paisagem nesses locais. Por outro lado, nas áreas residenciais e parques urbanos, o efeito percebido foi negativo, o que sugere que de sons de água com alta intensidade sonora, podem diminuir a tranquilidade em áreas residenciais ou de lazer. A pesquisa ressalta a importância de compreender o contexto e a expectativa do usuário na promoção de paisagens sonoras mais agradáveis.

Observa-se que grande parte das pesquisas envolvendo o mascaramento por sons de água são realizadas em laboratório utilizando gravações binaurais. Os estudos partem da hipótese de que os sons de água podem assumir caráter positivo em uma paisagem sonora, favorecendo sua qualidade e mitigando sons de caráter negativo, principalmente o som de trânsito. No entanto, tem sido demonstrado que o resultado depende de alguns fatores como o contexto (área comercial, residencial, de contemplação) e o tipo de som (mar, riacho, cascata, fontes artificiais).

Axelsson et al. (2014) ressaltam a importância dos estudos em laboratório como um pré-teste e um entendimento teórico, mas frisam a necessidade de se levar a análise para a vida real para que o conhecimento seja útil na prática.

Além disso, os rios urbanos desempenham um papel significativo na paisagem das cidades, seja para o transporte, como ponto de lazer e recreação, atrativo turístico ou pela biodiversidade. No entanto, a sua integração no meio urbano traz também particularidades, como o conflito com outras fontes sonoras e outros cenários caóticos, que podem impactar na paisagem sonora natural desses ambientes. Essa situação cria um contexto distinto do ambiente controlado de laboratório, onde é possível gerenciar o som reproduzido e as características ambientais. Portanto, analisar e compreender esses espaços é essencial para preservar e restaurar as paisagens sonoras naturais, contribuindo para a promoção da qualidade de vida nas áreas urbanas.

Coelho (2016) comenta a importância de colocar as preferências e expectativas do usuário frente ao processo de planejamento para que se alcance a aceitabilidade e identificação

com o lugar, além de sentimentos de conforto e bem-estar. O autor acrescenta que medidas para o controle do ambiente sonoro podem ser usadas, complementarmente, quando e onde for possível reduzir ou eliminar sons indesejados, já que, embora a inserção e mascaramento por sons desejáveis gerem um aumento da qualidade subjetiva do ambiente, nem sempre se observa a redução dos níveis sonoros (COELHO, 2010).

Assim, embora as estratégias mencionadas acima e outras adotadas, sejam comprovadamente eficientes para mitigação do ruído urbano, é necessário analisar cada situação e diferentes tipos de fontes, tanto positivas, quanto negativas para atender os critérios de conforto acústico no ambiente urbano.

## 2.5. Pesquisas brasileiras sobre paisagem sonora

Para investigar as pesquisas sobre paisagem sonora no contexto brasileiro, foi realizada uma análise bibliométrica dos principais tópicos abordados por estas, nas bases de dados *SCOPUS* e *Web of Science*. O termo bibliometria foi adotado por Pritchard (1969) para definir o uso de métodos estatísticos e matemáticos na análise de obras literárias.

Assim, a primeira etapa se deu com a realização de buscas pelo termo “*Soundscape and Brazil*” nos campos título, resumo e palavra-chave em ambas as plataformas citadas anteriormente. A busca resultou em 68 resultados na *Scopus* e 23 na *Web of Science* e os dados foram, então, exportados em um arquivo na extensão BibTeX (.bib). Foram removidos os resultados duplicados e restaram 67 documentos.

Posteriormente, foram removidos também os resultados não relacionados com a área de pesquisa, como aplicações na música, acústica marinha e animal. Foram selecionados então 18 artigos, os quais foram processados através do aplicativo *Biblioshiny* integrado ao software R Studio (R CORE TEAM, 2023). A plataforma *Biblioshiny* é uma interface web para o uso do pacote *Bibliometrix*, responsável por realizar as análises dos dados, exibidos na forma de gráficos e tabelas (Aria e Cuccurullo, 2017).

Assim, foi utilizado o software R Studio, onde após carregar o pacote *Bibliometrix*, foi necessário digitar o comando “*biblioshiny ( )*”. Então, o software abre automaticamente a interface no navegador de internet, onde é carregado o arquivo exportado das bases de dados e as análises são realizadas.

Os 18 artigos restantes foram também avaliados buscando identificar os objetivos e as metodologias utilizadas.

A Figura 2-8 (a) mostra o panorama geral sobre as pesquisas em paisagem sonora no país e é possível perceber que a maior parte desses documentos abordam questões voltadas a ecologia, análises do impacto sonoro entre diferentes espécies animais, incluindo pesquisas voltadas a paisagem sonora marinha. A Figura 2-8 (b) ilustra os termos utilizados nas pesquisas relacionadas a paisagem sonora urbana. É possível observar que se destacam as pesquisas por aplicação de questionários e o controle de variáveis acústicas, considerando o som de trânsito e o industrial.

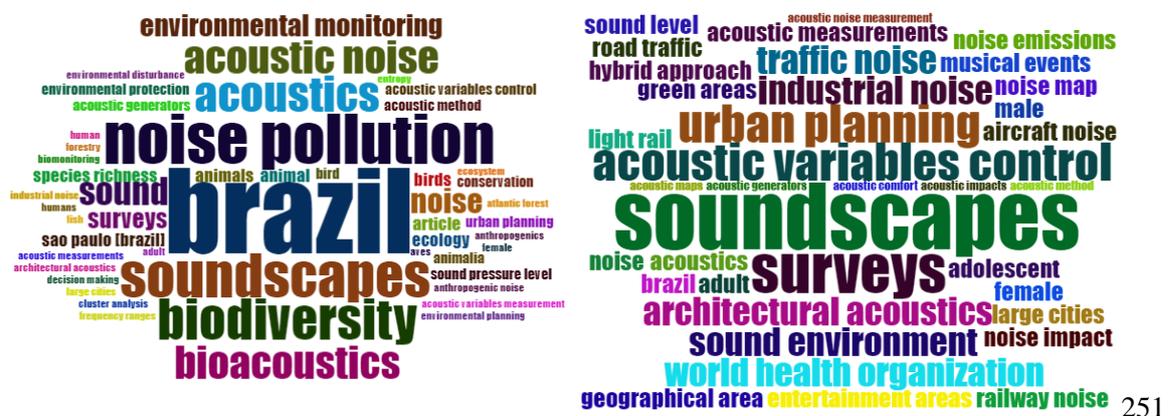


Figura 2-8: Nuvens de palavras sobre a temática da paisagem sonora no Brasil: (a) pesquisas em geral; (b) pesquisas relacionadas ao ambiente urbano.

Fonte: Autora (2022)

A Figura 2-9 mostra que no Brasil, o termo *Soundscape* apareceu pela primeira vez em 2005, mas com um lento crescimento até 2018, sendo que se manteve estável, com 4 publicações, de 2010 até 2018. Observa-se também que o termo *Surveys* aparece apenas em 2019, ano seguinte à publicação da segunda parte da norma de avaliação de paisagem sonora. O termo *Noise Pollution*, porém, se mantém em constante crescimento ao longo do período.

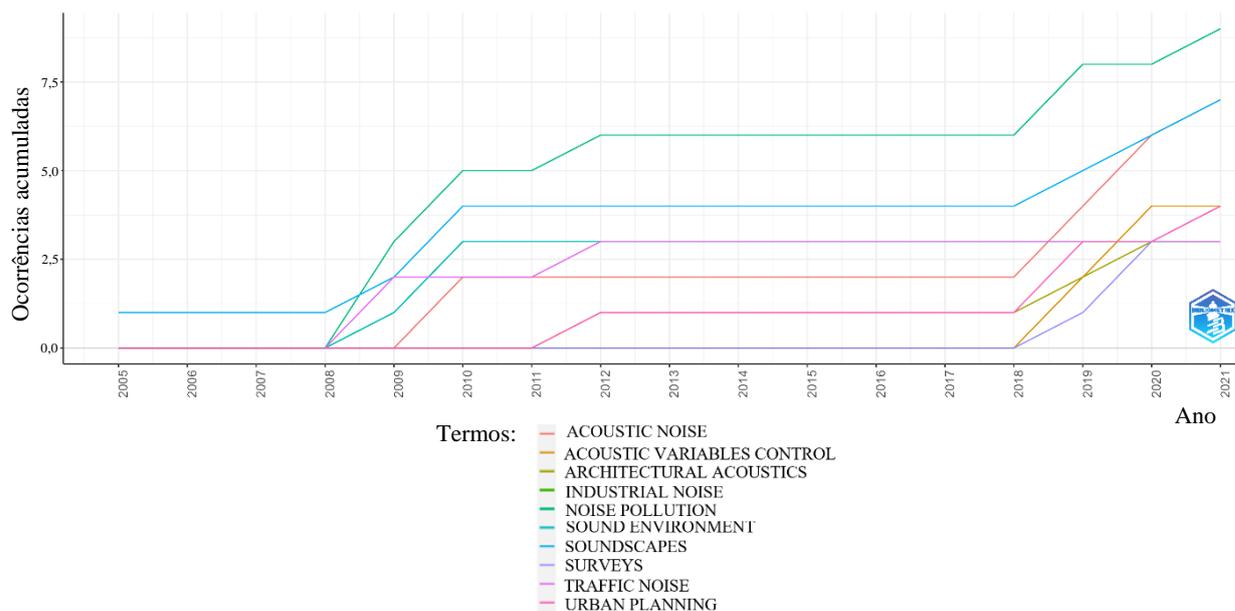


Figura 2-9: Utilização dos termos ao longo do tempo

A Tabela 2-4 reúne os 17 artigos encontrados nas bases de dados analisadas a respeito de paisagem sonora no Brasil. Observa-se que a produção se iniciou em 2005, mas apenas nos últimos anos tem se desenvolvido, com a publicação de mais de um artigo por ano desde 2019.

Tabela 2-4 – Trabalhos brasileiros encontrados em bases de dados

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>	<b>Local</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Método</b>
Barbosa, C.M.R. Assis, E.S. Valadares, V.M.	Case study of soundscape in Belo Horizonte City, Brasil	2005	Belo Horizonte/MG	Analisar as paisagens sonoras de duas praças em Belo Horizonte, identificando e classificando sons como agradáveis ou desagradáveis, durante o verão e o inverno.	Aplicação de questionários e medições de $L_{Aeq}$
Szeremeta, B. Zannin, P.H.	Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise	2009	Curitiba/PR	Investigar o ambiente sonoro de parques públicos utilizando um estudo de paisagem sonora	Aplicação de questionários e medições de $L_{Aeq}$
Brito, F.A.C. Coelho, J.L.B.	The Fortaleza noise mapping project - A tool for the definition of noise action plans for the airport, the light rail system and the Ceará musical event	2010	Fortaleza/CE	Mapeamento de ruído de Fortaleza	Medições de $L_{Aeq}$ e Cálculo do mapa de Ruído (Software CADNA-A)
Brito, F.A.C. Coelho, J.L.B.	The Fortaleza noise mapping project - A tool for the strategies of knowledge and control of noise in the municipality and the new perception for the control of big music events	2010	Fortaleza/CE	Mapeamento de ruído de Fortaleza	Medições de $L_{Aeq}$ e Cálculo do mapa de Ruído (Software CADNA-A)
Soares, A.C.L. Coelho, J.L.B.	An investigation on the soundscape of public parks in the city of Belem, Brazil	2011	Belém/PA	Analisar a paisagem sonora de parques em Belém, com foco nos aspectos que a tornam atraente para os usuários	Medições de $L_{Aeq}$ , Parâmetros microclimáticos
Soares, A.C.L. Coelho, T.C.C. Da Costa, F.M. Coelho, J.L.B.	Soundscape analysis of urban public parks in the Brazilian Amazon	2012	Belém/PA	Analisar a paisagem sonora de parques públicos	Medição de $L_{Aeq}$ , <i>Soundwalk</i> e Cálculo de mapa sonoros por meio de interpolação
Szeremeta, B. Zannin, P.H.	The perception of practitioners of physical activity on environmental sound quality of public parks in Curitiba-Paraná	2015	Curitiba/PR	Analisar a percepção dos praticantes de atividade física sobre a qualidade ambiental sonora dos parques públicos de Curitiba	Aplicação de questionários, Medições de $L_{Aeq}$ e Cálculo do mapa de Ruído ( <i>Software Predictor</i> )

Tabela 2-4 (Cont.) - Trabalhos brasileiros encontrados em bases de dados

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>	<b>Local</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Método</b>
Soares, A.C.L. Coelho, J.L.B.	Urban Park soundscape in distinct sociocultural and geographical contexts	2016	Belém/PA e Lisboa/PT	Comparar paisagens sonoras em parques urbanos no Brasil e em Portugal.	<i>Soundwalks</i> , gravação e processamento de sinais sonoros, Aplicação de questionários e mapeamento de ruído e audibilidade
de Brito, L. A. P. F.	The use of acoustic maps as excess noise identification tool in urban areas	2017	Campos do Jordão/SP	Avaliar a contribuição dos mapas acústicos no planejamento urbano visando a melhoria da paisagem sonora das cidades.	Medições de $L_{Aeq}$ e Cálculo do mapa de Ruído (Software SoundPLAN 7.3)
Xavier Rego, B. Caruso, G. Holtz, M. Carniel, H.	Characterization of the urban sound environment from commercial pedestrian streets: A first approach in São Paulo-Brazil	2019	Osasco/SP	Incorporar ruas comerciais para pedestres em simulações acústicas de São Paulo e sua região metropolitana	Medições de $L_{Aeq}$ , <i>Soundwalk</i> , Aplicação de questionário e Cálculo do mapa de Ruído (Software CADNA-A)
Vieira, B. Barbosa, E. Araujo, B. Brasileiro, T. Alves, L.	The soundscape of Sen. Salgado Filho Avenue, Natal/RN-Brazil: The acoustic impact caused by the insertion of semi-exclusive bus lane	2019	Natal/RN	Entender a influência da configuração viária na qualidade sonora ambiental da cidade para apontar elementos que possam fundamentar planos de mobilidade.	Medições de $L_{Aeq}$ , Aplicação de questionário e Cálculo do mapa de Ruído (Software SoundPLAN 7)
Cortês, M. Niemeyer, M.L.	The soundscape of Santa Marta Favela, Rio de Janeiro, Brazil	2019	Morro Dona Marta - Rio de Janeiro/RJ	Estudar a paisagem sonora da Favela de Santa Marta e seus arredores	Medições de $L_{Aeq}$ , <i>Soundwalk</i> e Aplicação de questionário
da Rosa Oiticica, M. L. G. <i>et al.</i>	Sounds as an expression of urban vitality: Changes in the neighborhood's soundscape affected by technological disaster in Maceió - AL, Brazil	2020	Mutange, Bebedouro e Pinheiro - Maceió/AL	Investigar, de maneira comparativa, as mudanças na paisagem sonora em dois momentos	Medições de $L_{Aeq}$ em dois períodos distintos e Cálculo do mapa de Ruído (Software CADNA-A), Descrição da percepção dos pesquisadores
da Silva, J.T. <i>et al.</i>	The sound's dynamics in street markets during the Covid-19 pandemic: A case study at Tabuleiro Market, Maceió-AL, Brazil	2020	Mercado do Tabuleiro - Maceió/AL	Analisar o impacto sonoro causado por um mercado de rua e a relação desse impacto com a percepção acústica dos usuários, nos cenários: antes e durante a pandemia	Caracterização do entorno (uso do solo e ocupação, Medição de $L_{Aeq}$ , e Aplicação de questionário

Tabela 2-4 (Cont.) - Trabalhos brasileiros encontrados em bases de dados

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>	<b>Local</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Método</b>
de Oliveira, J.D. Biondi, D. dos Reis, A.R.N. Viezzer, J.	Landscape visual and sound quality influence on noise pollution propagation in urban green areas	2021	Jardim Botânico e Parque São Lourenço - Curitiba/PR	Avaliar a influência da qualidade visual e sonora da paisagem na propagação da poluição sonora em dois parques de Curitiba	Medições de nível de pressão sonora, análise visual através de imagens fotográficas
Ferreira, L.R. Borges, É. Grigoletti, G.	Subjective Analysis of Soundscape in Three Areas in The Brazilian City in The Legal Amazon Region	2021	Sinop/MT	Caracterizar subjetivamente a paisagem sonora de três áreas dentro do ambiente urbano para apontar a área que deve ser preservada e/ou que requer adaptação e intervenções estruturais.	Medições de $L_{Aeq}$ , <i>Soundwalk</i> e Aplicação de questionário
de Oliveira, P.L. da Rosa Oiticica, M.L.G. Miranda, E.F.V.	Mapping the soundscape: Impacts of the sounds of faith	2021	Village Campestre - Maceió/AL	Analisar o impacto sonoro provocado por templos na paisagem sonora de uma área residencial	Medições de $L_{Aeq}$ , Aplicação de questionário e Cálculo do mapa de Ruído (Software CADNA-A) e mapas subjetivos

Tabela 2-5 – Trabalhos brasileiros encontrados em outras pesquisas e anais de congresso

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>	<b>Local</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Método</b>
Holtz, M. C. de B.	Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos. Estudo de caso: Parque Villa Lobos, em São Paulo.	2012	São Paulo/SP	Caracterizar o ambiente acústico do Parque Villa Lobos	Medições de $L_{Aeq}$ , Cálculo do mapa de Ruído (Software CADNA-A) e avaliação subjetiva por parte do pesquisador
Hirashima, S. Q. da S. Assis, E. S. de.	Percepção sonora e conforto acústico em espaços urbanos do município de Belo Horizonte, MG.	2017	Belo Horizonte/MG	Apresentar e analisar as respostas dos usuários de espaços urbanos abertos com relação à percepção do volume sonoro e à avaliação de conforto acústico	Aplicação de questionário e medições de $L_{Aeq}$
Bond, P. S. Souza, L. C. L. de Fernandes, R. A. de S.	Percepção da paisagem sonora no parque da represa em São José do Rio Preto, SP	2018	São José do Rio Preto/SP	Identificar relações entre as características do entorno construído ao redor do usuário e a percepção do usuário	Aplicação de questionário e medições de $L_{Aeq}$ e por bandas de 1/3 de oitava e descritores estatísticos ( $L_{A10}$ , $L_{A50}$ , $L_{A90}$ )
Cortês, M. M. Niemeyer, M. L. A. de	Análise da paisagem sonora da Praça Corumbá e Largo dos Leões, Botafogo/Humaitá, Rio de Janeiro.	2018	Rio de Janeiro/RJ	Analisar um espaço urbano além dos aspectos quantitativos de avaliação sonora, verificando também a opinião dos usuários.	Medições de $L_{Aeq}$ , Aplicação de questionário e Cálculo do mapa de Ruído (Software SoundPLAN 7)
de Ulhôa Carvalho, M. L. et al	Uma análise preliminar da Paisagem Sonora do Parque Mutirama, Goiânia-GO	2018	Goiânia/GO	Contribuir na identificação de ferramentas sonoras para um planejamento urbano no qual se valorizem espaços de diversão na cidade de Goiânia-GO.	Aplicação de questionário e medições de $L_{Aeq}$ e descritores estatísticos ( $L_{A10}$ , $L_{A90}$ )
Engel, M. S. <i>et al.</i>	Characterization of the soundscape of parks and green areas through the triangulation of methodologies proposed by ISO/TS 12913-2	2021	Curitiba/PR	Caracterizar a paisagem sonora de dois parques em Curitiba, com características distintas	Aplicação de questionário e medições de $L_{Aeq}$ , Cálculo do mapa de Ruído (Software Predictor) e Mapas de percepção
Michalski, R. Caparroz, G. M. Coutinho, L. DE G.	Sound evaluation of urban spaces in the central area of São Paulo.	2021	São Paulo/SP	Analisar quais as reais condições de ruído às quais estão sujeitas as populações moradoras da região central de São Paulo	Levantamento de características físicas do entorno, Medições de $L_{Aeq}$ , Aplicações de questionário e Cálculo do mapa de Ruído (Software CADNA-A)

Complementarmente, a análise bibliográfica mostra que a avaliação da paisagem sonora nas pesquisas brasileiras é realizada através de medições do nível de pressão sonora paralelamente à aplicação de questionários e/ou de *soundwalk* (também chamada de caminhada sonora), a fim de avaliar a percepção dos usuários.

Nota-se, no entanto, que a produção brasileira conta com outros trabalhos não encontrados na busca inicial na base de dados. Assim, os trabalhos listados na Tabela 2-5 foram obtidos por meio de citações em outras pesquisas e busca em anais de congresso.

Uma das primeiras pesquisas sobre a temática no Brasil foi realizada por Holtz (2012) em um parque da cidade de São Paulo - SP. O autor relata a ausência de procedimentos normalizados, até aquele momento, para avaliação da qualidade de paisagens sonoras. Assim, o trabalho foi realizado através da medição do nível de pressão sonora (NPS), mapeamento de ruído e a percepção do pesquisador a respeito do comportamento dos usuários. Mais recentemente, Michalski, Caparroz e Coutinho (2021) avaliaram espaços urbanos da mesma cidade já com a aplicação de questionários para avaliar a percepção dos usuários.

Ainda no estado de São Paulo, Bond, Souza e Fernandes (2018) analisaram a paisagem sonora, baseando-se em medições de NPS e aplicação de entrevistas, no entorno de uma represa na cidade de São José do Rio Preto. Rego *et al.* (2019) empregaram, também, o *soundwalk*, em uma rua comercial de Osasco, na região metropolitana de São Paulo.

Em Belém – PA, foram analisadas a paisagem sonora de espaços públicos de lazer (parques e praças), com medições do NPS e entrevistas semiestruturadas (COELHO; LOBO SOARES; COELHO, 2012). Da mesma forma, Hirashima e Assis (2017) avaliaram duas praças em Belo Horizonte – MG.

Cortês e Niemeyer (2018) empregaram os mesmos métodos em dois bairros do Rio de Janeiro – RJ, incluindo a elaboração de mapas de ruído. Posteriormente, as autoras analisaram também a paisagem sonora de uma favela na mesma região, através de medições de  $L_{Aeq}$  e entrevistas, precedidas por *soundwalk* com gravações de áudio e vídeo (CORTÊS; NIEMEYER, 2019), assim como realizaram Carvalho *et al.* (2018), em um parque na cidade de Goiânia - GO.

Já em Curitiba – PR, Engel *et al.* (2021), utilizando a triangulação sugerida pela ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), adotaram o uso de mapas sonoros (mapas de ruído e de percepção sonora), aliados às medições e entrevistas em parques da cidade.

Em Maceió – AL, as pesquisas relatam o impacto de eventos específicos na paisagem sonora, como um desastre que resultou na desestabilização do solo em alguns bairros da cidade

(OITICICA *et al.*, 2020) e a pandemia por COVID-19 (SILVA *et al.*, 2020). Em ambos os casos, foram utilizados dados de nível de pressão sonora coletados antes dos episódios, comparando-os com dados posteriores. O primeiro exemplo apresenta ainda a percepção dos pesquisadores nos dois momentos, enquanto no segundo caso, foi aplicado questionário apenas durante a pandemia para usuários de uma feira local.

Destaca-se, ainda, a revista *Acústica e Vibrações*, periódico da Sociedade Brasileira de Acústica (Sobrac), com publicações sobre acústica, vibrações, áudio, audição e áreas correlatas. A busca pelos termos “soundscape” ou “paisagem sonora” resultou em 3 artigos, os quais discutem a paisagem na área central de São Paulo (MICHALSKI; CAPARROZ, 2019) e o impacto da pandemia de COVID-19 nos níveis sonoros dessa região (MICHALSKI, SHIMOMURA; MÜLFARTH, 2021), além de analisar quatro parques públicos em Belém – PA (SOARES; COELHO; COELHO, 2015).

Embora ainda não existam normativas brasileiras que definam os métodos para avaliação de paisagem sonora, os estudos têm se baseado na ABNT NBR 10151 (ABNT, 2020), para realização das medições e em pesquisas internacionais, para análises qualitativas. Após a publicação da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), algumas pesquisas têm adaptado os procedimentos sugeridos. Assim, visando padronizar o uso dos atributos empregados no método A da referida norma e, como parte do projeto “*Soundscape Attributes Translation Project*” (SATP), que traduziu os termos para 15 idiomas, Antunes *et al.* (2021) apresentaram sua tradução do original, em inglês, para o português (do Brasil e de Portugal).

A revisão da literatura mostra que, por um lado, os estudos internacionais, sobretudo os europeus estão focados em buscar métodos que melhor avaliem a paisagem sonora, bem como a caracterização das fontes sonoras e sua relação com a percepção, através da gravação de áudio e posterior reprodução em laboratório. Por outro lado, o cenário brasileiro se concentra na aplicação em campo, utilizando principalmente medições de  $L_{Aeq}$ , aplicação de questionário e mapeamento de ruído. Isso revela uma lacuna significativa em identificar as características das fontes sonoras presentes em ambientes reais no Brasil, bem como compreender a percepção dos usuários frente a essas condições.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

---

Para analisar a paisagem sonora, a pesquisa se baseou na coleta de dados qualitativos e quantitativos em Piracicaba, cidade de porte médio do Estado de São Paulo. Para isso, foram desenvolvidas as seguintes etapas metodológicas, também sintetizadas pelo fluxograma da Figura 3-1.

- Estabelecimento de um recorte com um rio com movimentação de água que emita sons perceptíveis ao ser humano em perímetro urbano e som de trânsito nas proximidades.
- Caracterização física e de ocupação urbana dos pontos de medição de acordo com as principais fontes observadas.
- Desenvolvimento de campanhas de medições de níveis de pressão sonora em pontos específicos do recorte, simultaneamente à coleta de relatos sobre a percepção dos usuários em relação aos sons em dois períodos do ano, um de seca e outro de cheia.
- Análises qualitativas e quantitativas dos resultados e criação de mapas sonoros dos recortes de estudo.
- Testes estatísticos que demonstrem os efeitos dos sons da movimentação da água na percepção humana e na paisagem sonora entre os períodos de seca e cheia do rio.

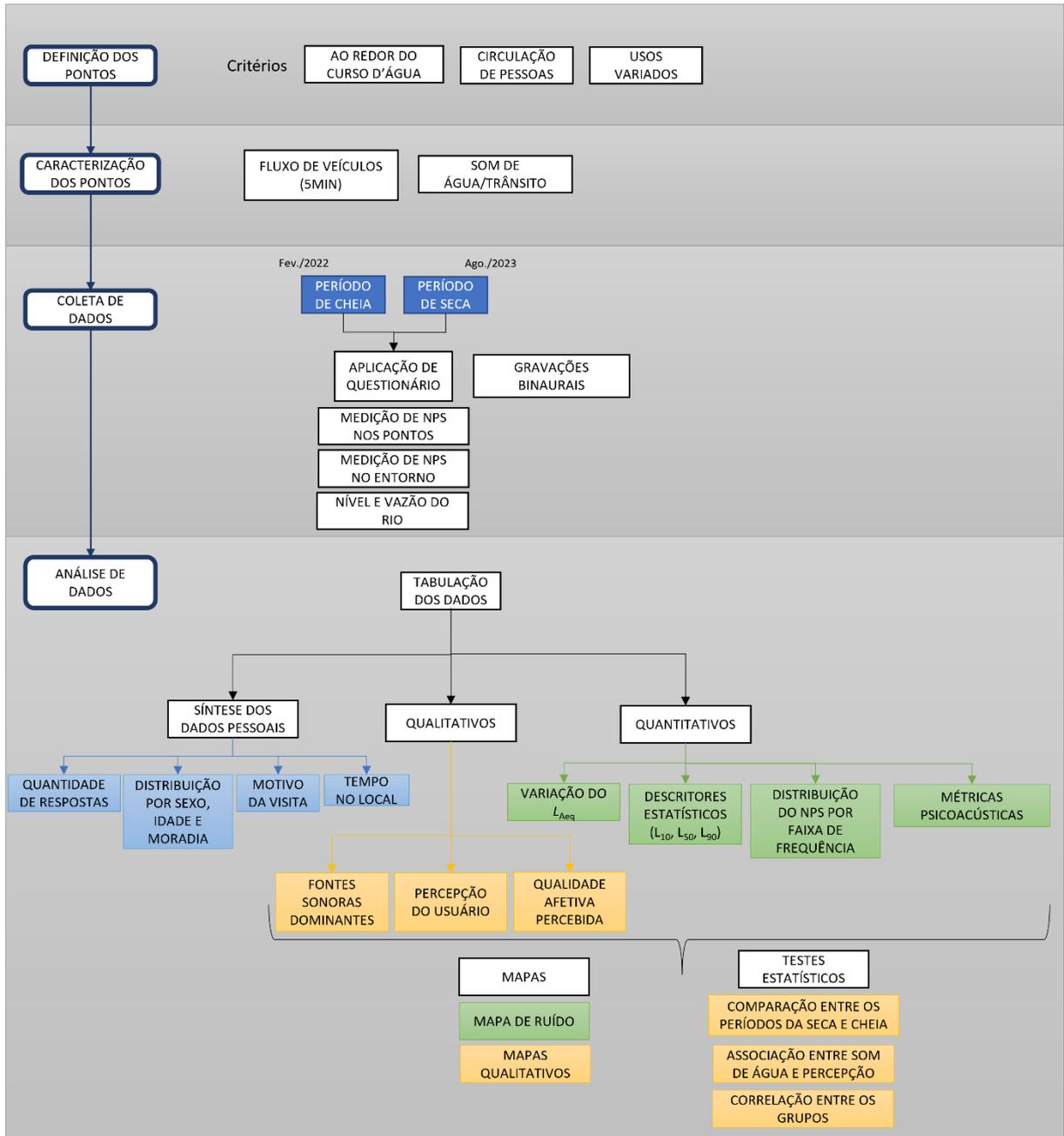


Figura 3-1: Esquema das etapas de trabalho

### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1.1. Área de estudo e definição dos pontos de análise

A cidade de Piracicaba (Figura 3-2) se localiza na porção sudeste do estado de São Paulo, a 162 km da capital (PIRACICABA, 2018). É uma cidade de porte médio, com aproximadamente 400 mil habitantes (IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA., 2019).

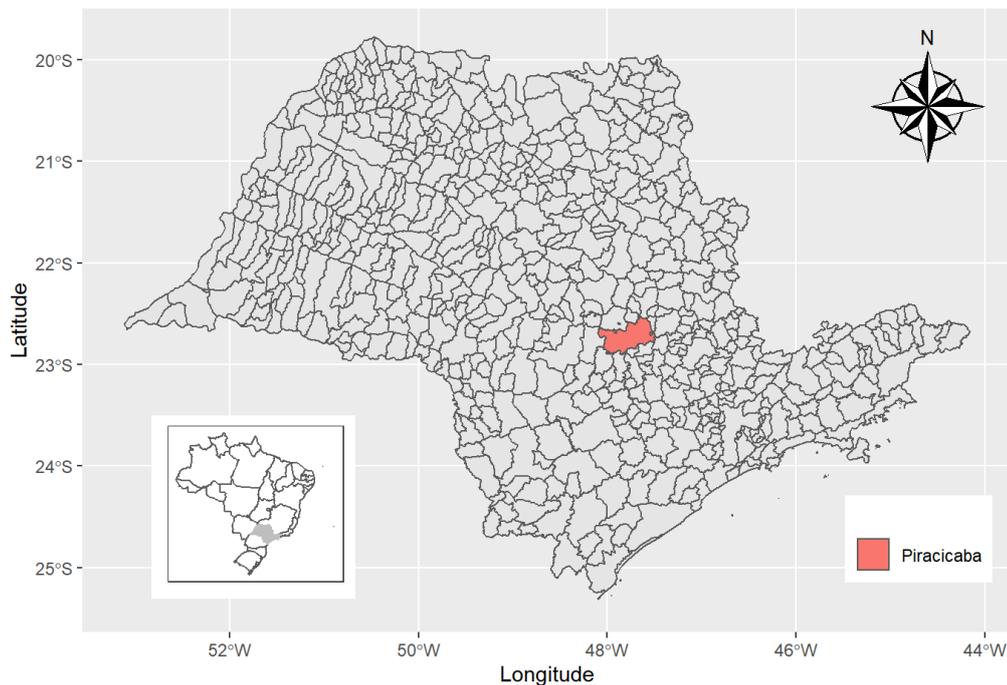


Figura 3-2: Localização da cidade de Piracicaba - SP (Latitude:  $-22^{\circ} 43' 59''$  S, Longitude:  $-47^{\circ} 38' 51''$  W).

Fonte: Autora (2021)

O Rio Piracicaba corta a região noroeste da cidade (Figura 3-3), tendo seu entorno ocupado por diversos usos. Além da importância ambiental, o rio também possui grande relevância cultural, turística e econômica para a cidade.

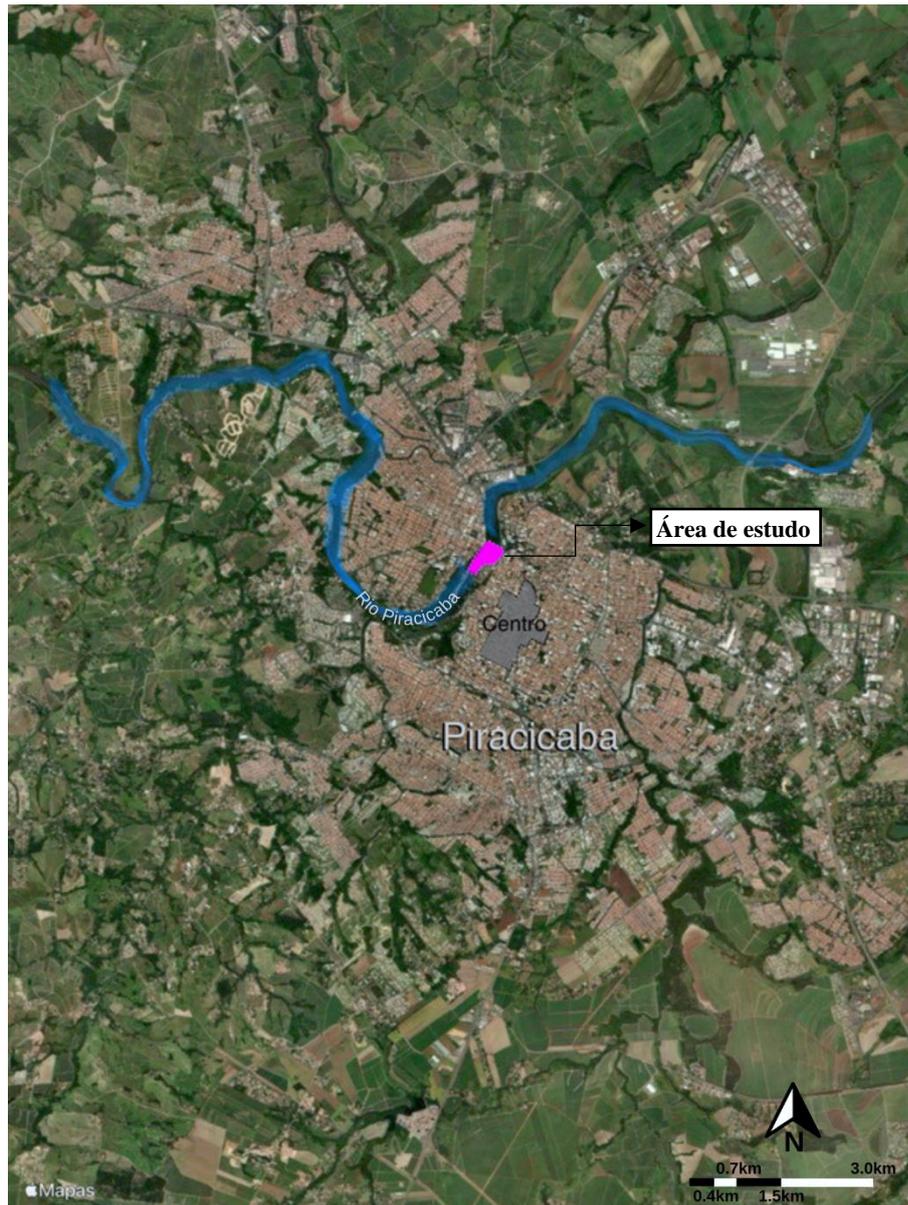


Figura 3-3: Rio Piracicaba cortando o município de Piracicaba-SP

Fonte: Adaptado de Apple Maps (2024).

O plano diretor da cidade define a região ao longo do rio como área de uso não incômodo, “cujas funções são proteger as características ambientais existentes e oferecer espaços públicos adequados e qualificados ao lazer da população” (PIRACICABA, 2018). No entanto, não foram identificadas no plano medidas voltadas à gestão do ambiente acústico urbano.

De 2001 a 2012, a prefeitura do município, através do projeto Beira-Rio, desenvolveu vários estudos e planos de ações visando a qualificação das regiões à margem do Rio Piracicaba, com propostas de intervenções paisagísticas (IPPLAP – INSTITUTO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO DE PIRACICABA, 2019). O projeto garantiu a construção e integração de

parques, criando espaços de lazer e cultura na orla do rio, além dos usos comerciais e residências (Figura 3 - 4).

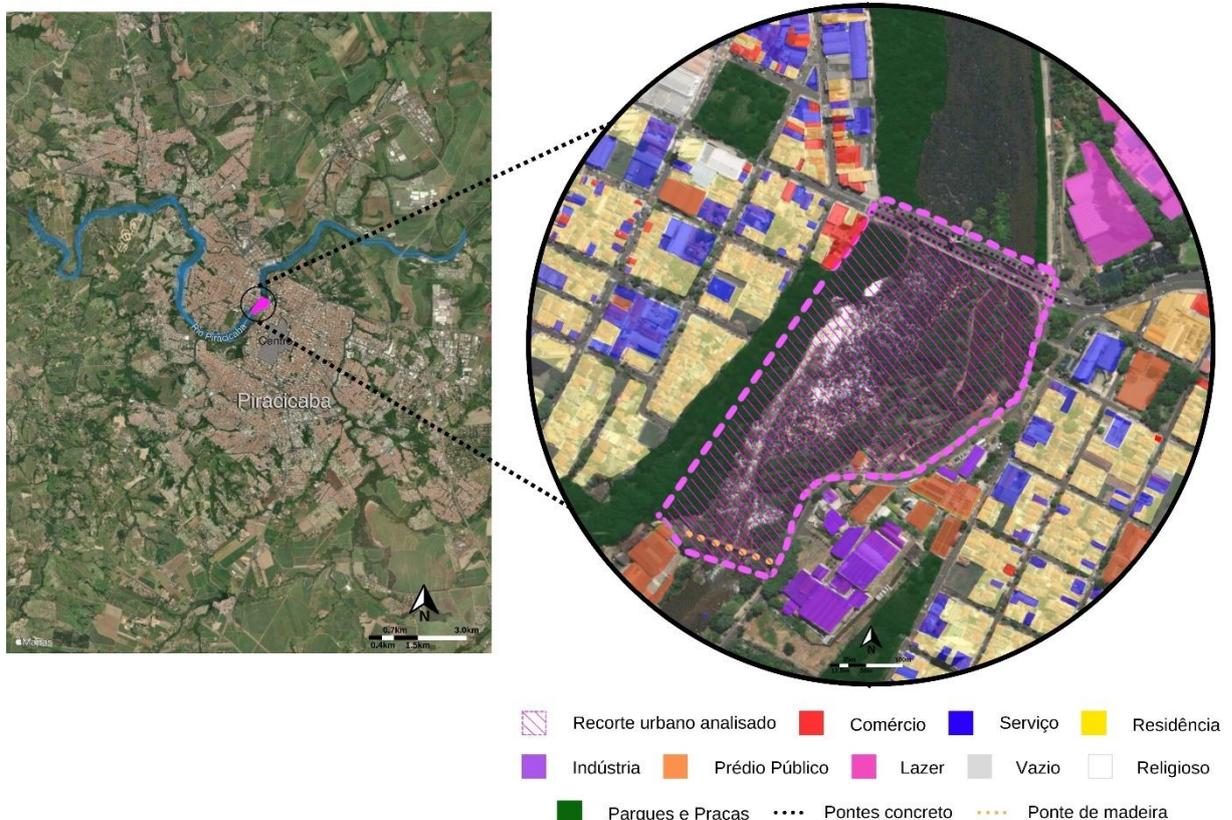


Figura 3-4: Características do entorno imediato

Fonte: Adaptado de Apple Maps (2024).

O recorte urbano selecionado para a análise é delimitado (ao norte) por pontes, de concreto (onde ocorre o trânsito de veículos e pedestres) e (ao sul) de madeira (onde ocorre apenas o trânsito de pedestres), pelo Parque do Mirante (oeste) e pela Avenida Beira Rio (leste). Os equipamentos, especialmente destinados à cultura, atraem turistas e moradores locais a essa região. Por outro lado, as vias garantem circulação de veículos em diferentes intensidades. Além disso, nesse espaço, o Rio Piracicaba apresenta a formação de duas quedas d'água, permitindo que seu som seja ouvido, diferente da maior parte do seu percurso onde as águas são calmas e silenciosas.

A área de estudo está situada ao noroeste da cidade, entre o bairro Vila Rezende e o Centro. Devido a essa configuração, é uma região de grande fluxo de pessoas e veículos. Além dos atrativos turísticos, também se localizam nesse recorte as duas pontes, que ligam o centro da cidade aos bairros situados na porção norte e noroeste do município (Ponte “Irmãos

Rebouças”, sentido bairro-centro e Ponte "Arquiteto Caio Tabajara Esteves de Lima”, sentido centro-bairro).

Ali também se encontra o “Parque do Mirante”, que abriga o Centro de Atendimento ao Turista, o Aquário Municipal “Ilda Borges Gonçalves”, uma queda d’água (formada artificialmente pelo desvio da água do rio por um canal que corta o parque), caminhos e mirantes, de onde é possível observar o Salto do Rio Piracicaba (grande queda d’água formando corredeiras), as pontes e a outra margem do rio. Do lado oposto está a Avenida Beira Rio, onde é possível visitar o Museu da Água "Francisco Salgot Castillon" e acessar, através da Passarela Pênsil, o Engenho Central, local que abriga diversos eventos culturais. A Figura 3-5 mostra a localização desses espaços, com destaque para as principais fontes sonoras, em amarelo (movimentação de água e fluxo de veículos).



Figura 3-5: Pontos turísticos ao redor da área de estudo.

Fonte: Adaptado de Google Earth (2022) com fotos da autora.

Assim, os pontos de análise foram definidos de acordo com os seguintes critérios:

- Áreas ao redor do Rio Piracicaba;

- Áreas de circulação de pessoas, permitindo a aplicação dos questionários;
- Áreas próximas a movimentação de água;
- Diferentes usos do solo, para que se possa analisar contextos variados, visando identificar sons de tráfego, sons de água e a combinação de ambos.

Os pontos permeiam espaços em que se observa a integração do Rio Piracicaba com o trânsito de veículos, pedestres, além de equipamentos culturais e parque linear, configurando paisagens sonoras com fontes variadas, onde é possível analisar a influência do som da água nos níveis sonoros e na percepção dos usuários.

### 3.1.2. Caracterização dos pontos de análise

Para caracterizar a presença de trânsito em cada ponto, foi realizada uma contagem manual do fluxo de veículos durante 5 minutos. Os veículos foram classificados em cinco categorias: carro, moto, van, ônibus e caminhão. Posteriormente, esses dados foram convertidos em Unidades de Carro de Passeio (UCP). A UCP emprega o conceito de veículo equivalente, atribuindo pesos diferentes a cada categoria de veículo com base em seu desempenho no sistema viário (CONTRAN, 2014). Isso permite uma padronização do volume de tráfego, facilitando comparações e análises. Os pesos atribuídos a cada tipo de veículo estão expressos na Tabela 3-1.

**Tabela 3-1 – Fator de equivalência por veículos**

TIPO	FATOR DE EQUIVALÊNCIA
Automóvel	1,00
Moto	0,33
Ônibus	2,00
Caminhão (2 eixos)	2,00
Caminhão (3 eixos)	3,00

Fonte: adaptado de CONTRAN (2014)

A Tabela 3-2 apresenta a caracterização e a denominação adotada em cada um dos pontos em função das fontes sonoras observadas. A localização com a denominação adotada é mostrada na Figura 3-6.

Tabela 3-2 - Caracterização dos pontos

Ponto	Local	Volume de veículos (UCP/5 min)	Denominação
1	Ponte "Irmãos Rebouças" - Ponte do Mirante	168	Trânsito intenso + Água (TI1+A)
2	Ponte "Arquiteto Caio Tabajara Esteves de Lima" - Elevador Turístico	156	Trânsito intenso + Água (TI2+A)
3	Mirante (sobre o Aquário)	-	Água (A1)
4	Av. Dr. Maurice Malain – Entrada Parque do Mirante	4	Trânsito leve + Água (TL+A)
5	Av. Beira Rio	22	Trânsito moderado + Água (TM1+A)
6	Av. Beira Rio – Em frente à cachoeira	22	Trânsito moderado + Água (TM2+A)
7	Parque do Engenho Central	-	Água (A2)



Figura 3-6: Denominação dos pontos  
 Fonte: Adaptada de Google Earth (2022)

- **Trânsito intenso + Água (TI1+A e TI2+A)**

Os pontos de trânsito intenso são localizados sobre as pontes de concreto, que ligam o Centro à Vila Rezende.

A ponte "Irmãos Rebouças", também conhecida como "Ponte do Mirante", possui 3 faixas de rolamento e faixa para bicicleta e pedestres separadas por gradil.



Figura 3-7: Ponto TI1+A

O ponto TI2+A, localizado na ponte "Arquiteto Caio Tabajara Esteves de Lima", possui 3 faixas de rolamento, com velocidade máxima de 50km/h, e calçada para pedestres separada por barreira de concreto. Além disso, no centro da ponte está o elevador panorâmico, ponto turístico da cidade. Ao redor do elevador se forma uma espécie de "varanda" onde os pedestres param para olhar o rio.



Figura 3-8: Ponto TI2+A

- **Trânsito moderado + Água (TM1+A e TM2+A)**

Os pontos de trânsito moderado se localizam na Avenida Beira Rio, via de grande fluxo de turistas devido ao acesso ao parque do engenho e a rua do porto.

O ponto TM1+A se localiza próximo às pontes de concreto, no ponto mais distante do curso do rio. No entanto, próximo a esse ponto há um canal gerado por um desvio do rio, que flui mais lentamente e passa sob a calçada.



Figura 3-9: Ponto TM1+A

O ponto TM2+A está situado próximo à ponte de madeira, que dá acesso ao Engenho Central e ao Parque do Engenho. Na outra margem se observa a cachoeira, cujo som é bastante audível à partir desse ponto.



Figura 3-10: Ponto TM2+A

- **Trânsito leve + Água (TL+A)**

O ponto TL+A está localizado na margem oposta aos pontos de trânsito moderado, em uma das entradas do parque do Mirante. Em frente a uma via, cuja maior parte do fluxo é local, gerado por visitantes. Esse é também o acesso para o Aquário Municipal, Núcleo de Educação Ambiental e o Centro de Informação ao Turista



Figura 3-11: Ponto TL+A

- **Água (A1 e A2)**

Os pontos A1 e A2 estão localizados dentro dos parques, em áreas mais distantes do tráfego de veículos.

O ponto A1 está em um mirante, dentro do Parque do Mirante, abaixo do nível da rua e em frente ao rio. Esse é o ponto mais próximos das corredeiras



Figura 3-12: Ponto A1

O ponto A2 está na entrada do Parque do Engenho, do outro lado da Av. Beira Rio e em frente ao rio.



Figura 3-13: Ponto A2

O Anexo D apresenta o perfil de elevação do terreno na região dos pontos de análise e outras fotos da área.

## 3.2. COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi desenvolvida em duas campanhas, sendo a primeira no período da cheia (fevereiro e março de 2022) e a segunda no período da seca (agosto e setembro de 2023). As coletas foram divididas nas etapas descritas a seguir:

### 3.2.1. Coleta de relatos

Visando identificar a avaliação subjetiva dos usuários presentes na área de estudo, foi desenvolvido o questionário presente no Anexo A, baseando-se na ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018), que analisou:

- Questões pessoais - idade, sexo, motivo e tempo de permanência no local,
- Questões relacionadas à paisagem sonora - percepção de intensidade sonora (escala ordinal com 5 pontos, de “Muito quieto” a “Muito barulhento”), percepção de conforto, tolerância e agradabilidade com o ambiente sonoro (escala de diferencial semântico), a qualidade afetiva percebida (escala ordinal com 5 pontos, de “Concordo totalmente” a “Discordo totalmente”) e a identificação de fontes sonoras (escala ordinal de 5 pontos, variando de “Não ouço” a “(a fonte) Domina totalmente”).

A aplicação do questionário se deu nos pontos definidos anteriormente, de terça a quinta-feira (visando excluir movimentações atípicas ocorridas no início e no final da semana), em dois períodos: 8h às 11h e 14h às 17h.

Os respondentes foram selecionados aleatoriamente entre os usuários de cada espaço. A amostra, por conveniência, foi de 276 respostas. Considerando um nível de confiança de 95%, o erro amostral calculado foi de 5,9%, de acordo com a equação 1:

$$E = Z * \sqrt{\frac{p*(1-p)}{n}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

- Z é o valor crítico da distribuição normal padrão para o nível de confiança desejado.
- p é a proporção da população.
- n é o tamanho da amostra.

Para um nível de confiança de 95%, o valor crítico  $Z$  é aproximadamente 1,96 e, considerando que não se conhece a proporção da população, foi adotado o valor usual de 0,5.

### 3.2.2. Medições nos pontos

Durante a aplicação do questionário, foram realizadas campanhas de medição do nível de pressão sonora com o uso de sonômetro (Brüel & Kjær Type 2270, com microfone capacitivo Type 4189-A-021) em cada um dos pontos.

Os equipamentos foram calibrados em laboratório (Anexo C) e o ajuste com o calibrador acústico (Brüel & Kjær Type 4231) foi realizado antes e depois das medições, conforme determinação da ABNT NBR 10151 (ABNT, 2020). Ainda de acordo com a referida norma, o medidor acústico foi posicionado em um tripé, a aproximadamente 1,4 m do solo, distante pelo menos 2 m de paredes ou superfícies refletoras.

Embora não se tenha um tempo padrão para medições do  $L_{Aeq}$ , a ABNT NBR 10151 (ABNT, 2020a) especifica que o tempo escolhido deve ser suficiente para permitir a caracterização do som em questão. Na literatura, grande parte dos trabalhos adotam entre 5 min e 15 min, no entanto, alguns autores mostram que 5 min é o suficiente para medição em regiões com vias de trânsito intenso (MENDONÇA; SURIANO; SOUZA, 2012; SZEREMETA; ZANNIN, 2009).

Assim, as medições ocorreram em intervalo de 5 minutos durante o período citado, sendo descartados os registros em que houve interrupções ou sons intrusivos.

### 3.2.3. Gravação de áudio binaural e cálculo dos parâmetros psicoacústicos

Para caracterizar quantitativamente cada um dos ambientes, foram realizadas gravações de áudio de aproximadamente 5 minutos em cada um dos pontos estudados com um sistema de aquisição de som composto por: um gravador digital modelo ZOOM H6 com dois pequenos microfones omnidirecionais de lapela (Figura 3-14).



Figura 3-14: Sistema de aquisição de áudio

Os registros foram feitos com taxa de amostragem de 44,1 kHz e 24 bits de profundidade. Os microfones foram posicionados na altura das orelhas da pesquisadora, como se fossem fones de ouvido, há aproximadamente 1,6 m do solo, conforme recomendação da ISO/TS 12913-2 (ISO, 2018). As gravações foram realizadas apenas para o período da seca e não foram realizadas simultaneamente com as etapas anteriores em função da disponibilidade de equipamento.

Para a calibração do equipamento foi realizada a gravação de um áudio de referência (com pressão sonora conhecida) e, posteriormente, gerado um fator de calibração determinado pela divisão da pressão sonora conhecida pela pressão sonora gravada pelo sistema durante a reprodução. Além disso, o nível de pressão sonora foi medido simultaneamente durante as gravações com o uso do sonômetro, possibilitando comparação posterior.

Os áudios foram, então, processados no software Artemis Suite<sup>®</sup>, onde foram calculados os parâmetros psicoacústicos (*loudness, sharpness, roughness, fluctuation strength* e *tonality*) para ambos os canais. Selecionou-se o maior valor entre os canais, para cada parâmetro, conforme indicação da ISO/TS 12913-3 (ISO, 2020).

### 3.3. ANÁLISE DE DADOS

#### 3.3.1. Tabulação dos dados quantitativos

Após as medições de níveis de pressão sonora, os dados foram descarregados com o uso do software BZ5503 - *Measurement Partner Suite*, da Brüel & Kjær<sup>®</sup> e exportados para o Microsoft Excel<sup>®</sup>.

Foram utilizados:

- Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado em “A” ( $L_{Aeq}$ ): para esse parâmetro adotou-se a média do tempo de medição em cada um dos pontos.
- Níveis de pressão sonora máximo ( $L_{AFmáx}$ ) e mínimo ( $L_{AFmín}$ ): para esse parâmetro adotou-se os valores mínimos e máximos de todo o tempo de medição em cada um dos pontos.
- Descritores estatísticos: Foram utilizados aqui a média do tempo de medição do  $L_{AF10}$ ,  $L_{AF50}$  e  $L_{AF90}$ , em cada um dos pontos.
- Nível de pressão sonora contínuo equivalente em bandas proporcionais de 1/3 de oitava: para esse parâmetro adotou-se a média de todo o tempo de medição em cada um dos pontos.

### 3.3.2. Tabulação dos dados qualitativos

As respostas dos questionários foram registradas no Microsoft Excel<sup>®</sup> e carregadas no RStudio<sup>®</sup>, onde foram analisadas e apresentadas através de gráficos.

- Identificação da fonte sonora: as respostas foram convertidas para escala numérica, variando de 1 (não ouço) a 5 (domina totalmente), apenas por questão de ordenação. A análise foi realizada em função da frequência relativa de cada resposta em cada um dos pontos e plotada em gráficos de barras.
- Percepção de intensidade sonora: as respostas foram convertidas para escala numérica, variando de 1 (muito barulhento) a 5 (muito quieto), apenas por questão de ordenação. A análise foi realizada em função da frequência relativa de cada resposta em cada um dos pontos e plotada em gráfico de barras.
- Conforto, Tolerância e Agradabilidade: as respostas foram convertidas para escala numérica, variando de 1 (Desconfortável/Intolerável/Desagradável) a 5 (Confortável/Tolerável/Agradável) apenas por questão de ordenação. A análise foi realizada em função da frequência relativa de cada resposta em cada um dos pontos e plotada em gráficos de barras.
- Qualidade afetiva percebida: as respostas foram convertidas para escala numérica, variando de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente), apenas por questão de ordenação. A análise foi realizada seguindo as recomendações da norma ISO/TS 12913-3 (ISO, 2020). Foram obtidas as medianas das respostas para cada um dos

adjetivos (agradável, irritante, calmo, caótico, vibrante, monótono, agitado, rotineiro), em cada ponto. Os resultados foram inseridos nas equações 2 e 3, da mesma norma:

$$\text{Agradabilidade} = (\text{agradável} - \text{irritante}) + \cos 45^\circ * (\text{calmo} - \text{caótico}) + \cos 45^\circ * \text{vibrante} - \text{monótono} \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{Agitação} = (\text{agitado} - \text{rotineiro}) + \cos 45^\circ * (\text{caótico} - \text{calmo}) + \cos 45^\circ * \text{vibrante} - \text{monótono} \quad (\text{Equação 3})$$

Os valores foram plotados em um gráfico de dispersão, sendo o valor da “agradabilidade” a coordenada X e da “agitação” a coordenada Y.

### 3.3.3. Mapas sonoros

a) mapas qualitativos: Para o cálculo dos mapas qualitativos, cada um dos pontos foi inserido no software QGIS®. Os adjetivos foram convertidos em escalas, variando de 1 a 5, conforme descrito no item 3.3.2 e foram obtidas as medianas de cada indicador. Os valores foram inseridos no QGIS® e os mapas gerados através de Interpolação IDW (Figura 3-15).

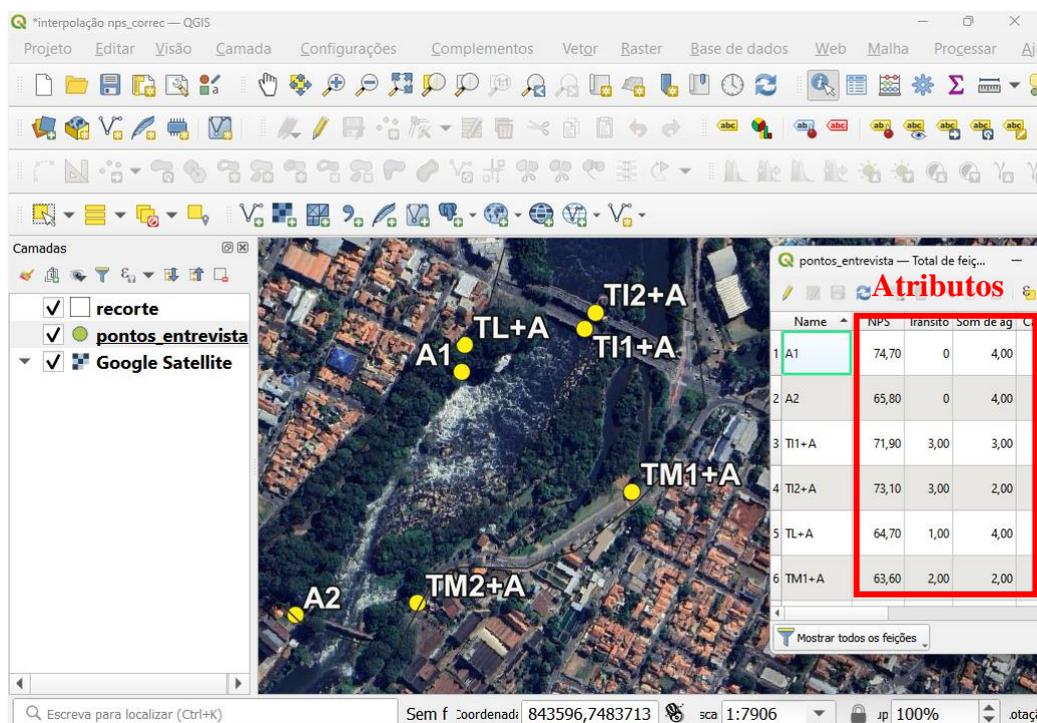


Figura 3-15: Dados inseridos no Qgis®

Ao seleccionar a Interpolação IDW no software SIG, é necessário informar qual camada contém os dados a serem interpolados e qual o atributo utilizado (Figura 3-16).

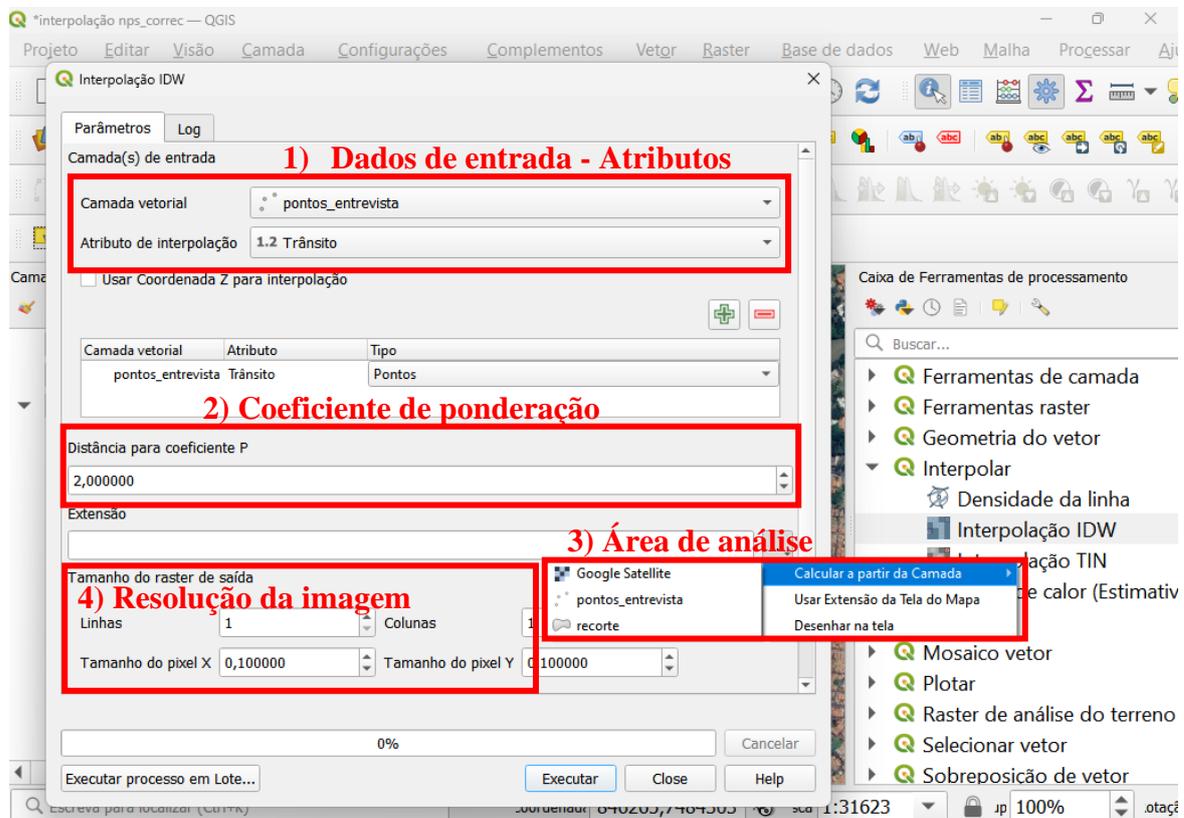


Figura 3-16: Interpolação IDW

Como atributos foram definidos inicialmente:

- Os sons mais representativos, de acordo com a avaliação qualitativa, resultando em três mapas: sons de água, sons de trânsito e sons de canto dos pássaros.
- Foram calculados também os mapas de percepção de intensidade sonora, de conforto, tolerância e agradabilidade.

O “coeficiente p” é o coeficiente de ponderação da distância, que determina como a distância influencia o valor do ponto desconhecido. Valores maiores indicam que o ponto desconhecido será mais influenciado pelo valor observado. Foi adotado o valor padrão do software de  $p=2$ , o que resulta no método do Inverso do Quadrado da Distância. Esse método é amplamente utilizado em áreas como física e engenharia para descrever o efeito de uma fonte

pontual, o qual é inversamente proporcional ao quadrado da distância (COLETTI; KALCZYNSKI; DREZNER, 2024).

O parâmetro "extensão" define a área na qual o cálculo será realizado e pode ser limitado por uma camada específica, a extensão da tela ou por uma seleção feita na tela. Foi selecionada a camada "recorte", que representa o polígono que delimita a área de análise.

O tamanho do raster de saída determina a resolução do mapa em termos de pixels, onde imagens com maior resolução oferecem melhor definição, mas exigem mais tempo de processamento. Após testes, optou-se por utilizar uma resolução de 500 x 599 pixels, considerada adequada para o tamanho da área em questão.

Visando a combinação dos mapas interpolados, foram propostos outros dois mapas, utilizando a ferramenta Calculadora Raster, do QGIS. Essa ferramenta permite realizar operações matemáticas, combinando diferentes camadas raster através de equações personalizadas.

- O mapa de positividade das fontes sonoras foi proposto considerando a resposta geral dos usuários na área e o nível de dominância de cada fonte. Nesse sentido, foi atribuído o peso 2 às fontes sonoras classificadas como positivas pelos respondentes. O objetivo foi fazer com que ambientes onde predominam fontes positivas recebam uma pontuação mais alta, enquanto ambientes com presença significativa de ambas as fontes obtenham uma pontuação intermediária e ambientes com fontes negativa, uma pontuação inferior. O método proposto resultou na equação 4:

$$\text{positividade} = (\text{sons de trânsito} + (\text{sons de água} * 2) + (\text{sons de canto dos pássaros} * 2)) / 5 \quad (\text{Equação 4}).$$

- Com base na sobreposição dos mapas gerados anteriormente, foi proposto um mapa síntese, chamado de mapa de qualidade sonora. O mapa de qualidade pretende combinar o resultado das análises de percepção sobre o recorte em estudo, conforme ilustra Figura 3-17.

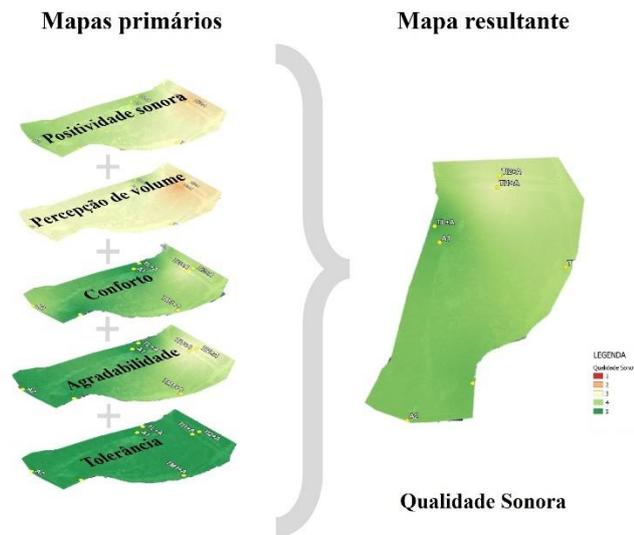


Figura 3-17: Sobreposição de mapas

Ainda, visando manter a escala de 5 pontos, comum a todos os mapas, dividiu-se o resultado por 5, conforme a equação 5.

$$\text{qualidade} = (\text{percepção de volume} + \text{conforto} + \text{tolerância} + \text{agradabilidade} + \text{positividade}) / 5 \quad (\text{Equação 5}).$$

b) mapa de ruído: Os valores de  $L_{Aeq}$  medidos foram inseridos em software SIG (QGIS®) e o mapa foi calculado através da Interpolação IDW.

### 3.3.4. Comparação entre períodos de seca e cheia

Visando comparar os dois períodos analisados (seca e cheia), foi aplicado o teste U de Mann-Whitney (ou teste de Wilcoxon-Mann-Whitney). Esse é um teste não-paramétrico, utilizado para comparar duas amostras independentes, para identificar se há diferenças estatisticamente significativas entre as medianas, com base no p-valor. Assim, se p-valor é menor que o nível de significância (aqui adotado 0,05), rejeita-se a hipótese nula, sendo que:

Hipótese Nula (H0): Não há diferença significativa entre as distribuições das duas amostras.

Hipótese Alternativa (H1): Há uma diferença significativa entre as distribuições das duas amostras.

O teste foi, então, realizado no software RStudio, com o uso da função `wilcox.test`, do pacote `Stats`, nativo do software (R CORE TEAM, 2023).

### 3.3.5. Influência do som de água na percepção dos usuários

Para compreender a influência do som da água na percepção dos usuários foi realizada uma Análise de Correspondência Múltipla (ACM) entre as variáveis percepção do som da água (que mede o quanto os respondentes podiam ouvir esse tipo de som), percepção de volume sonoro (o quão quieto ou barulhento estava o ambiente) e agradabilidade, conforto e tolerância com o ambiente sonoro. A ACM é uma técnica de análise multivariada, utilizada para estudar a associação entre as variáveis qualitativas e suas categorias (FÁVERO; BELFIORE, 2017).

No entanto, só participam da ACM as variáveis que apresentam associação estatisticamente significativa com pelo menos uma das variáveis contidas na análise. Assim, é necessário, antes de realizar a ACM, checar a associação de cada par de variável.

Para avaliar a associação entre as variáveis foram construídas tabelas de contingência e aplicado um teste de associação. Tabelas de contingência (também conhecidas como tabela de classificação cruzada (*cross-tabulation*) ou, ainda, tabela de correspondência) são, de acordo com Fávero e Belfiore (2017), a forma mais simples de se resumir um conjunto de dados provenientes de duas variáveis qualitativas. As tabelas mostram a distribuição conjunta das categorias das variáveis através das frequências absolutas e relativas de cada par de categoria. Assim, enquanto a linhas apresentam a frequência de respostas para as categorias de uma variável X, as colunas apresentam de uma variável Y (Tabela 3-3).

**Tabela 3-3 – Notação para tabelas de contingência**

X \ Y	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	...	B <sub>j</sub>	Total
A <sub>1</sub>	n <sub>11</sub>	n <sub>12</sub>	...	n <sub>1j</sub>	n <sub>1.</sub>
A <sub>2</sub>	n <sub>21</sub>	n <sub>22</sub>	...	n <sub>2j</sub>	n <sub>2.</sub>
...	...	...	...	...	...
A <sub>i</sub>	n <sub>i1</sub>	n <sub>i2</sub>	...	n <sub>ij</sub>	n <sub>i.</sub>
Total	n <sub>.1</sub>	n <sub>.2</sub>	...	n <sub>.j</sub>	n <sub>..</sub>

Fonte: Adaptado de Bussab e Morettin (2017)

Em que:

$n_{ij}$  = número de elementos que votaram simultaneamente na  $i$ -ésima categoria da variável X e  $j$ -ésima categoria da variável Y

$n_{i.}$  = número total de elementos que votaram na  $i$ -ésima categoria da variável X

$n_{.j}$  = número total de elementos que votaram na  $j$ -ésima categoria da variável Y

$n_{..}$  =  $n$  = número total de elementos da amostra

As tabelas podem, ainda, trazer os resultados esperados, que se referem às frequências que seriam esperadas em cada célula da tabela se não houvesse associação entre as variáveis analisadas. O resultado esperado para cada célula é calculado pela equação 5:

$$\frac{n_i * n_j}{n} \quad (\text{Equação 6})$$

O teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) é um teste estatístico utilizado para avaliar a associação entre duas variáveis categóricas. O teste compara as frequências observadas na tabela com as frequências esperadas. Se as frequências observadas forem significativamente diferentes das esperadas, há uma associação entre as variáveis analisadas.

Assim, como o teste de Mann-Whitney, o teste qui-quadrado também utiliza o p-valor para avaliar as hipóteses, portanto, se  $p < 0,05$ , rejeita-se a hipótese nula:

Hipótese Nula (H0): Não há associação entre as variáveis categóricas.

Hipótese Alternativa (H1): Há uma associação entre as variáveis categóricas.

Considerando o tamanho da amostra e visando obter maior significância para a análise, visto que algumas categorias obtiveram menos de 5 votos, os extremos de cada variável foram agrupados da seguinte forma:

**Tabela 3-4 – Agrupamento de categorias**

Variável	Categorias originais	Agrupadas
Agradabilidade Tolerância Conforto	1	1-2
	2	
	3	3
	4	4-5
	5	
Percepção de volume sonoro	Muito quieto	Quietos
	Quietos	
	Nem Quietos, Nem Barulhentos	Nem Quietos, Nem Barulhentos
	Barulhentos	Barulhentos
	Muito Barulhentos	
Percepção do som de água	Não ouço	Ouço pouco
	Ouço pouco	
	Ouço moderadamente	Ouço moderadamente
	Ouço muito	Ouço muito
	Domina totalmente	

As tabelas de contingência e o teste qui-quadrado foram realizados no software RStudio, com o uso do pacote *sjPlot*, utilizado para a criação de gráficos e tabelas para a visualização de dados, especialmente para dados de modelos lineares, frequências simples e tabuladas cruzadas, histogramas (LÜDECKE, 2023).

Após o teste de todas as variáveis, foi realizada a Análise de Correspondência Múltipla, ainda utilizando o software RStudio, com o pacote *FactoMineR* (LÊ; JOSSE; HUSSON, 2008). O pacote *FactoMineR* é utilizado para a análise multivariada de dados e, dentro da função “MCA”, o argumento “*method*” permite escolher entre dois diferentes tipos de matrizes: matriz Indicadora e matriz de Burt.

A matriz indicadora é uma matriz binária (composta por 0s e 1s), indicando a presença ou ausência de uma categoria específica para cada observação, enquanto a matriz de Burt é uma matriz de contingência, considerando a frequência de interação de todas as categorias de variáveis. Embora o resultado gerado por ambos os métodos seja equivalente, a matriz de Burt é uma otimização da inércia. Além disso, é mais usada para situações mais complexas envolvendo a interação entre várias variáveis simultaneamente (FÁVERO; BELFIORE, 2017). Assim, optou-se por adotar a matriz de Burt.

Na realização da Análise de Correspondência Múltipla (ACM), o algoritmo gera coordenadas para cada categoria de resposta e para cada participante. As coordenadas são calculadas a partir da interdependência das variáveis. Dessa forma, quanto mais frequentemente duas categorias forem escolhidas simultaneamente, maior será a associação e o agrupamento em uma mesma dimensão.

Essa análise é composta por 10 dimensões, cuja variância explicada é apresentada na Figura 3-18.

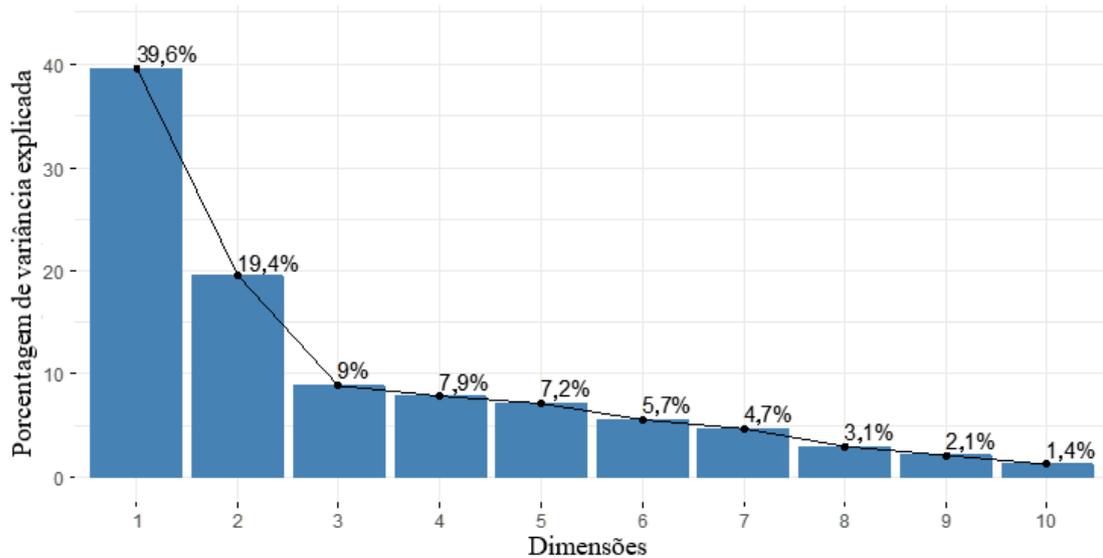


Figura 3-18: Variância explicada por dimensão

Cada dimensão contribui para a explicação total da variância nos dados, sendo que, dimensões com grande variância são mais importantes e indicam associações mais significativas. Observa-se que as duas primeiras dimensões explicam mais de 50% de todo o comportamento das variáveis (39,6% dim1 e 19,2% dim2), sendo escolhidas para compor o mapa perceptual.

A Figura 3-19 mostra a contribuição de cada categoria estudada para a inércia (variação) das duas principais dimensões. A linha vermelha horizontal mostra a contribuição média. Variáveis acima dessa linha têm uma contribuição acima da média, enquanto aquelas abaixo têm uma contribuição abaixo da média.

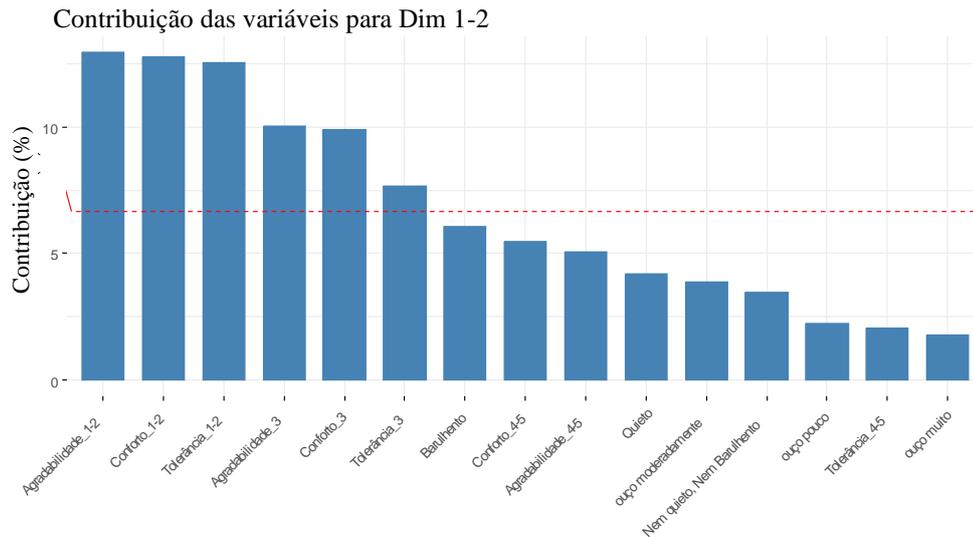


Figura 3-19: Contribuição das categorias nas dimensões 1 e 2.

Observa-se que grande parte da variação se concentra no polo negativo (resposta 1 e 2) e no intermediário (respostas 3) das variáveis conforto, tolerância e agradabilidade. É necessário considerar, no entanto, que a maior parte das respostas obtidas nesse estudo se concentrou no extremo positivo (respostas 4 e 5), fazendo com que não houvesse grande dispersão desses dados.

Assim, após determinar a dimensionalidade, as coordenadas são plotadas no mapa perceptual, transformando cada variável e observação em um ponto, sendo que quanto mais próximas elas estiverem posicionadas no plano cartesiano, maior é o relacionamento identificado.

As coordenadas foram exportadas e o gráfico bidimensional foi realizado com o pacote ggplot2, usado para criar gráficos customizáveis no R (WICKHAM, 2016).

### 3.3.6. Influência dos parâmetros acústicos e psicoacústicos na percepção dos usuários

Buscando analisar a relação entre as variáveis objetivas (parâmetros acústicos e psicoacústicos) e subjetivas (percepção dos usuários), realizou-se a análise de Correlação de Spearman. O teste de Correlação de Postos de Spearman (SPEARMAN, 1904) é considerado um teste não-paramétrico, sendo utilizado quando se analisam variáveis qualitativas ordinais ou quando a variável quantitativa estudada não apresenta distribuição normal.

A associação entre as variáveis é medida pelo coeficiente  $\rho$  (*rho*) de Spearman, que varia de -1 a 1. Valores mais próximos de -1 ou 1 apresentam forte correlação, enquanto valores

próximos ao 0 apresentam correlação fraca. Se positivos, o aumento de uma variável é associado ao aumento de outra; quando negativos, mostram correlações inversamente proporcionais, ou seja, quando uma variável aumenta, a outra diminui. A Tabela 3-5 mostra a interpretação dos valores.

**Tabela 3-5 – Interpretação do coeficiente de correlação**

Valor de $\rho$ (+ ou -)	Interpretação
0,00 a 0,19	Correlação muito fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

Fonte: Baba, Vaz e Costa (2014)

Considerando que os parâmetros psicoacústicos foram calculados para cada ponto e não por observação, foi necessário calcular a mediana das variáveis de percepção para todos os pontos, resultando em 7 valores para cada variável. As análises foram realizadas no software RStudio com o uso do pacote *corrplot*, responsável pela visualização de matrizes de correlação (WEI; SIMKO, 2021).

## 4. RESULTADOS

A amostra é composta por maioria do sexo masculino (61%), com idade variando de 13 a 73 anos, com média de 38,6 anos (DP=15). A maior parte dos respondentes reside na cidade de Piracicaba (76%) e o principal motivo relatado para a visita aos pontos analisados foi a realização de atividades de lazer; com exceção do ponto “TI1 + A”, em que a maioria transita pelo local para ir ao trabalho e atividades diárias, como ir à escola e ir ao dentista. No entanto, o tempo de permanência da maioria dos usuários é inferior a 15 minutos em todos os pontos, especialmente nos pontos “TI1 + A”, “TI2 + A” e “TM1 + A”, que são destinados a circulação de pessoas, enquanto em “A1”, “A2”, “TL+A” e “TM2 + A”, destinados a lazer e contemplação, há uma maior distribuição quanto ao tempo de permanência dos participantes (Tabela 4-1).

**Tabela 4-1 – Principal motivo da visita e tempo de permanência no local**

PONTO		A1	A2	TI1 + A	TI2 + A	TL + A	TM1 + A	TM2 + A
<b>RESPOSTAS</b>		<b>37 (13%)</b>	<b>43 (16%)</b>	<b>44 (16%)</b>	<b>35 (13%)</b>	<b>40 (14%)</b>	<b>36 (13%)</b>	<b>41 (15%)</b>
<b>MOTIVO DA VISITA</b>	Ativ. física	5%	9%	14%	6%	3%	22%	15%
	Lazer	76%	60%	14%	69%	70%	56%	73%
	Trabalho	19%	30%	39%	26%	28%	8%	12%
	Outro	-	-	34%	-	-	14%	-
<b>TEMPO NO LOCAL*</b>	0-15 min.	73%	47%	98%	94%	60%	97%	51%
	15-30 min.	14%	28%	2%	3%	7%	-	24%
	30-45 min.	3%	9%	-	3%	12%	-	12%
	45-60 min.	-	2%	-	-	-	-	-
	60+ min.	11%	14%	-	-	20%	3%	12%

\* até o momento da entrevista

Os resultados foram divididos de acordo com as etapas de realização: análise descritiva univariada e testes de hipótese.

A análise descritiva apresenta em gráficos e tabelas os resultados objetivos (dados medidos e/ou calculados), subjetivos (relativos à percepção dos usuários) e mapeamento.

#### 4.1. Dados objetivos

O nível de pressão sonora equivalente ponderado em A ( $L_{Aeq}$ ) variou de 63,6 dB (ponto TM1+A) a 74,7 dB (ponto A1). Considerando o valor estabelecido pela ABNT NBR 10151 (ABNT, 2020), como limite para área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo (período diurno – 65 dB) apenas os pontos TM1 e TL estariam abaixo (Tabela 4-2).

**Tabela 4-2 – Nível de pressão sonora e descritores**

Ponto	$L_{Aeq}$	$L_{AFmáx}$	$L_{AFmín}$	$L_{10}$	$L_{50}$	$L_{90}$	$L_{10}-L_{90}$
A1	74,7	83,2	72,3	75,0	74,7	74,4	0,6
A2	65,8	74,2	61,9	66,1	65,8	65,4	0,7
TI1	71,9	98,4	61,2	74,3	69,3	65,1	9,2
TI2	73,1	113,5	57,6	74,9	70,5	61,7	13,2
TM1	63,6	91,4	49,7	66,8	59,2	54,5	12,3
TM2	66,0	92,8	62,4	67,6	64,9	64,3	3,3
TL	64,7	84,9	61,2	65,1	64,5	64,1	1,0

Observa-se também a grande amplitude ( $L_{AFmáx} - L_{AFmín}$ ) nos pontos de tráfego intenso (55,9 dB, no TI2 e 37,2 dB no TI1) e moderado (41,7 dB, no ponto TM1 e 30,3 dB, no ponto TM2). A variação temporal ( $L_{10}-L_{90}$ ) também foi maior nos pontos TI1, TI2 e TM1, o que pode ser atribuído à menor presença de sons de água nesses espaços, correspondendo aos baixos níveis sonoros do som residual ( $L_{90}$ ), enquanto os sons de trânsito elevam o  $L_{10}$ .

Os pontos sem a presença de trânsito ou com trânsito leve tiveram menor variação em ambos os quesitos, já que o som é quase constante, embora com altos níveis sonoros, resultantes da proximidade às fontes com som de água.

A Figura 4-1 apresenta a distribuição do NPS por faixa de frequência em cada um dos pontos. Os espaços onde ocorre a presença do som de trânsito apresentam o pico nas baixas frequências, enquanto os sons caracterizados pela ausência de trânsito, mas com presença de água, têm uma distribuição mais uniforme do som entre as baixas e médias frequências. É possível perceber, por exemplo, que em A1, os sons graves alcançam valores semelhantes aos demais pontos, embora sejam mais elevados que em TL+A. Por outro lado, ainda em A1, os sons médios se sobressaem, sendo mais elevados, inclusive, do que nos locais de trânsito intenso de veículos.

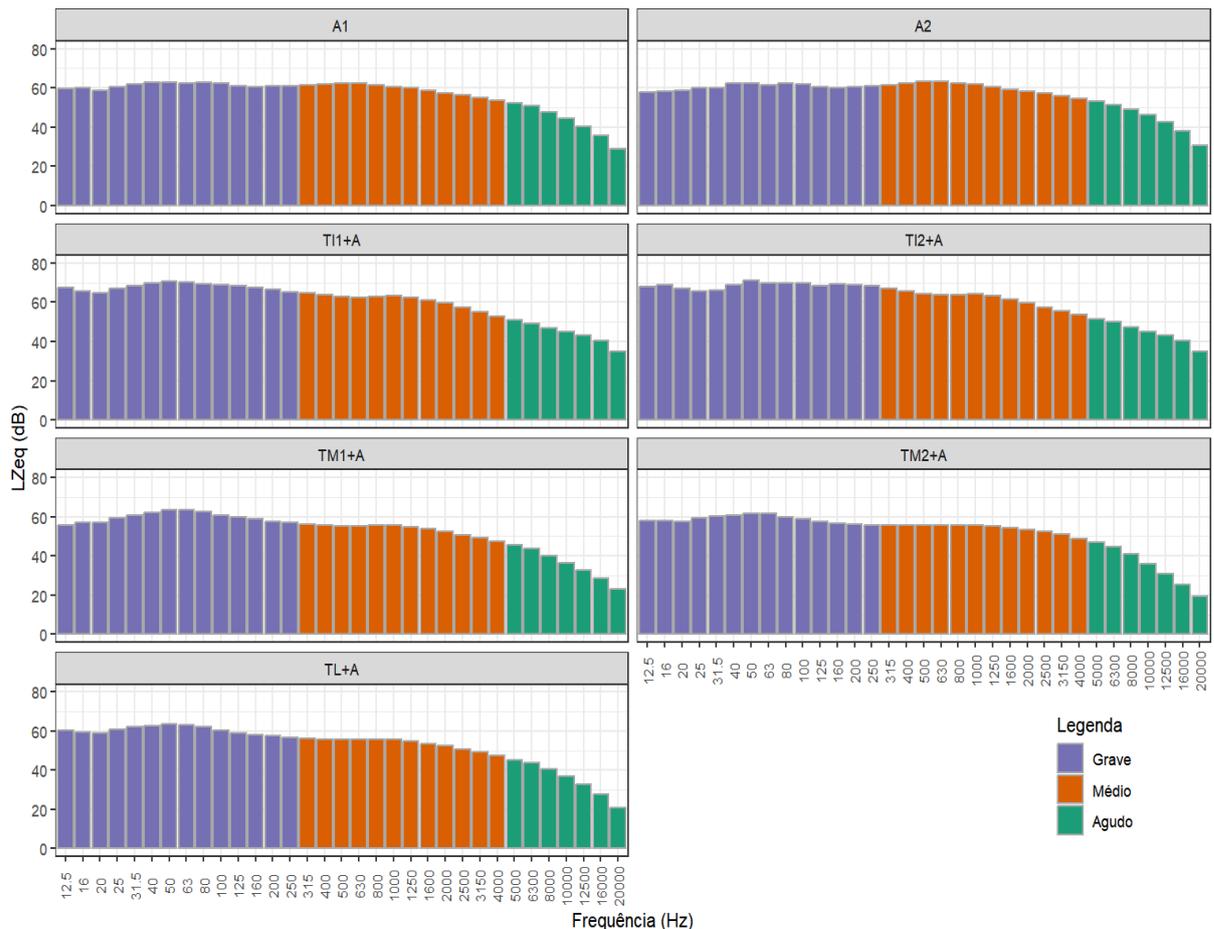


Figura 4-1: Análise por bandas de 1/3 de oitava

A Figura 4-2 apresenta os parâmetros psicoacústicos calculados em cada um dos pontos. Pontos com trânsito intenso têm *loudness* maior em 5% do tempo, com valor similar ao ponto A1. O ponto A2, embora com altos níveis de pressão sonora, possui metade do valor de *loudness* observado no outro ponto com o mesmo tipo de som, que se sobressaiu para esse parâmetro. Também para o *sharpness*, o ponto A1 obteve maiores valores, enquanto no ponto TI2+A, esse parâmetro se destaca em 5% do tempo.

Já para os parâmetros *fluctuation strength*, *roughness* e *tonality*, os pontos com maior volume de trânsito (TI1+A, TI2+A e TM1+A) apresentaram maiores valores, especialmente para o F10. O ponto TM1+A parece ter mais alterações lentas ao longo do tempo, especialmente em 10% do período analisado e maior presença de componentes tonais. O ponto TI2+A se sobressai quanto às alterações mais rápidas.

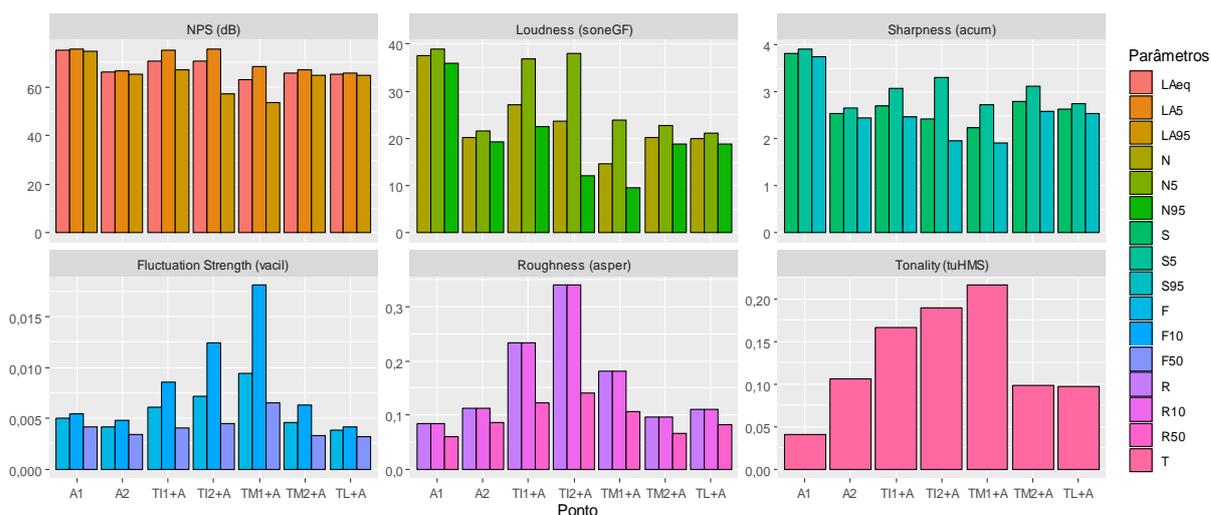


Figura 4-2: Parâmetros psicoacústicos

A presença significativa de som de água pode contribuir para níveis mais altos de pressão sonora e *loudness*, com uma qualidade sonora mais suave (menor oscilações lentas e oscilações rápidas moderadas) e com maior presença de conteúdo de alta frequência.

O trânsito intenso também contribui para níveis elevados de pressão sonora, porém com uma qualidade sonora mais áspera (maiores variações no som ao longo do tempo), assim como maior percepção dos componentes tonais (maior *tonality*) e com variação significativa entre os percentis, especialmente para os parâmetros relativos à modulação do som. Pode haver momentos em que o som tem maior variação do que em outros.

Para o trânsito moderado observa-se uma diferença entre os pontos em função da variação na presença do som de água. Assim, enquanto o ponto com maior presença do som de água (TM2+A) apresenta constância ao longo do tempo e mais suavidade, semelhante aos pontos A1 e A2, no ponto com menor presença desse som (TM1+A), observam-se maiores oscilações ao longo do tempo, especialmente para variações lentas em 10% do tempo, semelhante aos pontos de tráfego intenso.

O trânsito leve, ainda que com grande presença de som de água resulta em níveis mais baixos de pressão sonora e *loudness*, com uma qualidade sonora mais suave, sem variações.

## 4.2. Dados subjetivos

Os dados subjetivos referem-se à percepção dos usuários sobre o ambiente sonoro.

A principal fonte sonora observada foi o som de água, embora sua predominância tenha variado em cada um dos espaços analisados (Figura 4-3). O ponto com maior presença de som de água foi o ponto A1 (92%, considerando as respostas de “Domina totalmente”), seguido pelo A2 (63%), TM2+A (54%), TL+A (52%), TII+A (25%), TI2+A (6%) e TM1+A (3%). Alguns pontos também apresentam grande porcentagem para “Ouço muito”, indicando forte presença desse som, embora não domine o ambiente, como o ponto TII+A (32%) e TI2+A (40%).

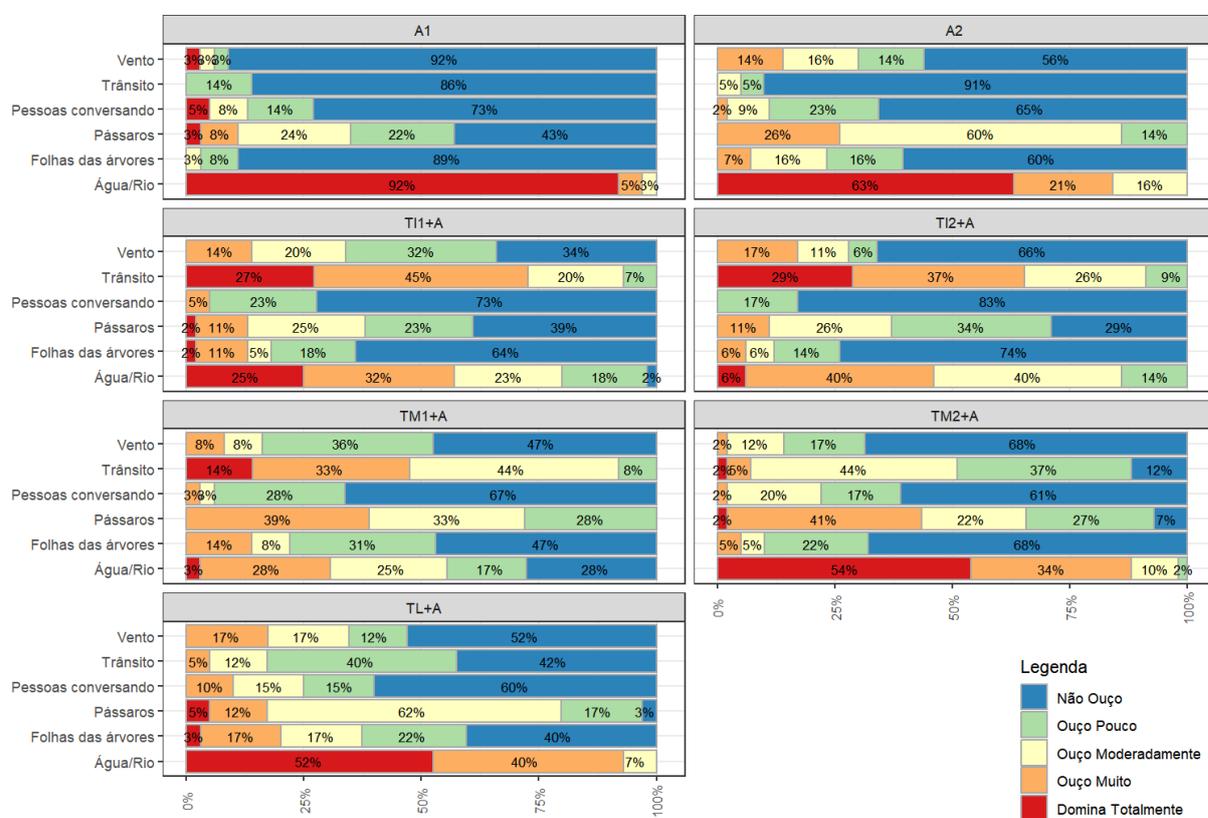


Figura 4-3: Fontes sonoras observadas

O som do trânsito aparece com maior intensidade nos pontos TII+A (27%) e TI2+A (29%), mas também pode ser percebido em TM1+A (14% das respostas para domina totalmente e 33% ouço muito) e TM2+A (2% de votos para domina totalmente e 5% ouço muito). No ponto TL+A apenas 5% dos respondentes declaram ouvir muito esse som.

Embora o ponto TM1+A e TM2+A tenham o mesmo fluxo de veículos, o som de trânsito foi mais ouvido no ponto TM1+A, enquanto o som da água foi mais ouvido no TM2+A. O fato se deve à proximidade do primeiro ponto com as rotatórias e os pontos de tráfego intenso, enquanto o segundo está localizado na margem oposta à cachoeira.

Além das duas fontes principais, água e trânsito, algumas outras fontes foram observadas nos pontos, porém com menor intensidade, como o canto dos pássaros (41% de votos para ouço muito em TM2+A, 39% em TM1+A e 26% em A2). As demais fontes foram omitidas por não aparecerem ou aparecerem pouco na paisagem.

Os respondentes declararam se consideram positiva ou negativa cada uma das fontes sonoras avaliadas, mesmo as que não faziam parte da paisagem sonora (Figura 4-4). As fontes consideradas mais positivas foram os sons naturais, como canto dos pássaros (100%), água/rio (99%), vento (96%) e folhas das árvores (96%). Entre os sons considerados negativos estão sons eletromecânicos (máquina/indústria (90%), obra/construção (87%)), de transporte motorizado (trânsito (80%)) e animais domésticos (cães latindo (64%)).

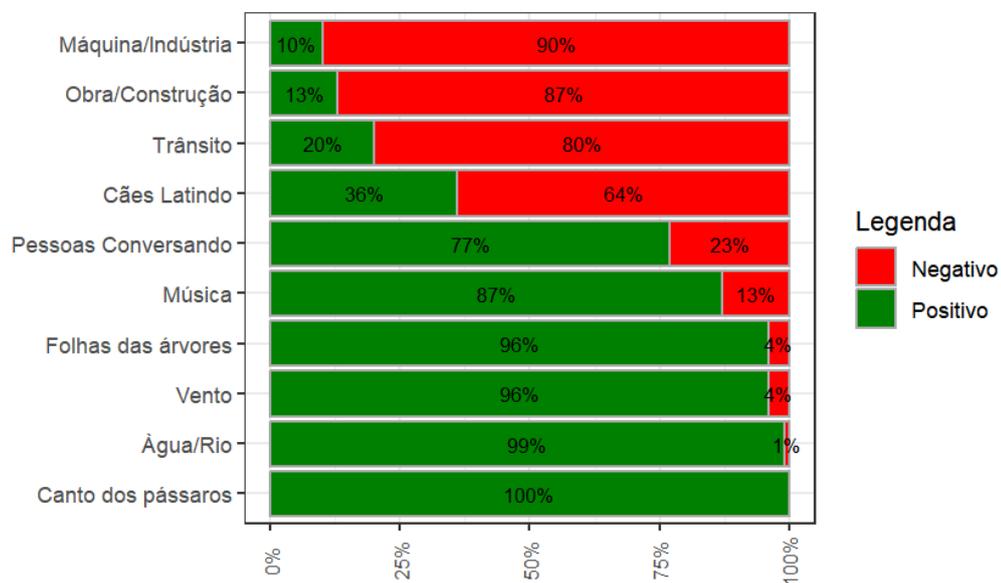


Figura 4-4: Avaliação de positividade das fontes

A percepção dos usuários sobre o ambiente sonoro (Figura 4-5) foi predominantemente neutra em grande parte dos pontos, com maioria dos votos para “Nem Quietos, Nem Barulhentos” em TM2+A (54%), TM1+A (50%), A1 (41%), TI2+A (46%).

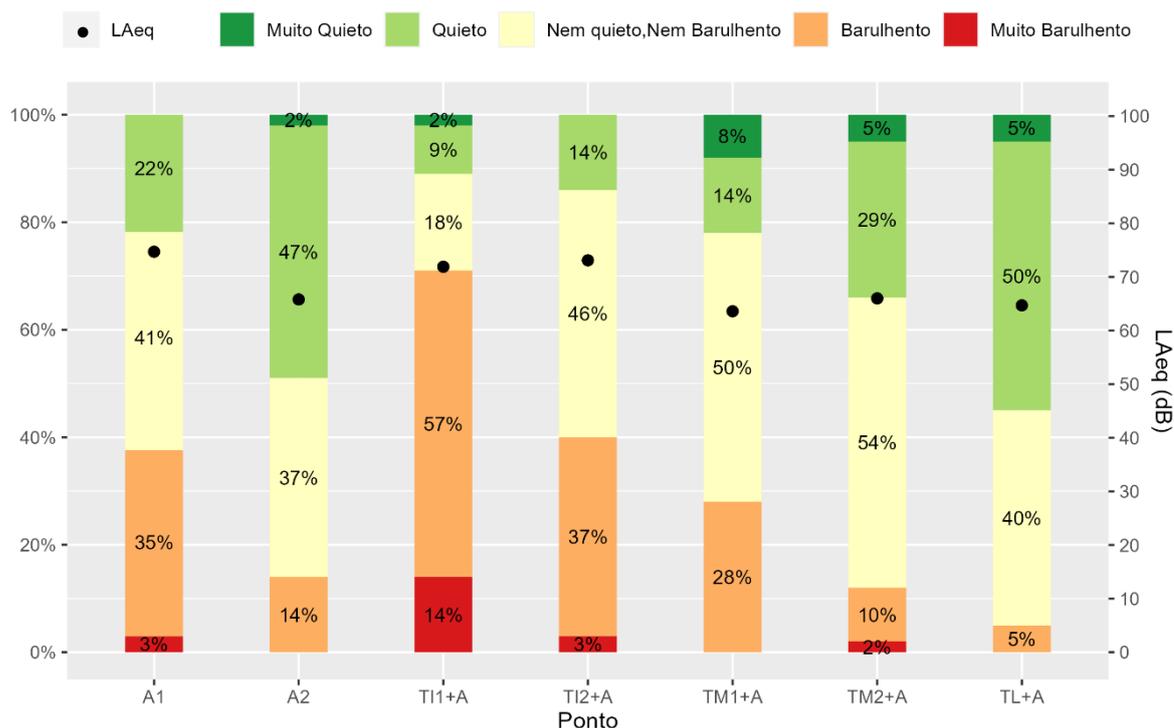


Figura 4-5: Percepção dos usuários

Os pontos TL+A e A2 tiveram maioria de votos para “Quietos” (50% e 47%, respectivamente), embora tenham apresentado grande porcentagem de respostas neutras (40% e 37%, respectivamente).

Embora os pontos TI2+A e A1 tenham apresentado grande quantidade de votos para “Barulhento” (37% e 35%, respectivamente), esse não foi predominante. O único ponto com predominância de votos negativos (Barulhento) foi o TI1+A (57%), que também apresentou o maior número de votos para “Muito Barulhento” (14%).

Nota-se que, embora A1, TI1+A e TI2+A tenham apresentado valores de  $L_{Aeq}$  semelhantes, apenas o TI1+A apresentou percepção de elevados níveis sonoros. Da mesma forma, A2, TM1+A, TM2+A e TL+A tiveram níveis sonoros semelhantes, porém em TM1+A a percepção de silêncio foi menor.

Os pontos mais confortáveis acusticamente (Figura 4-6) foram TL+A (80%) e A1 (76%), com pouca variação na distribuição dos votos. Os pontos A2, TM2+A e TI2+A, apresentaram distribuição dos votos semelhantes entre si, no entanto, no ponto TI1+A, o extremo negativo (1) obteve mais votos que a segunda posição (2), ao contrário dos outros dois pontos. Os pontos de tráfego intenso foram os que receberam a maior quantidade de votos para desconfortável (TI1+A com 23% e TI2+A com 17%).

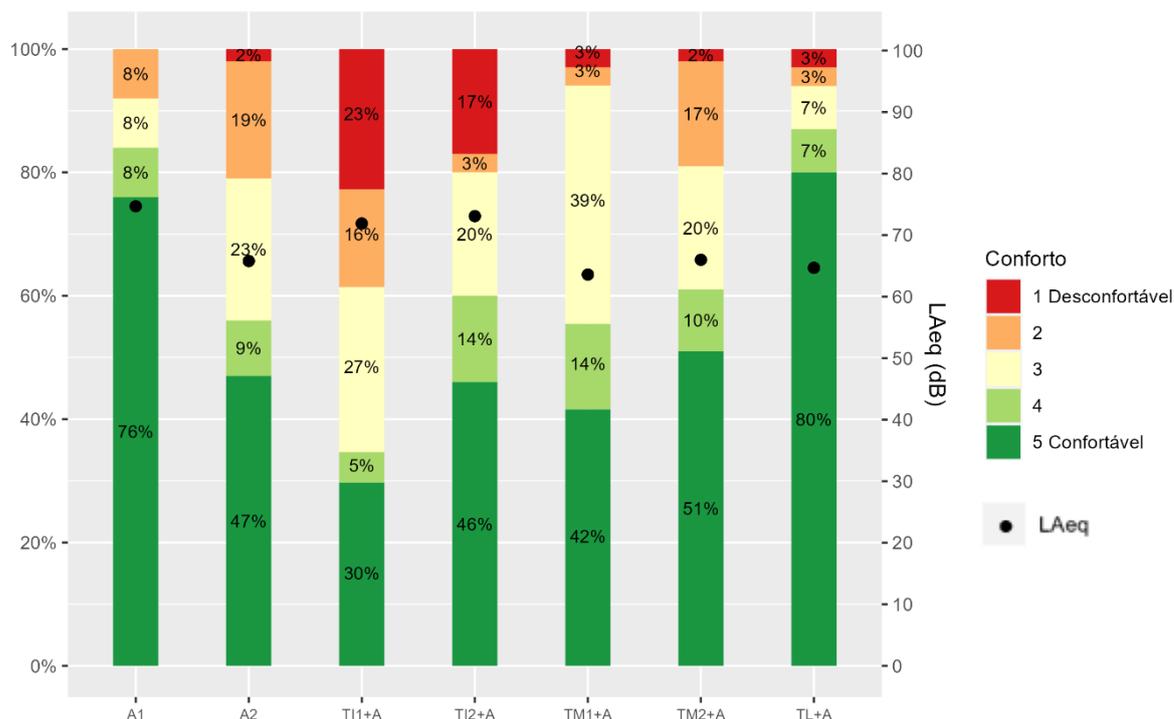


Figura 4-6: Conforto

O ponto TM1+A teve grande porcentagem de votos neutros (39%), mas prevaleceram os votos positivos, sendo considerado confortável, assim como todos os outros pontos.

Similar ao que ocorre com a percepção de volume, a percepção de conforto também mostra que os pontos em que se ouve mais o som de água (A1, A2, TM2+A e TL+A) são mais confortáveis do ponto de vista sonoro, mesmo que apresentem níveis sonoros semelhantes aos demais.

Os pontos com maior percentual de intolerância (Figura 4-7) foram os de tráfego intenso (9% e 6%), enquanto os com maior tolerância foram os com som apenas de água (84% e 91%). No entanto, o grau de tolerância dos usuários foi alto em todas as áreas, especialmente em A2 (91%), A1 (84%) e TL+A (82%).

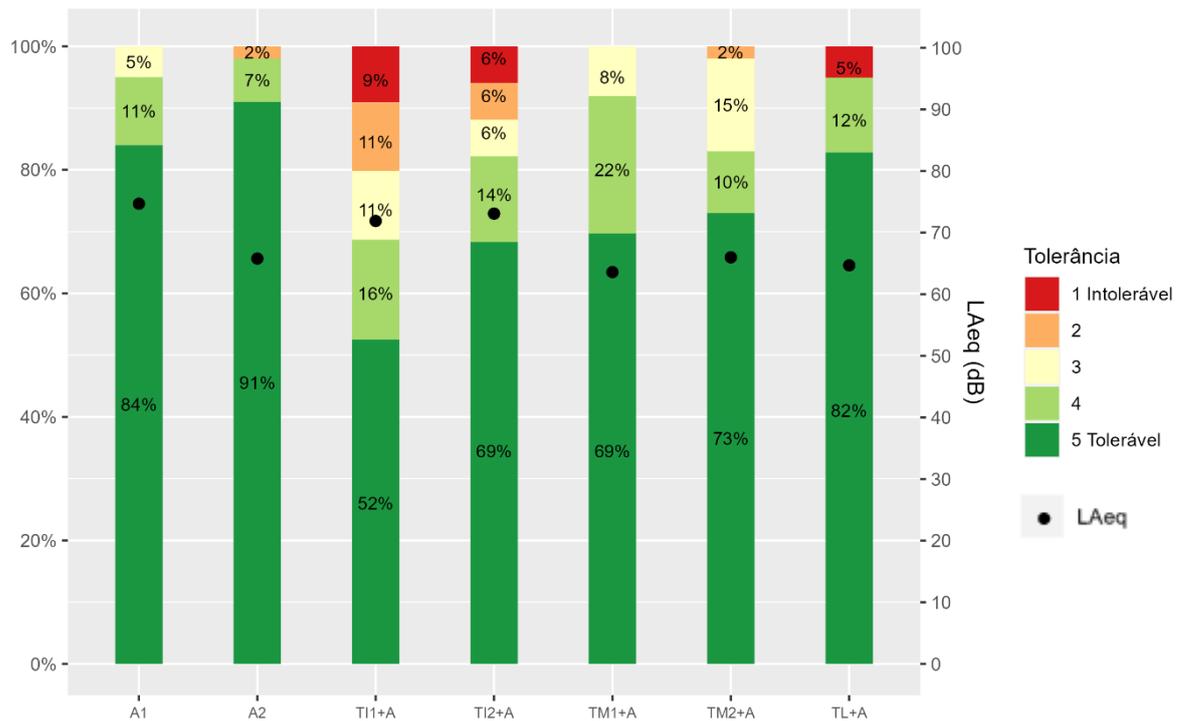


Figura 4-7: Tolerância

Apesar disso, se observa, assim como para as análises anteriores, que ao comparar os pontos com níveis sonoros semelhantes (A1 x TI1+A/TI2+A e A2/TM2+A/TL+A x TM1+A), a tolerância foi maior nos pontos com maior presença do som da água.

Os únicos pontos com alto grau de não agradabilidade (Figura 4-8) foram TI2+A (20%) e TI1+A (16%). Por outro lado, os pontos A1, A2, TM2+A e TL+A apresentaram grande percepção de agradabilidade. O TM1+A, assim como TI1+A e TI2+A, têm grande quantidade de votos para a posição neutra, no entanto, em ambos os pontos, a maioria dos votos foi agradável. Novamente, o  $L_{Aeq}$  foi irrelevante para a percepção dos respondentes.

Em todas as 3 análises, os pontos A1 e TL+A apresentaram os melhores resultados, enquanto os pontos TI1+A e TI2+A tiveram os piores desempenho. Além disso, nesses pontos é possível perceber maiores variações quanto ao resultado. Por outro lado, a maioria dos votos foi positiva em todos os pontos, mesmo naqueles com altos níveis de  $L_{Aeq}$  e com grande percepção do som de trânsito.

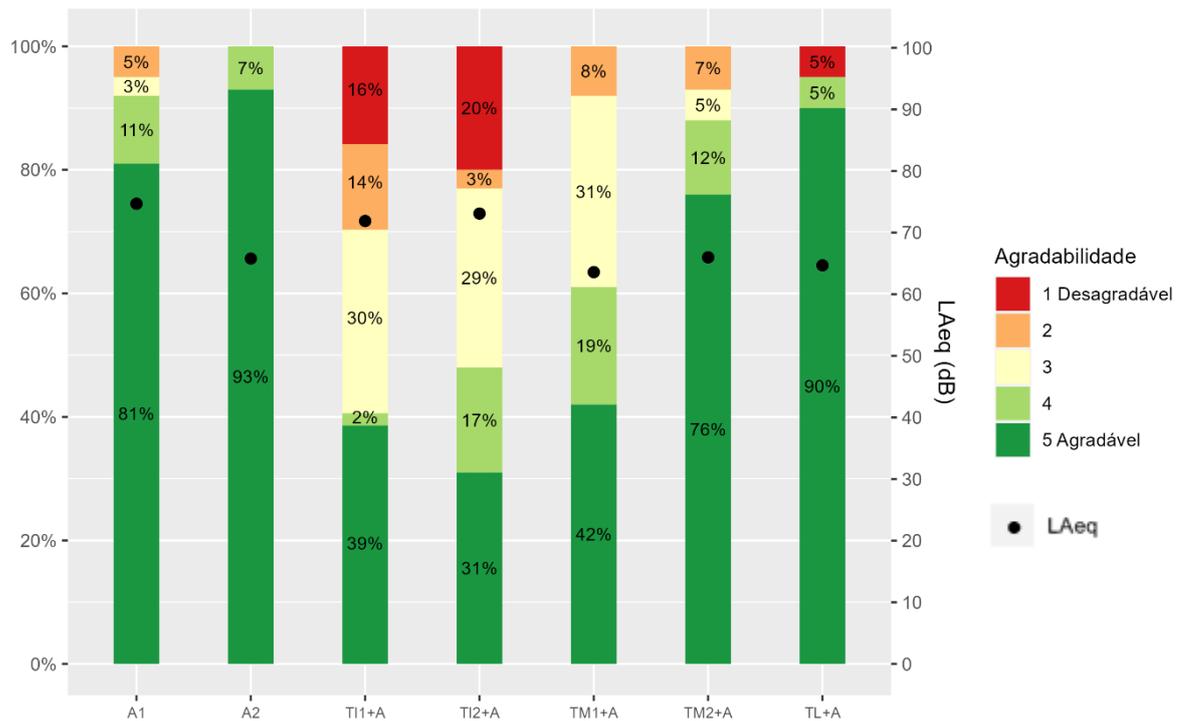


Figura 4-8: Agradabilidade

A percepção dos usuários quanto à qualidade afetiva dos ambientes (Figura 4-9) foi semelhante nos pontos de mesma categoria. Os pontos A1 e A2 foram percebidos como “Vibrante”, “Agradável”, “Calmo” e “Rotineiro”, o ponto A1 também obteve votos para “Agitado”. TI1+A e TI2+A foram percebidos como “Rotineiro”, porém também obtiveram votos para “Agitado”, “Vibrante” e “Agradável”. TM1+A e TM2+A também foram percebidos como “Vibrante”, “Agradável”, “Calmo” e “Rotineiro”, no entanto TM2+A foi considerado mais “Rotineiro”. TL+A teve maior variação na percepção, mas foi classificado como “Calmo”, seguido por “Agradável” e “Rotineiro”.

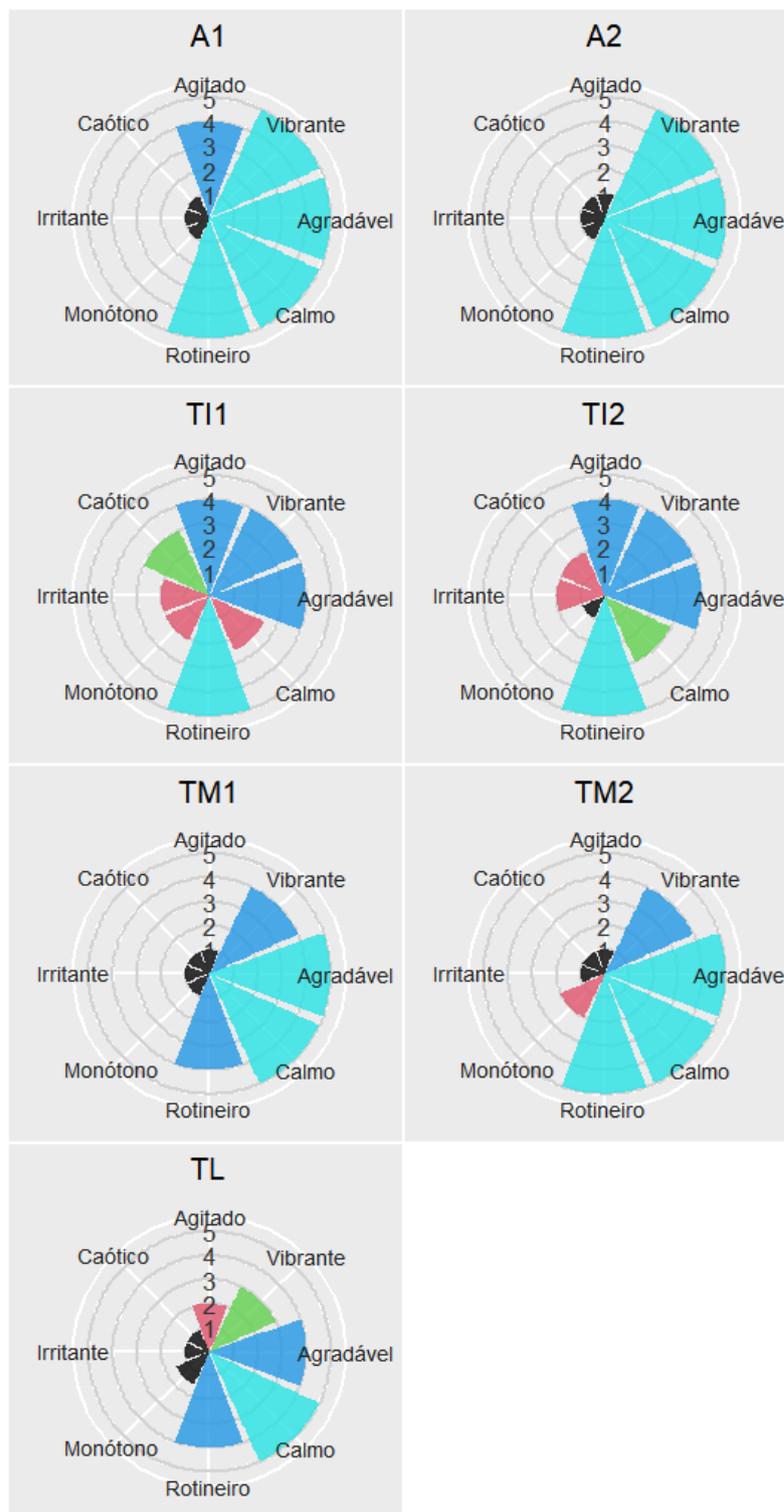


Figura 4-9: Atributos da qualidade afetiva percebida

De maneira geral, os pontos foram identificados como agradável, embora alguns tenham sido considerados agitados e outros rotineiros.

A análise da qualidade afetiva percebida (Figura 4-10) localiza os pontos analisados entre os 4 diferentes quadrantes, de acordo com a percepção declarada pelo usuário. Nota-se que somente os espaços com trânsito intenso de veículos atingiram o quadrante superior direito, classificando o ambiente como vibrante, entre agitado e agradável. Considera-se ainda que os pontos estão posicionados mais próximos ao agradável.

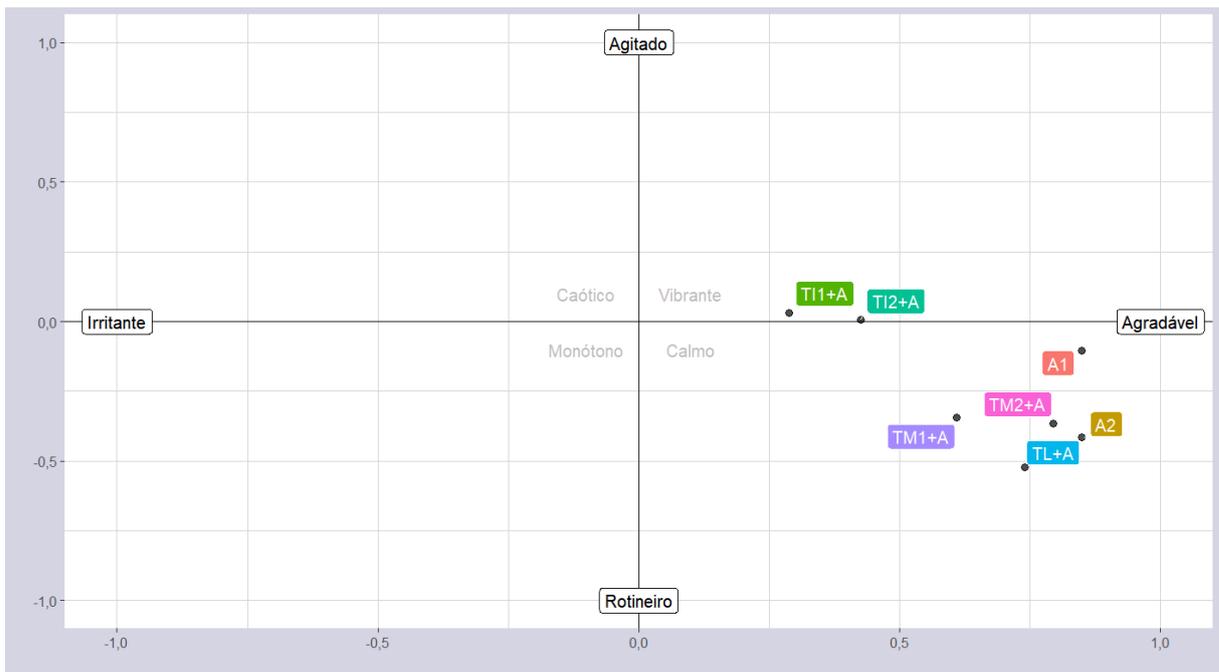


Figura 4-10: Qualidade afetiva percebida

### 4.3. Mapas sonoros

Os mapas sonoros consideram a percepção dos usuários sobre o ambiente sonoro e, também, os níveis medidos. Assim, são apresentados a seguir os mapas de distribuição das fontes sonoras no recorte, o mapa de ruídos e mapas de percepção quanto ao volume, conforto, tolerância e agradabilidade com o ambiente sonoro.

Os mapas de distribuição das fontes sonoras (Figura 4-11) apresentam os três principais sons relatados. As fontes de trânsito foram percebidas com maior predominância na região de tráfego intenso, no entorno das pontes e da rotatória, área com menor percepção do som de canto dos pássaros. É possível observar também uma redução gradual dessa percepção (som de trânsito), à medida em que se afasta dessa região.

De maneira contrária, o som de água, embora seja relatado como presente em todo o ambiente, é mais percebido nas áreas onde não se ouve o som de trânsito. Observa-se também que o som de água é o mais ouvido na área analisada, dominando grande parte do recorte. Os pontos onde se ouve menos o som do rio, foram TI2+A e TM1+A, por estarem mais afastados das quedas d'água.

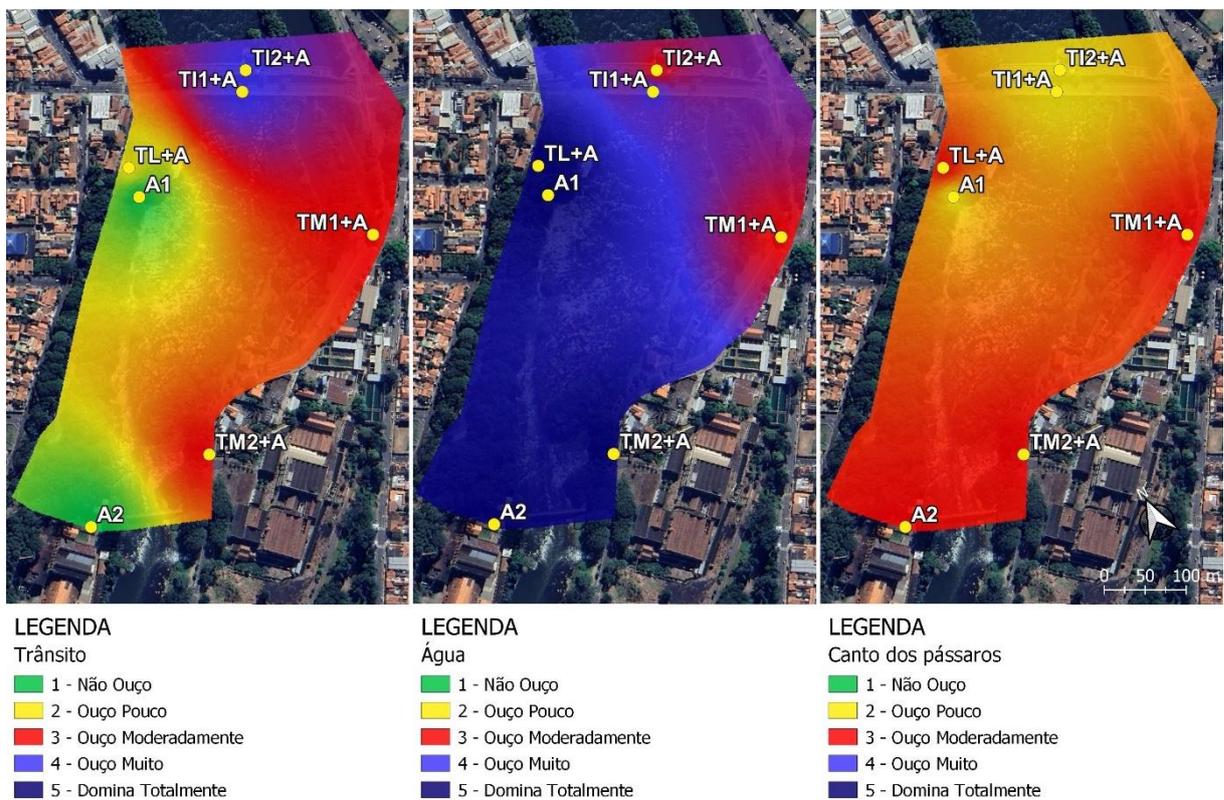


Figura 4-11: Mapas de fontes sonoras

O mapa de positividade sonora (Figura 4-12) foi desenvolvido em função da presença das fontes positivas e/ou negativas. Observa-se que nenhum dos pontos teve valor extremo negativo, ainda que com grande presença de som de trânsito no entorno das pontes. Nesse ponto a positividade apresentou valor 2, devido à presença de fontes positivas no mesmo local, diminuindo a negatividade sonora. O restante do ambiente variou de 3 a 5, sendo mais positivo conforme se afastava desse ponto.



Figura 4-12: Mapa da positividade sonora

Com relação à percepção dos usuários sobre o nível sonoro (Figura 4-13), a área é classificada como “Nem quieto, nem barulhento” em grande parte da sua extensão. Apenas dois pontos divergiram dessa avaliação: TL+A, considerado “Muito Quietos” e T11+A, “Muito Barulhento”, em desacordo com o que se observou para os valores de  $L_{Aeq}$  (maior valor de  $L_{Aeq}$  foi registrado em A1 e menor valor em TM1+A).



Figura 4-13: Mapa da percepção sonora

Da mesma forma, a percepção dos usuários a respeito do conforto e agradabilidade com o ambiente sonoro, é dividida em duas partes. O que sugere que, mesmo identificando as fontes de trânsito e considerando o espaço barulhento, os usuários das regiões com maior fluxo de trânsito (TI1+A e TI2+A) não consideram o espaço desconfortável ou desagradável, embora o considerem menos positivo que os demais espaços. Além disso, todo o recorte foi considerado tolerável, mesmo a área declarada como “Barulhento” (Figura 4 – 14).

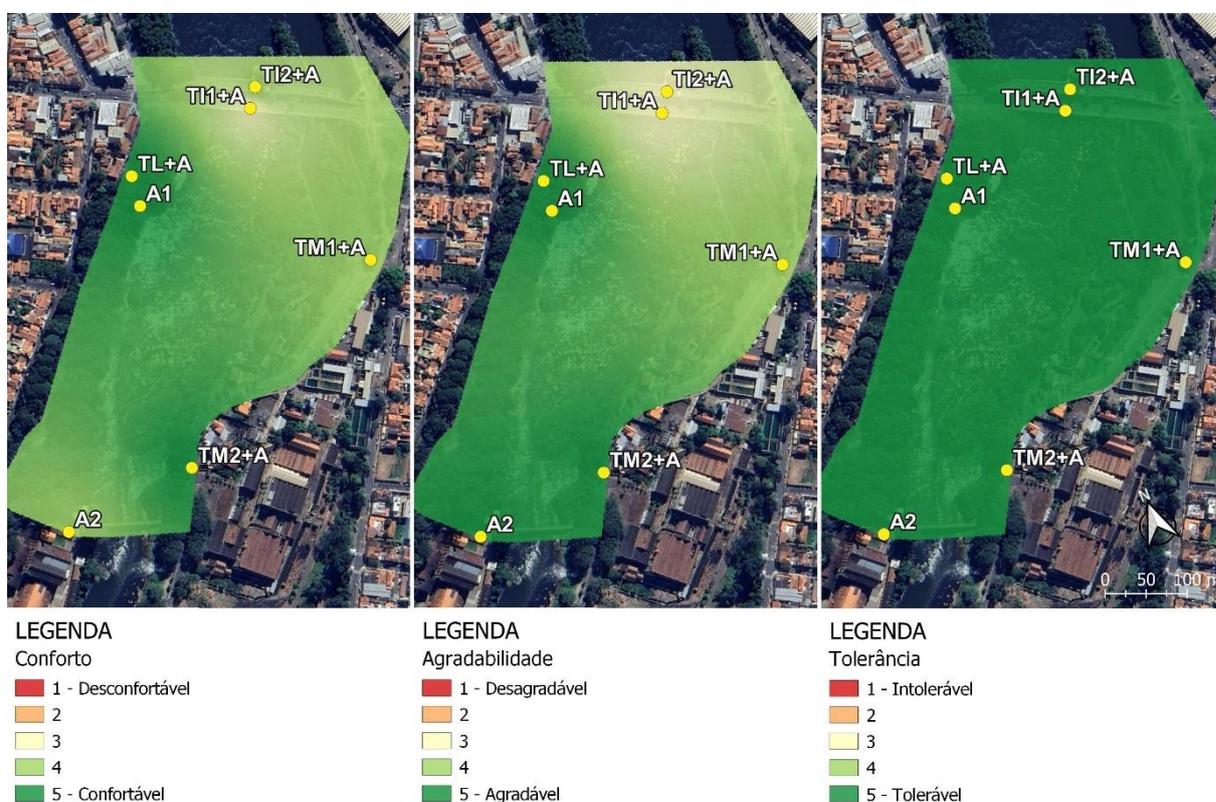


Figura 4-14: Mapas de Conforto, Tolerância e Agradabilidade

O mapa de qualidade sonora (Figura 4-15) foi gerado a partir da junção dos mapas anteriores, variando de 1 (pior cenário) a 5 (melhor cenário). Nota-se que nenhum dos pontos foi classificado como ruim, apresentando alto nível de qualidade em todos os pontos. Aqueles em que se ouvem mais sons negativos (de trânsito) e se tem menor percepção de conforto e agradabilidade sonora, no entanto, se diferenciaram das demais áreas.



Figura 4-15: Mapa de qualidade sonora

A interpolação por IDW, apesar de favorecer a visualização da distribuição generalizada dos dados na área de análise, gera pontos de concentração, conhecidos como “olhos de boi” (O’SULLIVAN; UNWIN,1966). Ainda assim, o mapa calculado (Figura 4-16) é coerente com a situação observada.

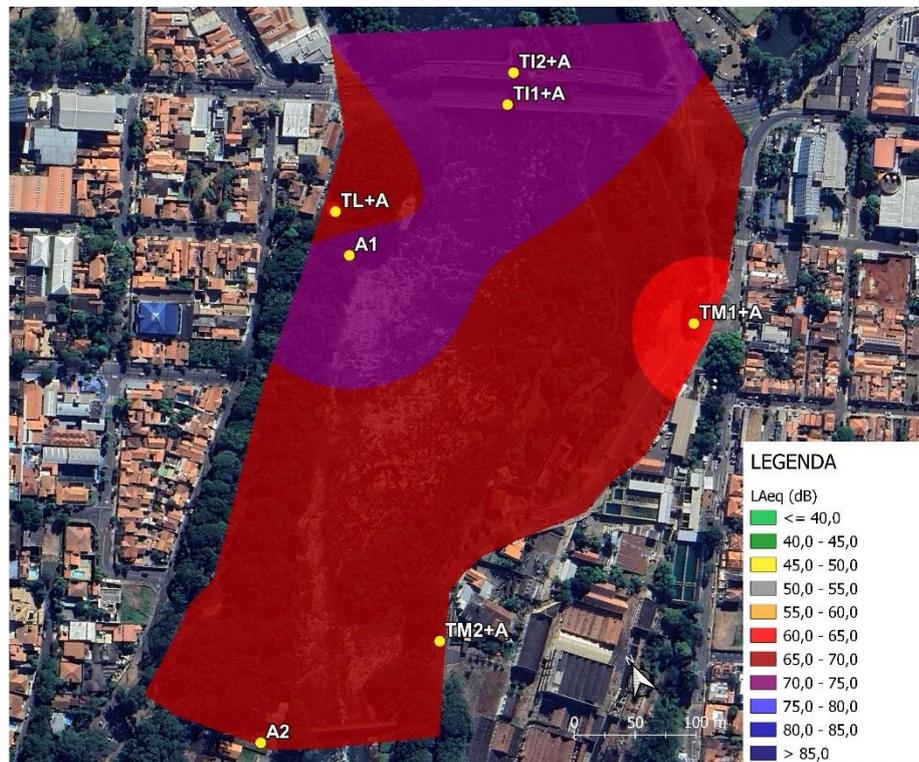


Figura 4-16: Mapa de ruído

As regiões com maiores valores de  $L_{Aeq}$  coincidem com a proximidade das principais fontes sonoras, água e trânsito. Na parte superior da imagem, observam-se valores de 70 a 75 dB, onde se ouve com maior intensidade o trânsito e a queda d'água. Apesar disso, a maioria do recorte foi classificada na faixa de 65-70 dB. A região mais distante das quedas de água apresentou níveis entre 60-65 dB, sendo a única área abaixo do recomendado pela ABNT NBR 10151 (65 dB).

Observa-se que, ainda que a área analisada se encontre acima de 65 dB, a percepção dos usuários foi positiva em todo o recorte, especialmente nos locais em que era possível ouvir mais o som do rio.

#### 4.4. Diferença de percepção em função da variação sazonal da paisagem sonora.

Considerando que o nível do rio sofre alteração de acordo com as estações, acredita-se que essa variação pode influenciar a percepção dos usuários, já que um maior nível e vazão (período de cheia) poderia produzir sons diferentes dos observados durante a seca.

Durante as análises, observou-se uma variação no nível médio do rio, situando-se entre 1,18 m e 1,34 m durante o período de seca, e entre 1,47 m e 1,88 m durante o período de cheia. No que diz respeito à vazão, registrou-se uma oscilação entre 29,21 m<sup>3</sup>/s e 41,45 m<sup>3</sup>/s durante a seca, contrastando com valores entre 52,89 m<sup>3</sup>/s e 91,29 m<sup>3</sup>/s durante a temporada de cheia (SSD PCJ, 2024).

A Figura 4-17 mostra a diferença (cheia-seca) de nível e vazão do rio em cada um dos pontos durante as duas coletas realizadas. A maior diferença foi observada no ponto TI1+A, sendo a vazão durante a cheia aproximadamente 60 m<sup>3</sup>/s maior do que a registrada no período da seca. Da mesma forma, a maior diferença no nível do rio foi registrada nesse ponto, sendo de aproximadamente 0,7 m. O ponto com menor diferença foi o TM2+A, sendo aproximadamente 20 m<sup>3</sup>/s e 0,25 m maiores durante a cheia.

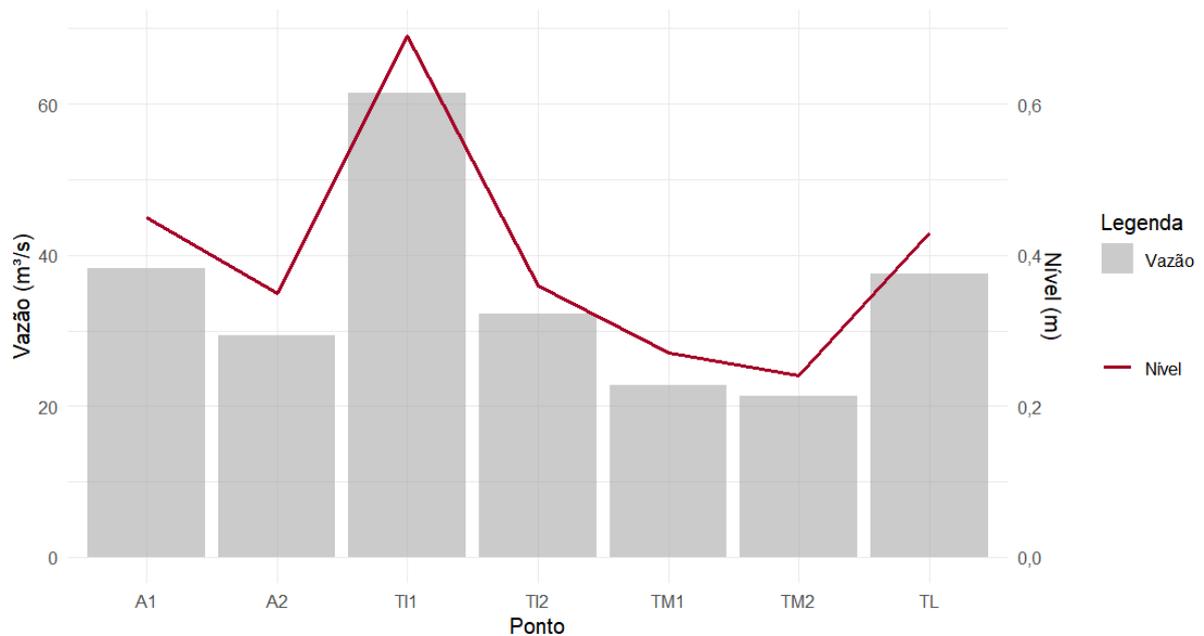


Figura 4-17: Diferença do nível e vazão do rio entre seca e cheia  
Fonte: Adaptado de SSD PCJ, (2024).

A Figura 4-18, mostra a diferença (cheia-seca) de níveis sonoros ( $L_{Aeq}$ ,  $L_{AFm\acute{a}x}$ ,  $L_{AFmin}$ ) e descritores estatísticos ( $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$ ) entre os dois períodos analisados.

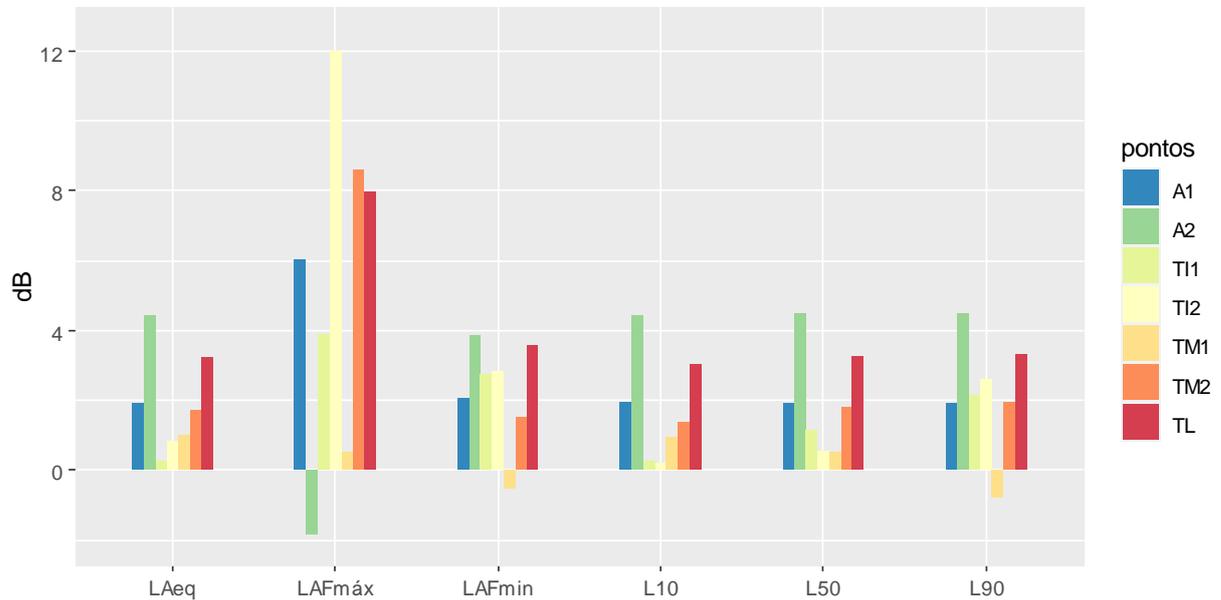


Figura 4-18: Diferença de nível de pressão sonora e descritores estatísticos entre seca e cheia

Para a maioria dos parâmetros apresentados, a maior variação ocorreu no ponto A2, chegando a aproximadamente 4 dB, com exceção do  $L_{AFm\acute{a}x}$ , cuja diferença chegou a 12 dB, no ponto T12+A e 8 dB, nos pontos TM2+A e TL+A. Considerando que o  $L_{AFm\acute{a}x}$  mede o maior nível sonoro registrado no período, as grandes diferenças podem estar associadas a eventos específicos, como passagem de caminhão e não ao nível do rio.

Alguns pontos apresentaram diferença negativa ( $L_{AFm\acute{a}x} - A2$  e  $L_{AFmin} / L_{90} - TM1+A$ ), tal resultado indica que esses parâmetros registraram maiores valores durante a seca. No entanto, é importante notar que as diferenças são menores que 2 dB.

Buscando investigar o efeito dessa variação nas respostas dos usuários foi conduzido o teste de Mann-Whitney, comparando os resultados entre os dois períodos em cada um dos 7 pontos (Tabela 4-3).

Tabela 4-3 – Teste U de Mann-Whitney

Ponto	Variável	U	p_Valor
A1	Percepção de volume	161,5	0,771
A1	Conforto	108,5	0,012
A1	Tolerância	117	0,011
A1	Agradabilidade	108	0,005
A1	Percepção do som de água	144	0,089
A1	Percepção do som de trânsito	142	0,144
A2	Percepção de volume	267,5	0,342
A2	Conforto	8,5	0,000
A2	Tolerância	210	0,323
A2	Agradabilidade	199,5	0,088
A2	Percepção do som de água	223	0,832
A2	Percepção do som de trânsito	273	0,045
TI1+A	Percepção de volume	293	0,182
TI1+A	Conforto	275,5	0,417
TI1+A	Tolerância	241	1,000
TI1+A	Agradabilidade	315,5	0,070
TI1+A	Percepção do som de água	286	0,285
TI1+A	Percepção do som de trânsito	192	0,219
TI2+A	Percepção de volume	189,5	0,184
TI2+A	Conforto	121,5	0,292
TI2+A	Tolerância	86	0,008
TI2+A	Agradabilidade	131,5	0,493
TI2+A	Percepção do som de água	161	0,763
TI2+A	Percepção do som de trânsito	162,5	0,728
TM1+A	Percepção de volume	186	0,410
TM1+A	Conforto	175,5	0,646
TM1+A	Tolerância	134	0,290
TM1+A	Agradabilidade	209	0,115
TM1+A	Percepção do som de água	240	0,011
TM1+A	Percepção do som de trânsito	110,5	0,087
TM2+A	Percepção de volume	229	0,594
TM2+A	Conforto	10	0,000
TM2+A	Tolerância	100	0,000
TM2+A	Agradabilidade	110	0,001
TM2+A	Percepção do som de água	245	0,316
TM2+A	Percepção do som de trânsito	167,5	0,239
TL+A	Percepção de volume	176,5	0,574
TL+A	Conforto	126	0,007
TL+A	Tolerância	115	0,001
TL+A	Agradabilidade	149,5	0,017
TL+A	Percepção do som de água	144	0,117
TL+A	Percepção do som de trânsito	260	0,059

Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para as percepções de Conforto, Tolerância e Agradabilidade em alguns pontos. Observa-se, nos pontos destacados na Tabela 4-3, que as diferenças foram encontradas principalmente nos locais com maior presença de água (A1, A2, TM2+A e TL+A). No ponto A2, embora com grande presença de água, apenas foram verificadas diferenças significativas para Conforto e Percepção do som de Trânsito.

Não foram encontradas diferenças na percepção dos usuários para o ponto TII+A, embora esse tenha sido o ponto com maiores diferenças de vazão e nível do rio. A percepção de volume sonoro também não apresentou diferença em nenhum dos pontos analisados. Para a Percepção do som de Trânsito apenas o A2 apresentou diferença, enquanto para a Percepção do som de Água, apenas o TM1+A.

As imagens a seguir apresentam a distribuição das respostas para os dois períodos analisados.

A Figura 4-19-a mostra a distribuição das respostas de percepção do som de água. Observa-se que para o ponto TII+A, houve maior concentração de respostas para as opções “Ouço Muito” e “Domina Totalmente” durante o período da cheia, por outro lado, durante a seca esse ponto teve uma maior variação nas respostas. No entanto, a análise estatística não mostra diferença significativa para esse ponto ( $U = 286, p = 0,285$ ). No ponto TM1+A, os votos possuem maior variação no período da seca, com grande parte dos votos entre “Não Ouço” e “Ouço Pouco”, o que não ocorre durante a cheia ( $U = 240, p = 0,011$ ). A diferença pode ser justificada pela distância desse local das quedas d’água, assim, durante a cheia, com maiores volumes de água, esse som é ligeiramente mais perceptível que durante a seca.

Para a análise das respostas de Percepção do som de Trânsito, a Figura 4-19-b mostra que no ponto A2, em ambos os períodos, há uma concentração de respostas para “Não Ouço”. No entanto, o teste estatístico mostra diferença significativa ( $U = 273, p = 0,045$ ), fato que pode ser justificado pela presença de *outliers* no período da cheia. Embora sem relevância estatística ( $U = 192, p = 0,219$ ), o ponto TII+A mostra uma concentração maior de respostas acima de “Ouço Moderadamente” durante a seca, o que poderia indicar que nesse ponto, os sons de trânsito são mais audíveis durante esse período.

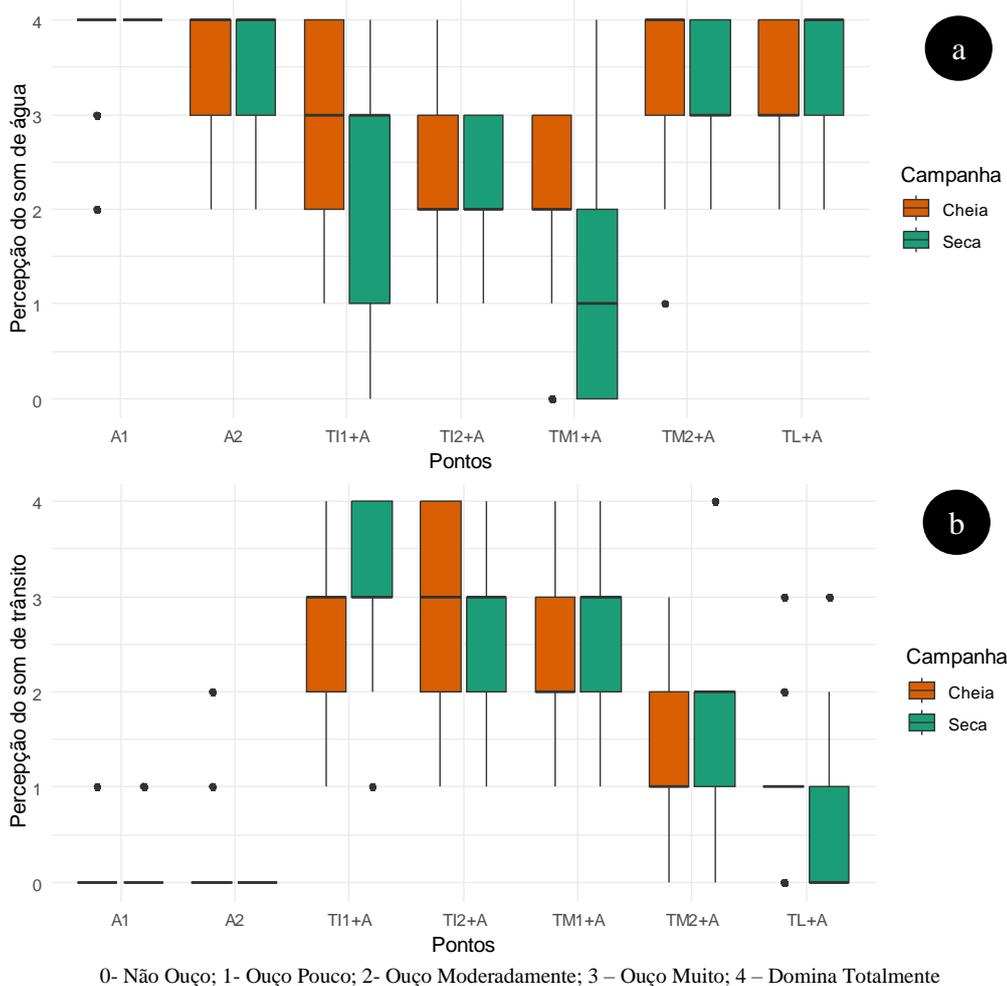
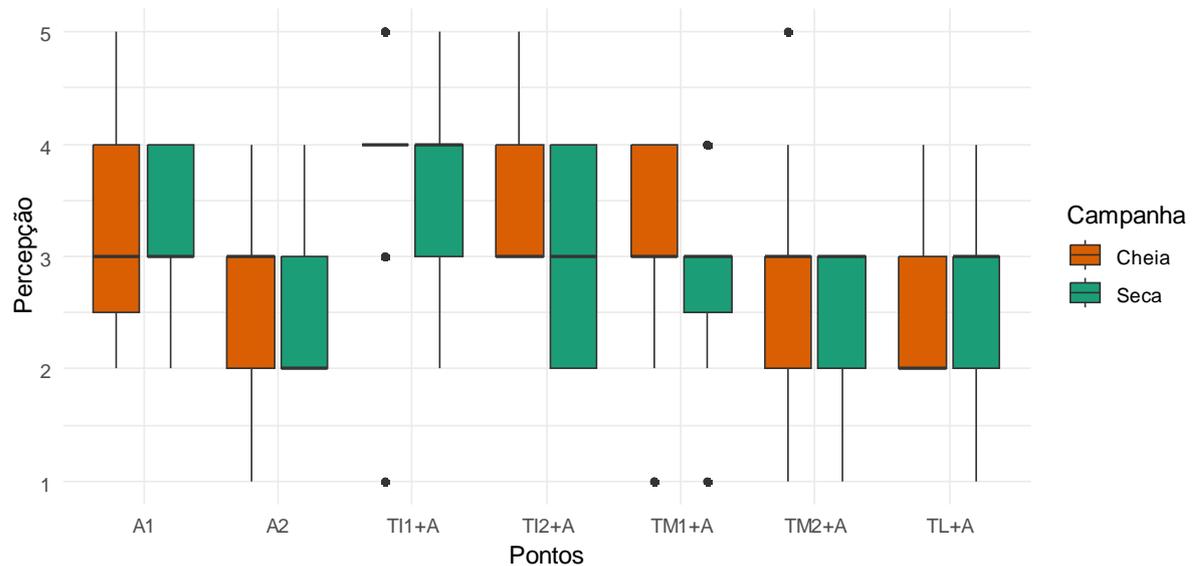


Figura 4-19: Distribuição das respostas de percepção dos sons de água (a) e trânsito (b) nos pontos analisados, nos períodos de cheia e seca

A Figura 4-20 mostra a diferença entre as respostas de Percepção de Volume Sonoro para as coletas de seca e cheia. Embora seja possível perceber uma maior concentração dos votos para o ponto TI1+A no período da cheia e, no ponto TM1+A, no período da seca, a análise estatística não mostra diferença significativa em nenhum dos pontos analisados.



1- Muito Barulhento; 2- Barulhento; 3 – Nem Quietos, Nem Barulhentos; 4 – Quietos; 5-Muito Quietos

Figura 4-20: Distribuição das respostas de Percepção de Volume Sonoro nos pontos analisados, nos períodos de cheia e seca

Já para as respostas de Conforto (Figura 4-21-a), Tolerância (Figura 4-21-b) e Agradabilidade (Figura 4-21-c) houve uma maior concentração no extremo positivo durante a seca, o que indica que a percepção dos usuários nesses pontos é mais positiva com menores volumes de água.

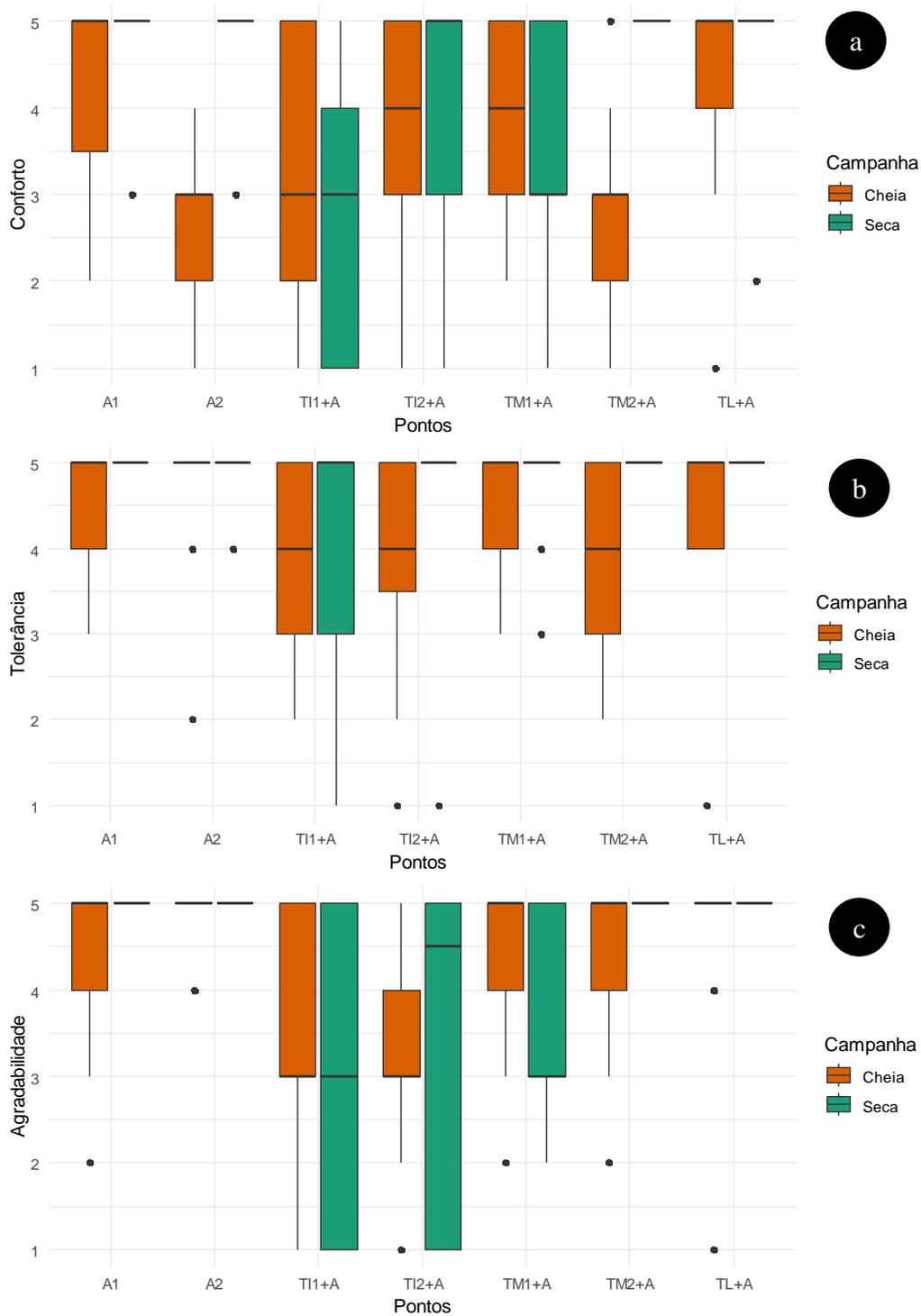


Figura 4-21: Distribuição dos votos de Percepção de Conforto (a), Tolerância (b) e Agradabilidade (c) nos pontos analisados, nos períodos de cheia e seca

Para a análise das respostas de Conforto, a Figura 4-21a mostra que nos pontos A1 e A2, a percepção de conforto é consistentemente alta durante a cheia, enquanto a seca apresenta uma distribuição mais variada. No ponto TII+A, há uma diferença significativa entre os períodos, com a campanha de seca recebendo votos negativos e a cheia sendo percebida de maneira mais confortável. Nos pontos TM1+A e TM2+A, a campanha de seca é percebida de maneira mais confortável do que a cheia. No ponto TL+A, a percepção de conforto é alta em ambos os períodos.

A Figura 4-21b mostra que a percepção de tolerância nos pontos A1 e A2 é alta, independentemente do período. No ponto TII+A a campanha de cheia recebeu mais votos positivos, enquanto a seca é percebida de maneira menos tolerável. Um padrão similar é observado no ponto T2I+A, onde a cheia também é mais bem tolerada. Nos pontos TM1+A e TM2+A a cheia é percebida de forma mais positiva, enquanto a seca é vista de maneira menos tolerável. Isso pode ser explicado pelo efeito atenuante da água sobre o ruído do tráfego durante a cheia. No ponto TL+A a percepção de tolerância é alta em ambos os períodos.

Para a análise das respostas de Percepção de Agradabilidade do som, a Figura 4-21c mostra que a percepção é positiva para os pontos A1 e A2 em ambos os períodos. No entanto, no ponto TII+A observa-se uma diferença significativa entre os períodos, com a campanha de seca recebendo votos negativos, enquanto a cheia é percebida positivamente. Um padrão similar é observado no ponto TI2+A. Já nos pontos TM1+A e TM2+A a seca é percebida de forma mais positiva, enquanto a cheia tem uma percepção negativa. Esse fato pode ser justificado pela atenuação do som de tráfego pela presença da água durante a cheia. No ponto TL+A a percepção é positiva em ambos os períodos.

Os resultados das análises mostram que a presença de água tende a melhorar a percepção de conforto, tolerância e agradabilidade do som, especialmente em pontos com tráfego intenso e moderado. Durante a cheia, o som da água reduz a percepção negativa dos sons de tráfego, enquanto na seca, essa atenuação não ocorre, resultando em percepções menos positivas. Nos pontos com tráfego leve e apenas som de água, a percepção se mostra positiva nos dois períodos.

#### 4.5. A influência da presença dos sons de água no aumento do conforto, tolerância e agradabilidade

A análise dos votos de percepção dos usuários mostrou que o  $L_{Aeq}$  teve pouca ou nenhuma influência sobre avaliação subjetiva das pessoas em relação à qualidade sonora do ambiente. Por outro lado, menores volumes de água parecem ter maior efeito sobre a percepção.

Baseado nos estudos apresentados anteriormente, que mostram que os sons naturais tendem a ser considerados positivos e, assim, promover maior satisfação, essa análise investiga se quanto mais audível for o som do rio, maior será a percepção de conforto, tolerância e agradabilidade.

Para analisar a influência da presença dos sons de água no aumento do conforto, tolerância e agradabilidade foi realizada uma análise de correspondência múltipla (ACM). Assim, para testar a associação entre cada par de variável envolvido na análise, as tabelas de contingência abaixo ilustram as respostas observadas e esperadas para cada combinação de variáveis. Da mesma forma foi realizado o teste qui-quadrado para cada par de variável, buscando analisar a significância estatística da associação entre as variáveis e suas categorias.

A maior parte dos respondentes considerou que ouvia muito o som da água (71,4%), mas o ambiente não era nem quieto e nem barulhento (41%). Por outro lado, quem ouviu moderadamente o som de água (17%), considerou o ambiente barulhento (45,8%). No entanto, a Tabela 4-4 mostra que não existe associação entre o par percepção do som da água x percepção de volume sonoro (p-valor = 0,08).

Foi identificada associação entre as variáveis percepção do som da água x tolerância (p-valor = 0,04). A tabela de contingência (Tabela 4-) mostra, ainda, que para todos os níveis de tolerância se ouviu muito o som de água, assim como, para todas as categorias de percepção do som da água, foram obtidos níveis altos de tolerância.

Tabela 4-4 – Associação entre percepção de volume sonoro e percepção do som de água

Água		Percepção de volume sonoro			Total
		Barulhento	Nem quieto, Nem Barulhento	Quieto	
ouço muito	Observado	50	85	62	197
	Esperado	59	79	59	197
	% linha	25,4 %	43,1 %	31,5 %	100 %
	% coluna	61 %	76,6 %	74,7 %	71,4 %
ouço moderadamente	Observado	22	13	13	48
	Esperado	14	19	14	48
	% linha	45,8 %	27,1 %	27,1 %	100 %
	% coluna	26,8 %	11,7 %	15,7 %	17,4 %
ouço pouco	Observado	10	13	8	31
	Esperado	9	12	9	31
	% linha	32,3 %	41,9 %	25,8 %	100 %
	% coluna	12,2 %	11,7 %	9,6 %	11,2 %
Total	Observado	82	111	83	276
	Esperado	82	111	83	276
	% linha	29,7 %	40,2 %	30,1 %	100 %
	% coluna	100 %	100 %	100 %	100 %

$$\chi^2=8,471 \cdot df=4 \cdot \text{Cramer's } V=0,124 \cdot p=0,076$$

Tabela 4-5 – Associação entre percepção de tolerância e percepção do som de água

Água		Tolerância			Total
		1-2	3	4-5	
ouço muito	Observado	7	13	177	197
	Esperado	12	13	172	197
	% linha	3,6 %	6,6 %	89,8 %	100 %
	% coluna	41,2 %	72,2 %	73,4 %	71,4 %
ouço moderadamente	Observado	7	3	38	48
	Esperado	3	3	42	48
	% linha	14,6 %	6,2 %	79,2 %	100 %
	% coluna	41,2 %	16,7 %	15,8 %	17,4 %
ouço pouco	Observado	3	2	26	31
	Esperado	2	2	27	31
	% linha	9,7 %	6,5 %	83,9 %	100 %
	% coluna	17,6 %	11,1 %	10,8 %	11,2 %
Total	Observado	17	18	241	276
	Esperado	17	18	241	276
	% linha	6,2 %	6,5 %	87,3 %	100 %
	% coluna	100 %	100 %	100 %	100 %

$$\chi^2=8,885 \cdot df=4 \cdot \text{Cramer's } V=0,127 \cdot p=0,044$$

A análise estatística mostra que existe associação entre percepção do som da água x conforto ( $p = 0,006$ ). Observa-se pela tabela de contingência (Tabela 4-6) que para todos os níveis de percepção do som da água, foram encontrados grandes níveis de conforto, assim como em todos os níveis de conforto se pôde ouvir muito o som da água.

**Tabela 4-6 – Associação entre percepção de conforto e percepção do som de água**

<i>Água</i>		<i>Conforto</i>			<i>Total</i>
		1-2	3	4-5	
ouço muito	Observado	25	38	134	197
	Esperado	34	41	122	197
	% linha	12,7 %	19,3 %	68 %	100 %
	% coluna	52,1 %	66,7 %	78,4 %	71,4 %
ouço moderadamente	Observado	15	10	23	48
	Esperado	8	10	30	48
	% linha	31,2 %	20,8 %	47,9 %	100 %
	% coluna	31,2 %	17,5 %	13,5 %	17,4 %
ouço pouco	Observado	8	9	14	31
	Esperado	5	6	19	31
	% linha	25,8 %	29 %	45,2 %	100 %
	% coluna	16,7 %	15,8 %	8,2 %	11,2 %
<b>Total</b>	Observado	48	57	171	276
	Esperado	48	57	171	276
	% linha	17,4 %	20,7 %	62 %	100 %
	% coluna	100 %	100 %	100 %	100 %

$$\chi^2=14,406 \cdot df=4 \cdot \text{Cramer's } V=0,162 \cdot p=0,006$$

A análise estatística mostra que existe associação entre percepção do som da água x agradabilidade ( $p = 0,00$ ). Observa-se pela tabela de contingência (Tabela 4-7) que para todos os níveis de percepção do som da água, foram encontrados grandes níveis de agradabilidade, assim como em todos os níveis de agradabilidade se pôde ouvir muito o som da água.

**Tabela 4-7 – Associação entre percepção de agradabilidade e percepção do som de água**

<i>Água</i>		<i>Agradabilidade</i>			<i>Total</i>
		1-2	3	4-5	
ouço muito	Observado	15	19	163	197
	Esperado	22	26	148	197
	% linha	7,6 %	9,6 %	82,7 %	100 %
	% coluna	48,4 %	51,4 %	78,4 %	71,4 %
ouço moderadamente	Observado	10	8	30	48
	Esperado	5	6	36	48
	% linha	20,8 %	16,7 %	62,5 %	100 %
	% coluna	32,3 %	21,6 %	14,4 %	17,4 %
ouço pouco	Observado	6	10	15	31
	Esperado	3	4	23	31
	% linha	19,4 %	32,3 %	48,4 %	100 %
	% coluna	19,4 %	27 %	7,2 %	11,2 %
<b>Total</b>	Observado	31	37	208	276
	Esperado	31	37	208	276
	% linha	11,2 %	13,4 %	75,4 %	100 %
	% coluna	100 %	100 %	100 %	100 %

$$\chi^2=24,205 \cdot df=4 \cdot \text{Cramer's } V=0,209 \cdot p=0,000$$

A análise de associação entre percepção de volume sonoro e conforto (Tabela 4-8) mostra que quanto mais quieto o ambiente, maior o nível de conforto, no entanto em todos os níveis de percepção de volume sonoro se observa grande nível de conforto. Observa-se associação significativa entre as variáveis, indicada pelo teste estatístico (p-valor = 0,00).

**Tabela 4-8 – Associação entre percepção de volume sonoro e conforto**

<i>Percepção de volume sonoro</i>		<i>Conforto</i>			<i>Total</i>
		1-2	3	4-5	
<b>Barulhento</b>	Observado	24	17	41	82
	Esperado	14	17	51	82
	% linha	29,3 %	20,7 %	50 %	100 %
	% coluna	50 %	29,8 %	24 %	29,7 %
<b>Nem quieto, Nem Barulhento</b>	Observado	5	32	74	111
	Esperado	19	23	69	111
	% linha	4,5 %	28,8 %	66,7 %	100 %
	% coluna	10,4 %	56,1 %	43,3 %	40,2 %
<b>Quieto</b>	Observado	19	8	56	83
	Esperado	14	17	51	83
	% linha	22,9 %	9,6 %	67,5 %	100 %
	% coluna	39,6 %	14 %	32,7 %	30,1 %
<b>Total</b>	Observado	48	57	171	276
	Esperado	48	57	171	276
	% linha	17,4 %	20,7 %	62 %	100 %
	% coluna	100 %	100 %	100 %	100 %

$$\chi^2=29,860 \cdot df=4 \cdot \text{Cramer's } V=0,233 \cdot p=0,000$$

A análise de associação entre percepção de volume sonoro e tolerância (Tabela 4-9) mostra que menores níveis de tolerância se associam a percepção de ambiente barulhento. No entanto em todos os níveis de percepção de volume sonoro se observa grande nível de tolerância. Observa-se associação significativa entre as variáveis, indicada pelo teste estatístico (p-valor = 0,002).

A análise de associação entre percepção de volume sonoro e agradabilidade (Tabela 4-10) mostra que menores níveis de agradabilidade se associam a percepção de ambiente barulhento. No entanto em todos os níveis de percepção de volume se observa grande nível de tolerância. Observa-se associação significativa entre as variáveis, indicada pelo teste estatístico (p-valor = 0,000).

Tabela 4-9 – Associação entre percepção de volume sonoro e tolerância

Percepção de volume sonoro		Tolerância			Total
		1-2	3	4-5	
Barulhento	Observado	10	10	62	82
	Esperado	5	5	72	82
	% linha	12,2 %	12,2 %	75,6 %	100 %
	% coluna	58,8 %	55,6 %	25,7 %	29,7 %
Nem quieto, Nem Barulhento	Observado	5	7	99	111
	Esperado	7	7	97	111
	% linha	4,5 %	6,3 %	89,2 %	100 %
	% coluna	29,4 %	38,9 %	41,1 %	40,2 %
Quietos	Observado	2	1	80	83
	Esperado	5	5	72	83
	% linha	2,4 %	1,2 %	96,4 %	100 %
	% coluna	11,8 %	5,6 %	33,2 %	30,1 %
Total	Observado	17	18	241	276
	Esperado	17	18	241	276
	% linha	6,2 %	6,5 %	87,3 %	100 %
	% coluna	100 %	100 %	100 %	100 %

$$\chi^2=17,004 \cdot df=4 \cdot \text{Cramer's } V=0,176 \cdot p=0,002$$

Tabela 4-10 – Associação entre percepção de volume sonoro e agradabilidade

Percepção de volume sonoro		Agradabilidade			Total
		1-2	3	4-5	
Barulhento	Observado	20	18	44	82
	Esperado	9	11	62	82
	% linha	24,4 %	22 %	53,7 %	100 %
	% coluna	64,5 %	48,6 %	21,2 %	29,7 %
Nem quieto, Nem Barulhento	Observado	8	15	88	111
	Esperado	12	15	84	111
	% linha	7,2 %	13,5 %	79,3 %	100 %
	% coluna	25,8 %	40,5 %	42,3 %	40,2 %
Quietos	Observado	3	4	76	83
	Esperado	9	11	63	83
	% linha	3,6 %	4,8 %	91,6 %	100 %
	% coluna	9,7 %	10,8 %	36,5 %	30,1 %
Total	Observado	31	37	208	276
	Esperado	31	37	208	276
	% linha	11,2 %	13,4 %	75,4 %	100 %
	% coluna	100 %	100 %	100 %	100 %

$$\chi^2=35,805 \cdot df=4 \cdot \text{Cramer's } V=0,255 \cdot p=0,000$$

A análise de associação entre tolerância e conforto (Tabela 4-11) mostra que quanto maior o nível de conforto, maior o de tolerância, no entanto todos os níveis de conforto se observam grande tolerância. Observa-se associação significativa entre as variáveis, indicada pelo teste estatístico (p-valor = 0,00).

**Tabela 4-11 – Associação entre percepção de tolerância e conforto**

<i>Tolerância</i>		<i>Conforto</i>			<i>Total</i>
		1-2	3	4-5	
1-2	Observado	13	2	2	17
	Esperado	3	4	11	17
	% linha	76,5 %	11,8 %	11,8 %	100 %
	% coluna	27,1 %	3,5 %	1,2 %	6,2 %
3	Observado	5	10	3	18
	Esperado	3	4	11	18
	% linha	27,8 %	55,6 %	16,7 %	100 %
	% coluna	10,4 %	17,5 %	1,8 %	6,5 %
4-5	Observado	30	45	166	241
	Esperado	42	50	149	241
	% linha	12,4 %	18,7 %	68,9 %	100 %
	% coluna	62,5 %	78,9 %	97,1 %	87,3 %
<b><i>Total</i></b>	Observado	48	57	171	276
	Esperado	48	57	171	276
	% linha	17,4 %	20,7 %	62 %	100 %
	% coluna	100 %	100 %	100 %	100 %

$$\chi^2=65,083 \cdot df=4 \cdot \text{Cramer's } V=0,343 \cdot p=0,000$$

A análise de associação entre tolerância e agradabilidade (Tabela 4-12) mostra que quanto maior o nível de agradabilidade, maior o de tolerância, no entanto, em todos os níveis de agradabilidade se observam grande tolerância. Observa-se associação significativa entre as variáveis, indicada pelo teste estatístico (p-valor = 0,00).

**Tabela 4-12 – Associação entre percepção de tolerância e agradabilidade**

<i>Tolerância</i>		<i>Agradabilidade</i>			<i>Total</i>
		1-2	3	4-5	
1-2	Observado	10	4	3	17
	Esperado	2	2	13	17
	% linha	58,8 %	23,5 %	17,6 %	100 %
	% coluna	32,3 %	10,8 %	1,4 %	6,2 %
3	Observado	7	7	4	18
	Esperado	2	2	14	18
	% linha	38,9 %	38,9 %	22,2 %	100 %
	% coluna	22,6 %	18,9 %	1,9 %	6,5 %
4-5	Observado	14	26	201	241
	Esperado	27	32	182	241
	% linha	5,8 %	10,8 %	83,4 %	100 %
	% coluna	45,2 %	70,3 %	96,6 %	87,3 %
<b><i>Total</i></b>	Observado	31	37	208	276
	Esperado	31	37	208	276
	% linha	11,2 %	13,4 %	75,4 %	100 %
	% coluna	100 %	100 %	100 %	100 %

$$\chi^2=80,426 \cdot df=4 \cdot \text{Cramer's } V=0,382 \cdot p=0,000$$

A análise de associação entre conforto e agradabilidade (Tabela 4-13) mostra que quanto maior o nível de agradabilidade, maior o de conforto. No entanto, em todos os níveis de conforto se observa grande nível de agradabilidade. Observa-se associação significativa entre as variáveis, indicada pelo teste estatístico ( $p$ -valor = 0,00).

**Tabela 4-13 – Associação entre percepção de conforto e agradabilidade**

<i>Conforto</i>		<i>Agradabilidade</i>			<i>Total</i>
		1-2	3	4-5	
1-2	Observado	17	8	23	48
	Esperado	5	6	36	48
	% linha	35,4 %	16,7 %	47,9 %	100 %
	% coluna	54,8 %	21,6 %	11,1 %	17,4 %
3	Observado	7	21	29	57
	Esperado	6	8	43	57
	% linha	12,3 %	36,8 %	50,9 %	100 %
	% coluna	22,6 %	56,8 %	13,9 %	20,7 %
4-5	Observado	7	8	156	171
	Esperado	19	23	129	171
	% linha	4,1 %	4,7 %	91,2 %	100 %
	% coluna	22,6 %	21,6 %	75 %	62 %
<b>Total</b>	Observado	31	37	208	276
	Esperado	31	37	208	276
	% linha	11,2 %	13,4 %	75,4 %	100 %
	% coluna	100 %	100 %	100 %	100 %

$$\chi^2=81,304 \cdot df=4 \cdot \text{Cramer's } V=0,384 \cdot p=0,000$$

Todos os níveis de percepção do som da água estão, portanto, associados a altos níveis de conforto, tolerância e agradabilidade. Destaca-se o fato de que a maior parte dos respondentes que alegaram ouvir muito o som de água, também declarou nível máximo de conforto, tolerância e agradabilidade. Tais variáveis estão, por sua vez, também associadas entre si: os níveis de tolerância tendem a aumentar com o nível de conforto e agradabilidade, que também aumenta com o nível de conforto.

O único par, portanto, que não apresentou associação foi percepção de som da água x percepção de volume sonoro, porém ambas as variáveis se associam com outras variáveis presentes na análise, sendo, assim, partes da ACM (Figura 4-22).

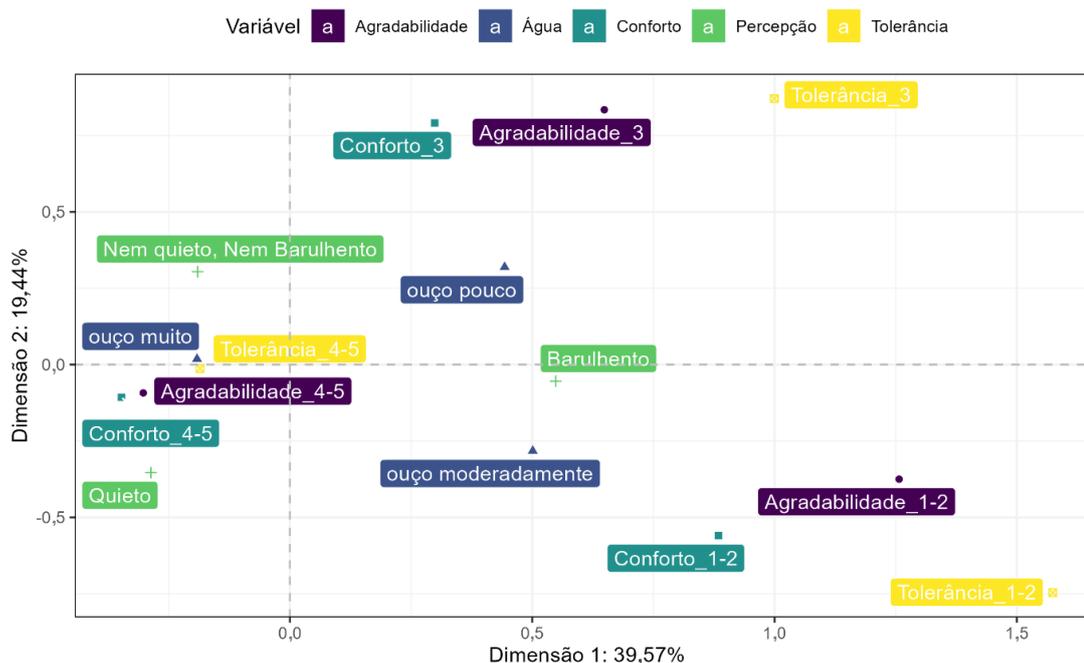


Figura 4-22: Mapa Perceptual: Variáveis

A análise do mapa perceptual se dá pela proximidade das categorias de cada variável, ou seja, quanto mais próxima uma categoria estiver de outra, mais associadas elas serão. Assim, percebe-se grande associação entre as categorias das variáveis tolerância, agradabilidade e conforto, especialmente no nível 4-5. Percebe-se ainda o agrupamento dessas categorias com “Nem quieto, nem barulhento”, “Quieto” e “Ouço muito”, indicando que ao ouvir muito o som da água, têm-se grande percepção positiva sobre o ambiente e, mesmo que o volume sonoro seja elevado, a percepção do usuário está mais associada a baixos níveis sonoros.

Por outro lado, “Ouço moderadamente” estaria, em menor intensidade, associado ao nível 1-2, enquanto “Ouço pouco” se associa ao nível 3. A percepção de ambiente barulhento está posicionada entre os dois grupos. Assim, considerando que maior presença do som da água se associe com percepções positivas, esperava-se que uma presença intermediária e baixa desse som resultasse, respectivamente, em níveis de percepção intermediários e negativos do ambiente. No entanto, ao ouvir pouco o som da água os usuários demonstram percepções mais positivas do que os que ouvem moderadamente.

A Figura 4-23 acrescenta ao mapa a associação com as observações, ou seja, posiciona cada respondente no plano. A cor das observações remete a cada um dos pontos em que foram coletadas. A maior dispersão dos dados é encontrada nos pontos de tráfego intenso e está mais relacionada com os níveis inferiores de conforto, agradabilidade e tolerância.

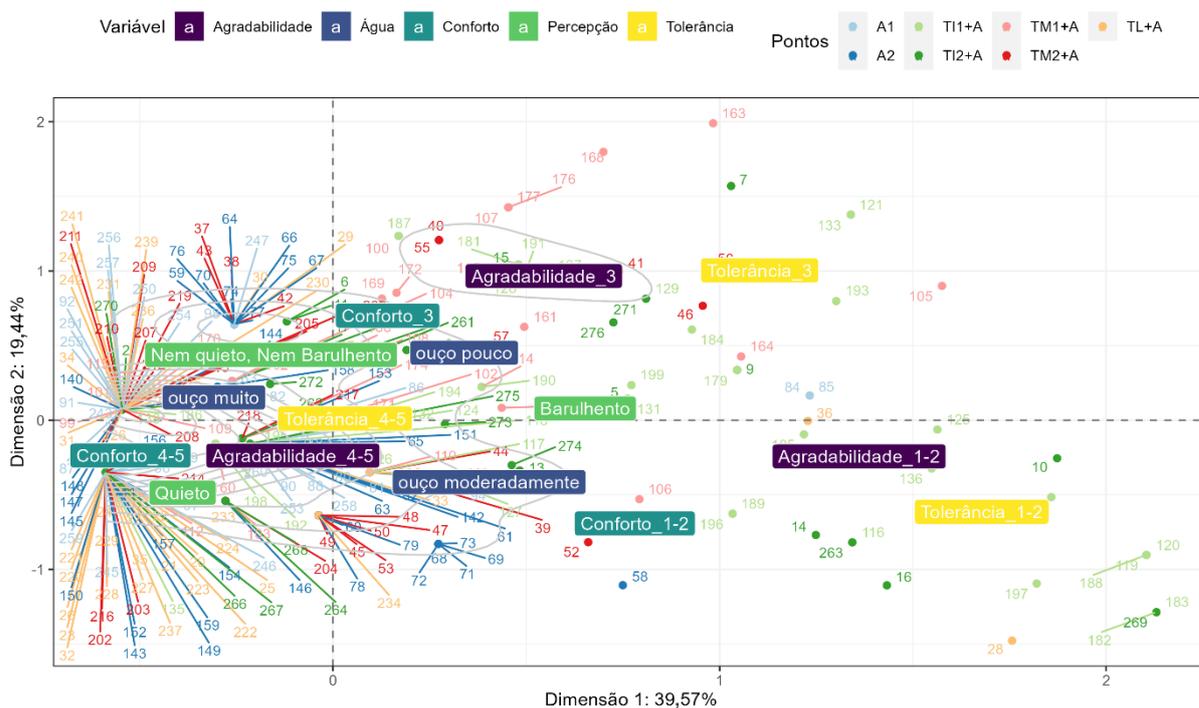


Figura 4-23: Mapa Perceptual: Variáveis e observações

A maioria dos usuários, no entanto, se relaciona com o grupo formado ao redor de “Ouço muito”. Quando o som da água é bastante presente há uma maior homogeneidade nas respostas. Por outro lado, quando esse tipo de som é menos ouvido, há maior variação entre as respostas dos usuários, indicando que outros fatores, além dos presentes na análise possam influenciar na percepção.

#### 4.6. Relação entre as características acústicas/psicoacústicas e a percepção dos usuários

Visando avaliar a relação entre as variáveis objetivas (medidas ou calculadas) e as variáveis subjetivas (percepção dos usuários) foram realizados testes de correlação de Spearman, cujas matrizes são apresentadas abaixo. Os coeficientes de correlação encontram-se no Anexo B.

A Figura 4-24 mostra a matriz de correlação entre as fontes sonoras percebidas pelos usuários e os parâmetros psicoacústicos calculados.

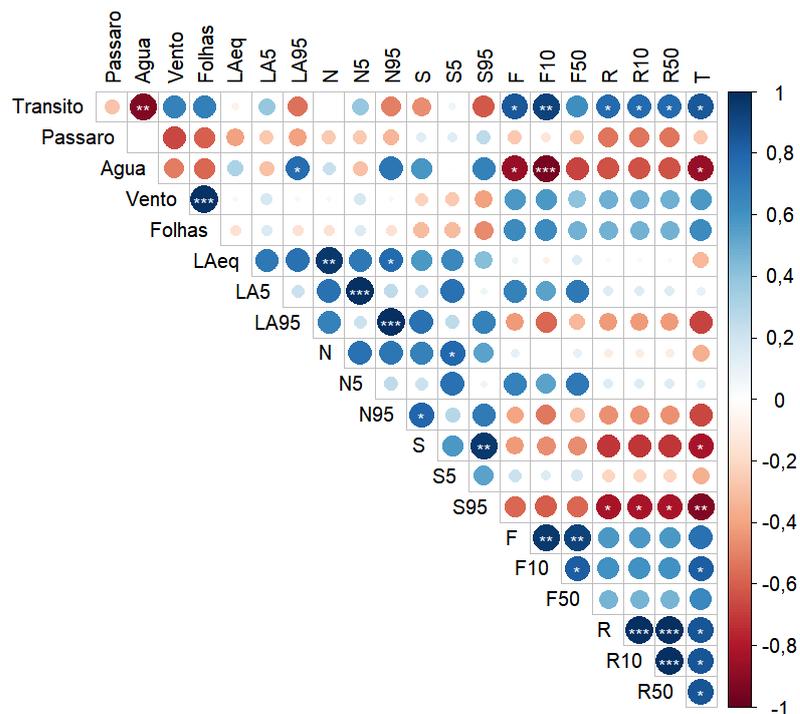


Figura 4-24: Matriz de correlação entre fontes sonoras e parâmetros acústicos / psicoacústicos.

O som do trânsito teve forte correlação negativa com o som da água ( $\rho = -0,93$ ,  $p < 0,01$ ) e forte correlação positiva com F ( $\rho = 0,84$ ,  $p < 0,05$ ), F10 ( $\rho = 0,92$ ,  $p < 0,01$ ), R ( $\rho = 0,77$ ,  $p < 0,05$ ), R10 ( $\rho = 0,77$ ,  $p < 0,05$ ), R50 ( $\rho = 0,77$ ,  $p < 0,05$ ) e T ( $\rho = 0,84$ ,  $p < 0,05$ ). Assim, quanto mais som de trânsito, mais oscilações temporais foram observadas (tanto lentas, quanto rápidas) e maior presença de componentes tonais e, por outro lado, menos se ouve o som da água. Nota-se que o resultado encontrado foi o oposto do que se observa para o som de água, em que F ( $\rho$

= -0,86,  $p < 0,05$ ),  $F_{10}$  ( $\rho = -0,95$ ,  $p < 0,001$ ) e  $T$  ( $\rho = -0,86$ ,  $p < 0,05$ ) apresentam correlação negativa, sendo menores quando se tem mais som de água. A única correlação positiva significativa do som de água foi com o  $LA_{95}$  ( $\rho = -0,77$ ,  $p < 0,05$ ), relacionando esse som com o nível sonoro em 95% do tempo.

Sons de vento e folhas das árvores tiveram correlação forte positiva apenas entre si ( $\rho = 0,98$ ,  $p < 0,001$ ). O som do canto dos pássaros não apresentou correlação significativa.

A Figura 4-25 mostra a matriz de correlação entre a percepção de conforto, agradabilidade e percepção de volume sonoro e os parâmetros psicoacústicos calculados.

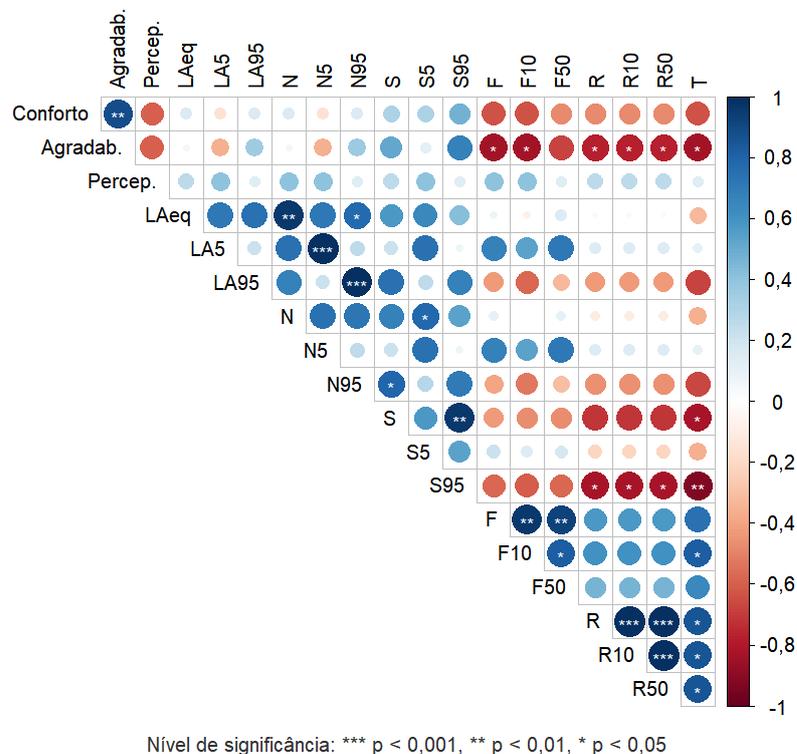


Figura 4-25: Matriz de correlação entre percepção e parâmetros psicoacústicos.

O conforto apresentou forte correlação positiva com agradabilidade ( $\rho = 0,88$ ,  $p < 0,01$ ). A agradabilidade apresentou forte correlação negativa com  $F$  ( $\rho = -0,83$ ,  $p < 0,05$ ),  $F_{10}$  ( $\rho = -0,83$ ,  $p < 0,05$ ),  $R$  ( $\rho = -0,77$ ,  $p < 0,05$ ),  $R_{10}$  ( $\rho = -0,77$ ,  $p < 0,05$ ),  $R_{50}$  ( $\rho = -0,77$ ,  $p < 0,05$ ) e  $T$  ( $\rho = -0,83$ ,  $p < 0,05$ ). Assim os ambientes são menos agradáveis quando apresentam maiores oscilações e componentes tonais.

Nota-se, ainda, que agradabilidade apresentou correlação oposta àquela encontrada para o som de trânsito e semelhante à encontrada para som de água. Embora sem significância

estatística, conforto apresentou resultado semelhante, com correlação negativa moderada para F ( $\rho = -0,77$ ), F10 ( $\rho = -0,77$ ) e T ( $\rho = -0,77$ ). Agradabilidade, por outro lado, não possui significância para a correlação com S ( $\rho = 0,52$ ), S95 ( $\rho = 0,68$ ) e F50 ( $\rho = -0,68$ ).

A Figura 4-26 mostra a matriz de correlação entre a parâmetros da qualidade afetiva percebida e parâmetros psicoacústicos.

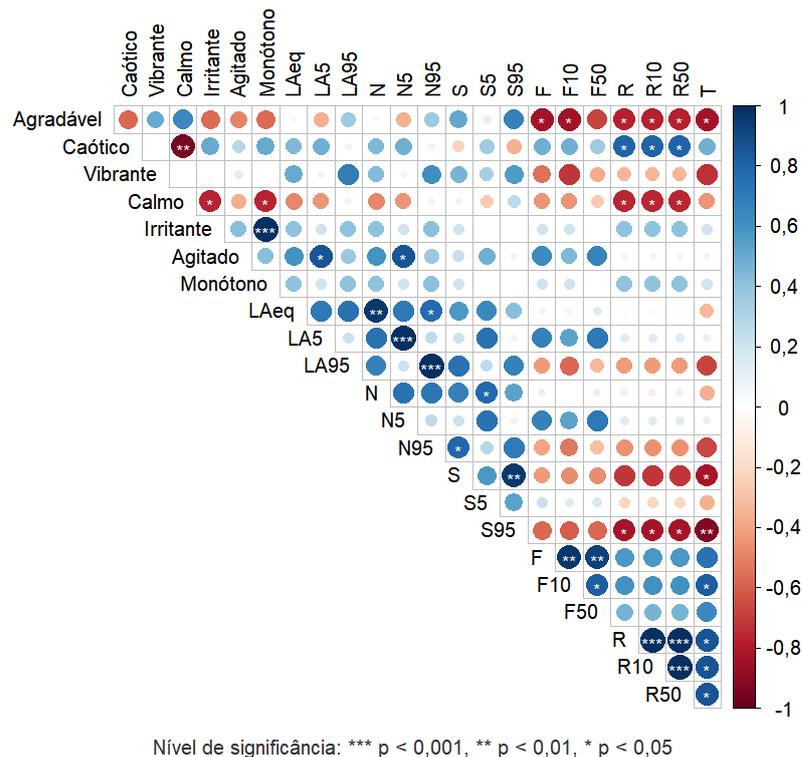


Figura 4-26: Matriz de correlação entre parâmetros da qualidade afetiva percebida e parâmetros psicoacústicos.

A percepção de ambiente sonoro agradável possui forte correlação negativa com F ( $\rho = -0,83$ ,  $p < 0,05$ ), F10 ( $\rho = -0,83$ ,  $p < 0,05$ ), R ( $\rho = -0,77$ ,  $p < 0,05$ ), R10 ( $\rho = -0,77$ ,  $p < 0,05$ ), R50 ( $\rho = -0,77$ ,  $p < 0,05$ ) e T ( $\rho = -0,83$ ,  $p < 0,05$ ), indicando menor agradabilidade quando esses parâmetros aumentam.

Caótico teve correlação negativa muito forte com calmo, quanto mais o ambiente era percebido como caótico, menos calmo ele era. As correlações positivas foram fortes para R ( $\rho = 0,80$ ,  $p < 0,05$ ), R10 ( $\rho = 0,80$ ,  $p < 0,05$ ), R50 ( $\rho = 0,80$ ,  $p < 0,05$ ). Assim, o ambiente é percebido como caótico à medida em que ocorrem mais oscilações rápidas ao longo do tempo.

Calmo tem correlação negativa forte com R ( $\rho = -0,76$ ,  $p < 0,05$ ), R10 ( $\rho = -0,76$ ,  $p < 0,05$ ), R50 ( $\rho = -0,76$ ,  $p < 0,05$ ), monótono ( $\rho = -0,76$ ,  $p < 0,05$ ), irritante ( $\rho = -0,76$ ,  $p < 0,05$ ) e muito forte com caótico ( $\rho = -0,94$ ,  $p < 0,05$ ). Dessa forma, ao contrário da percepção de

ambiente caótico, o ambiente é mais calmo quando ocorrem menos oscilações rápidas ao longo do tempo.

Monótono e irritante apresentaram forte correlação positiva apenas entre si ( $\rho = -0,76$ ,  $p < 0,001$ ). Logo, ambientes monótonos tendem a ser mais irritantes e ambientes irritantes tendem a ser monótonos.

Agitado tem correlação forte positiva com N5 ( $\rho = 0,85$ ,  $p < 0,05$ ), LA5 ( $\rho = 0,85$ ,  $p < 0,05$ ). Assim, o ambiente é considerado mais agitado à medida em que os volumes sonoros são mais elevados em 5% do tempo, o que pode se relacionar ao som de trânsito em alguns pontos.

Vale destacar ainda as correlações moderadas observadas entre agradável e F50 ( $\rho = -0,68$ ), S ( $\rho = 0,52$ ) e S95 ( $\rho = 0,68$ ), vibrante e  $L_{Aeq}$  ( $\rho = 0,51$ ), LA95 ( $\rho = 0,69$ ), N95 ( $\rho = 0,61$ ), S95 ( $\rho = 0,56$ ), F ( $\rho = -0,54$ ), F10 ( $\rho = -0,71$ ), T ( $\rho = -0,73$ ) e agitado com  $L_{Aeq}$  ( $\rho = 0,59$ ), N ( $\rho = 0,59$ ), F ( $\rho = 0,63$ ) e F50 ( $\rho = 0,67$ ).

Os parâmetros acústicos e psicoacústicos também se correlacionam entre si.  $L_{Aeq}$  tem forte correlação positiva com *loudness*, assim como os descritores de cada um dos parâmetros. *sharpness* tem correlação positiva com S95, e S95 tem correlação negativa com *roughness* e *tonality*. *Fluctuation strenght* e *roughness* têm correlação positiva com seus descritores e com *tonality*.

Assim, ao finalizar a análise dos dados obtidos, a Tabela 4-14 apresenta, em resumo, como os resultados respondem a cada um dos objetivos específicos investigados nesta tese. Os resultados serão, então, discutidos na sessão seguinte.

**Tabela 4-14 – Cumprimento dos objetivos específicos**

<b>Objetivo específico</b>	<b>Resultado obtido</b>
Investigar e analisar a percepção dos usuários a respeito do ambiente sonoro no entorno do Rio Piracicaba, na cidade de Piracicaba-SP	Os ambientes foram considerados <b>positivos</b> mesmo com <b>altos níveis sonoros</b> e forte presença de <b>fonte considerada negativa</b> . Observa-se uma “ <b>divisão</b> ” entre os pontos com maior fluxo de trânsito e os demais.
Analisar a influência do som da água do rio para a percepção sonora dos usuários	Os pontos com <b>maior presença do som da água</b> apresentam <b>maior concentração</b> de votos de percepção positiva. Identificou-se uma associação (não linear) entre <b>dominância do som da água</b> e percepção de <b>níveis elevados de conforto, tolerância e agradabilidade</b> .

Tabela 4-14 - Cumprimento dos objetivos específicos (Cont.)

Objetivo específico	Resultado obtido
Identificar a influência da variação sazonal da vazão do rio na experiência sonora dos usuários	Ocorre uma <b>diferença de percepção</b> entre os períodos analisados (cheia e seca), especialmente nos pontos com dominância do som da água, sendo <b>a seca o período mais positivo</b> .
Identificar as características psicoacústicas dos sons que compõe esse ambiente e como elas influenciam a percepção humana.	Ambientes sonoros com <b>maior oscilação temporal</b> e presença de sons tonais estão mais associados ao <b>ruido de trânsito e percepções negativas</b> , enquanto ambientes sonoros com maior presença de <b>componentes de alta frequência</b> se associam mais ao <b>som de água e percepções positivas</b> .

## 5. DISCUSSÃO

---

A percepção dos usuários a respeito da dominância de cada uma das fontes nos pontos analisados condiz com a caracterização dos recortes espaciais realizada inicialmente. As principais fontes sonoras identificadas foram trânsito, água/rio e o canto dos pássaros. Dessas, apenas o som de trânsito foi considerado negativo, enquanto os sons naturais têm maior aceitação por parte dos respondentes, conforme já relatado por outras pesquisas (KANG, 2007, Jeon et al., 2010).

Os pontos com trânsito intenso de veículos, conforme o esperado, possuem elevados níveis sonoros ( $L_{AFmáx} = 98,4$  dB e  $113,5$  dB /  $L_{Aeq} = 71,9$  dB e  $73,1$  dB). No entanto, o ponto A1, com som predominante de água, foi o ponto que apresentou o maior valor para o nível sonoro ( $L_{Aeq} = 74,7$  dB).

Grande variação temporal ( $L_{10}-L_{90}$ ) foi observada nos pontos de tráfego intenso e no ponto TM1+A. Bistafa (2006) diz que quanto maior for essa diferença, maior será o incômodo gerado. Da mesma forma, a variação apontada pelos parâmetros *roughness* e *fluctuation strength* foi também maior nesses pontos. Ainda assim, o único ponto percebido como “Barulhento” foi o TI1+A. Observa-se que os referidos pontos possuem som residual mais baixo que os demais, corroborando com Yang e Kang (2005), que relatam que um som residual mais baixo pode aumentar a percepção de silêncio.

Apesar do elevado nível sonoro no ponto A1, reforçado pelos grandes valores de *loudness*, esse ponto foi considerado neutro (Nem quieto, nem barulhento). Jambrošić, Horvat e Domitrović (2013) apontam que as pessoas são altamente propensas a perceber os sons de água como agradáveis e confortáveis, mesmo que o seu nível de pressão sonora seja bastante elevado. Galbrun e Ali (2013) reforçam, ainda, que as quedas d’água têm melhores propriedades espectrais para o mascaramento, do que outros tipos de sons de água.

A comparação do mapa de qualidade sonora com o mapa de ruído chama a atenção para dois fatores: embora os pontos A1, TI1+A e TI2+A tenham níveis sonoros semelhantes, o ponto com dominância do som da água possui melhor qualidade sonora. De maneira similar, TM1+A e TM2+A possuem o mesmo fluxo de trânsito, mas TM2+A possui maior presença do som de água e maiores níveis sonoros. Entretanto, o ponto TM1+A tem qualidade sonora percebida inferior ao TM2+A.

Diversas pesquisas têm apontado que sons de água com 3 dB a menos que o som de trânsito proporcionam satisfatoriamente o mascaramento informacional desse tipo de som. (LEE; LEE, 2020; MASULLO; MAFFEI; PASCALE, 2016; YOU; LEE; JEON, 2010). O ponto TM2+A apresentou um valor de 3 dB para  $L_{10} - L_{90}$ , considerando que o  $L_{10}$  representa o som de trânsito e o  $L_{90}$ , o som da queda d'água, é possível que essa condição tenha sido atendida no ponto em questão.

A análise por frequência indica que o som de trânsito tem maior energia nas baixas frequências, corroborando com literatura em que esse som varia de 63 a 250 Hz (YOU; LEE; JEON, 2010, JEON *et al.*, 2012), enquanto o som de água também apresenta energia nas médias para altas frequências. O parâmetro *sharpness* também mostra que os pontos com som de água possuem maior conteúdo de alta frequência do que os pontos com som de trânsito. Assim, supõe-se que esse tipo de som de água possa ter grande potencial de mascaramento dos sons de trânsito.

Por outro lado, Rådsten-Ekman, Axelsson, Nilsson (2013), mostram que sons de água nem sempre são agradáveis à percepção dos usuários. Os autores mencionam que grandes fontes com grande vazão possuem um caráter sonoro desagradável, independentemente de seu nível de pressão sonora.

A análise da agradabilidade, conforto e tolerância nos pontos próximos às quedas de água, no entanto, foi positiva. Essa diferença entre os estudos pode ter relação com o material de impacto da queda d'água, já que, por se tratar de um rio natural, tem grande quantidade de pedras em todo o percurso. Galbrun e Ali (2013) mostram que materiais sólidos como pedras e pedregulhos configuram os materiais de impacto preferidos. Nos pontos com maior presença do som de trânsito, no entanto, observa-se menor percepção positiva, especialmente agradabilidade.

A análise da qualidade afetiva percebida proposta por Axelsson, Nilsson e Berglund (2010) também mostra uma divisão entre os pontos de tráfego intenso, considerados vibrantes e os demais, considerados calmos. Há uma pequena diferença entre o ponto A1 e os pontos no mesmo quadrante, que pode ter uma relação com o que Rådsten-Ekman, Axelsson e Nilsson (2013) dizem sobre alguns tipos de som de água aumentarem a percepção de “agitação”. Esse fato se confirma também, ao observar a distribuição das respostas para cada um dos 7 pontos. Nota-se que os pontos com menor percepção de calmo foram os de trânsito intenso e o único ponto considerado agitado, além destes, foi o A1.

O mapeamento por interpolação tem o objetivo de espacializar os resultados obtidos, permitindo identificar áreas com melhor qualidade sonora. Os mapas mostram uma clara divisão na área, coincidindo com a distribuição das fontes sonoras e os níveis sonoros medidos. A área ao redor das pontes, onde foi identificado tráfego intenso, se diferenciou do restante da área, onde a presença dos sons de água e outros sons naturais, considerados positivos, é mais dominante.

A análise descritiva considerou, todavia, a frequência de respostas dos dois períodos analisados, enquanto o mapeamento utilizou as medianas de cada ponto. Dessa forma, fez-se importante investigar como a sazonalidade afeta a experiência sonora nesses pontos.

A análise entre os dois períodos mostra diferença para as percepções de agradabilidade, conforto e tolerância e embora as diferenças tenham sido encontradas justamente nos pontos com dominância do som da água, o período da seca foi percebido como mais positivo pelos usuários. Esperava-se que a diminuição dos níveis sonoros do rio pudesse realçar outros sons desagradáveis como o do trânsito, diminuindo a agradabilidade da paisagem. A diferença do  $L_{Aeq}$  entre os dois períodos, por outro lado foi pequena, podendo, inclusive ser imperceptível em alguns pontos. Considerando que não houve diferença estatisticamente significativa nas percepções de volume sonoro e dominância das fontes, imagina-se que haja a possível influência de outros fatores, além dos sonoros, como o clima, por exemplo, já que uma das coletas foi realizada no verão e outra no inverno.

Cabe ressaltar também que a diferença do nível do rio entre os dois períodos analisados não foi tão grande como já observada em outros momentos. Isso porque o nível do rio no início do ano de 2022 (quando foi realizada a coleta da cheia) estava abaixo da média histórica para janeiro. Por outro lado, no ano seguinte o nível estava 50% acima da média, sendo o maior desde 2019 (Portal G1, 2023). No período da seca de 2023 (quando foi realizada a segunda coleta) o nível chegou, em alguns momentos, a se igualar com aquele encontrado durante a cheia de 2022. Desse modo, embora houvesse diferença, o cenário não correspondia ao esperado para o período, o que pode influenciar a percepção, especialmente dos moradores.

Ainda assim, o som da água teve grande impacto na percepção dos usuários quando em maior quantidade. O resultado da análise de correspondência múltipla indica que a associação encontrada não é linear, ou seja, embora se tenha uma associação, não é possível dizer que conforto, tolerância, agradabilidade e a percepção de volume aumentem proporcionalmente conforme se ouve mais água. Por outro lado, a maior presença de som de água tende a gerar percepções mais positivas.

Observa-se também que os 3 conceitos adotados aqui para avaliar a percepção dos usuários (Conforto, Tolerância e Agradabilidade) têm grande associação entre si.

Ao analisar as correlações com os parâmetros acústicos/psicoacústicos, observa-se que as métricas relativas a mudanças temporais do som e à presença de componentes tonais se relacionam negativamente com conforto, agradabilidade, ambientes sonoros agradáveis, vibrantes e calmos, com o canto dos pássaros e som da água. No entanto, tais parâmetros se correlacionam positivamente com ambientes sonoros caóticos e agitados. Esse fato confirma que oscilações temporais no ambiente sonoro tendem a ser percebidas como negativas. Radsten Ekman *et al.* (2015) encontraram correlação positiva entre esses parâmetros e a agradabilidade do ambiente, porém sem significância estatística.

O *sharpness*, parâmetro relativo à nitidez do som e ao conteúdo de alta frequência, se relaciona positivamente com a agradabilidade, percepção de ambiente vibrante e o som da água e negativamente com o som de trânsito. Da mesma forma, no estudo de Hong e Jeon (2017), o som de trânsito apresentou correlação moderada negativa para *sharpness*, considerando que as baixas frequências dominam esse tipo de som. No mesmo estudo, o som de água apresentou apenas baixa correlação positiva para esse parâmetro.

Jeon *et al.* (2012) mostrou que os parâmetros tendem a variar de acordo com o tipo de som de água, especialmente o *loudness* e *sharpness*. Os pontos com som de rio, semelhante ao caso estudado, no entanto, apresentaram menores valores para *sharpness*, comparados aos demais tipos de som e comparados aos analisados aqui. Os autores apontam esse parâmetro como um fator dominante para a percepção dos usuários. No entanto, Radsten Ekman *et al.* (2015) ao analisar o som de fontes de água encontraram correlação negativa entre *sharpness* e a agradabilidade.

O *loudness* possui correlação positiva com ambientes sonoros vibrantes, agitados e o som de água e negativa com o som de trânsito, divergindo de Hong e Jeon (2017) que, para esse parâmetro, encontram correlação positiva com o som de trânsito e com Romero *et al.* (2016) que encontraram correlação negativa entre *loudness* e agradabilidade. Por outro lado, o estudo, corrobora com Jo e Jeon (2020) que demonstram contribuição negativa de *loudness* com a percepção de um ambiente calmo.

Os percentis também mostraram uma distinção entre as fontes sonoras, o som de água esteve relacionado positivamente com L95, N95 e S95, enquanto o som de trânsito se relacionou negativamente com esses parâmetros, sendo coerente visto o som da água ser o som residual

em todos os pontos de trânsito. Esses parâmetros, no entanto, são pouco adotados nas pesquisas, ainda que seu uso possa contribuir para uma compreensão mais abrangente da percepção do ambiente sonoro e levar a investigações adicionais (Engel *et al.*, 2021).

O  $L_{Aeq}$  apenas apresentou correlação com ambientes sonoros vibrantes e agitados, porém sem significância estatística, coerente com o estudo realizado por Hermida e Pavón (2019), que não encontrou correlação entre os 8 atributos propostos por Axelsson, Nilsson e Berglund (2010) e o  $L_{Aeq}$ . Por outro lado, Rådsten-Ekman, Lundén e Nilsson (2015), no estudo com fontes de água, observaram forte relação entre o NPS e a agradabilidade. Yang e Kang (2005) também encontraram boa relação entre avaliação subjetiva do nível sonoro e  $L_{Aeq}$ , para níveis médios abaixo de 73 dB. Estes autores relatam, ainda, que a avaliação subjetiva não se relaciona com a avaliação de conforto, que por sua vez, tem fraca relação com o NPS, sendo, assim, coerente com o encontrado nesse estudo. Esse resultado reforça que somente os parâmetros objetivos não são suficientes para avaliar um ambiente sonoro, já que a percepção do usuário depende também das expectativas em relação a esse ambiente (COELHO, 2016; PUYANA-ROMERO *et al.*, 2021).

É importante citar, porém, que os estudos mencionados foram realizados em laboratório com nível de pressão sonora fixo para todos os sons, sendo geralmente reproduzidos em um nível de 55 dB (MASSULO; MAFFEI; PASCALE, 2016, JEON *et al.*, 2012, GALBRUN; ALI, 2013), enquanto na presente pesquisa essa métrica atingiu valores maiores. Além disso, nas pesquisas anteriores, os sons são captados de maneira isolada. Aqui, por se tratar de um rio de grande porte, o som da corredeira se mistura em alguns pontos com o som das quedas d'água, não sendo possível isolar cada tipo de fonte.

## 6. CONCLUSÕES

---

Essa pesquisa apresentou e aplicou uma metodologia para analisar uma paisagem sonora ao redor de um rio urbano, buscando identificar a influência do som da água na percepção humana e quais características acústicas/psicoacústicas contribuem para a experiência do usuário.

Para isso, foram analisados 7 pontos ao redor do Rio Piracicaba, na cidade de Piracicaba-SP, cuja paisagem sonora é composta por diferentes fontes, sendo as principais os sons da água do rio e do tráfego de veículos. A metodologia proposta consiste na coleta de dados objetivos e subjetivos em diferentes estações do ano, assim como na gravação de áudio binaural e no posterior mapeamento sonoro, permitindo identificar áreas com melhor qualidade acústica e avaliar como as variações sazonais influenciam a percepção sonora.

Além das fontes sonoras mencionadas, outros sons naturais como o canto dos pássaros, o som do vento e das folhas das árvores também foram identificados. Os pontos com maior presença do som de água apresentam maior concentração de votos de percepção positiva, enquanto nos pontos de trânsito intenso as respostas apresentam maior variabilidade. Por outro lado, mesmo nesses pontos a percepção não demonstrou grande porcentagem de votos negativos, ainda que com altos níveis sonoros e grande presença de uma fonte considerada negativa.

Nota-se, então, uma clara divisão entre a área com maior fluxo de trânsito e o restante do recorte. Essa separação se estendeu dos níveis sonoros até a percepção dos usuários. No entanto, a maior parte dos espaços foram percebidos como agradáveis, mesmo diante de valores de  $L_{Aeq}$  elevados. Os espaços com fluxo intenso de tráfego, embora apresentem menor agradabilidade e conforto acústico que os outros pontos, ainda assim, não assumem valores extremamente negativos para esses parâmetros, o que seria esperado, dados os altos níveis sonoros. Além disso, esses pontos se mostraram tão acusticamente toleráveis quanto os pontos sem a presença de trânsito.

Embora o resultado varie dependendo da combinação de água + trânsito, existe associação entre a dominância do som da água e a percepção de níveis elevados de conforto, tolerância e agradabilidade a respeito do ambiente sonoro. No entanto, a associação encontrada não foi linear, portanto não se pode dizer que essas percepções aumentem ou diminuam proporcionalmente ao quanto se ouve o som da água.

As características psicoacústicas ligadas a cada fonte também exercem importante influência sobre a percepção. Assim, ambientes sonoros com maior oscilação temporal e presença de sons tonais estão mais associados ao som de trânsito e percepções negativas, enquanto ambientes sonoros com maior presença de altas frequências se associam mais ao som de água e percepções positivas.

Também é possível supor que a percepção dos usuários é influenciada por outras questões, além dos níveis sonoros e o tipo de fonte sonora. Presume-se que a paisagem visual e as características microclimáticas tenham influenciado na diferença de percepção entre seca e cheia nos pontos com som de água.

Assim, esse trabalho cumpriu seu objetivo ao avaliar a paisagem sonora em questão. A comparação entre os pontos urbanos, com diferentes composições quanto ao tipo de fonte sonora, permitiu avaliar a influência dos sons de água nesses locais. A comparação entre os períodos permitiu identificar diferenças sazonais, ainda que diferentes daquelas esperadas. A avaliação dos parâmetros psicoacústicos identificou as características mais favoráveis na paisagem sonora.

#### a) Contribuições

Considerando o cenário incipiente das pesquisas sob a abordagem da paisagem sonora, essa pesquisa proporcionou grande contribuição, especialmente no contexto brasileiro, onde a abordagem é ainda mais recente e não dispõe de bases consolidadas. Este estudo corrobora com o avanço do conhecimento nesse domínio e com a aplicação das normas de paisagem sonora no contexto brasileiro.

De maneira mais específica, essa pesquisa analisa os sons de água, considerados por grande parte das pesquisas como um som positivo. Tais pesquisas, no entanto, são focadas no estudo de diversos sons de água reproduzidos em laboratório. Os resultados apresentados não apenas corroboram a visão geral de que os sons da água são percebidos como positivos, mas também introduzem elementos adicionais à discussão, como a importância dos rios urbanos e o impacto da sazonalidade, a partir da abordagem do estudo de campo, no contexto brasileiro.

Para a cidade de Piracicaba-SP, a pesquisa ressalta a importância do Rio Piracicaba também a partir do viés da preservação da qualidade da paisagem sonora. Foram identificados o potencial de agradabilidade do rio e características que tendem a potencializar esse espaço. Espera-se, assim, contribuir para o desenvolvimento de estratégias urbanas que visem preservar

os ambientes com qualidade sonora, bem como mitigar os efeitos negativos nas paisagens sonoras e, assim, promover espaços sonoros mais agradáveis e restaurativos nas áreas urbanas próximas ao rio.

Ainda para a literatura, embora não tenha sido realizada uma análise preditiva, e sim exploratória, com o objetivo de entender uma paisagem sonora específica, os resultados encontrados são úteis enquanto subsídios para outras pesquisas.

#### b) Limitações

Pesquisas realizadas *in loco* têm como limitação a ausência de controle das variáveis, tornando mais complexa a identificação da relação entre elas. Esse tipo de avaliação, realizada em ambientes ao ar livre, tem ainda a dificuldade de se conseguir respondentes, o que acaba limitando a amostragem.

Uma outra limitação dessa pesquisa se deu por conta da impossibilidade de analisar os parâmetros psicoacústicos durante o período da cheia, o que poderia ajudar a explicar por que os pontos com presença de água se mostraram mais positivos durante esse período.

#### c) Sugestões para pesquisas futuras

Desse modo, sugere-se que pesquisas futuras possam ampliar os períodos analisados, repetindo as análises em diferentes momentos, considerando a grande variação que o rio tem no seu volume de águas, não apenas entre as estações, mas também de um ano para outro.

A replicação da análise também em outros ambientes, com rios de diferentes portes, permite a comparação dos resultados e melhor interpretação, a fim de identificar padrões.

Além disso, é importante analisar os espaços também durante os finais de semana, já que esses tendem a alterar o contexto, bem como incluir o cálculo das métricas psicoacústicas para todos os períodos analisados.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10151: Acústica — Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade — Procedimento. Rio de Janeiro. ABNT, 2020.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10152: Níveis de ruído para o conforto acústico. Rio de Janeiro. ABNT, 2017.

ALETTA, F.; KANG, J. Soundscape approach integrating noise mapping techniques: A case study in Brighton, UK. *Noise Mapping*, v. 2, n. 2, p. 1–12, 2015.

ANTUNES, S. et al. Validated translation into Portuguese of perceptual attributes for soundscape assessment. 12th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering. Anais...Madeira, Portugal: 2021. Disponível em: <<http://ftp.sea-acustica.es/fileadmin/Madeira21/ID207.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2022

APPLE MAPS. Piracicaba, São Paulo, Brasil. Disponível em: <https://maps.apple.com/?q=Piracicaba,+SP,+Brazil>.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. Bibliometrix: an r-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal Of Informetrics*, v. 11, n. 4, p. 959-975, nov. 2017

ASDRUBALI, F.; D’ALESSANDRO, F. Innovative Approaches for Noise Management in Smart Cities: a Review. *Current Pollution Reports*, v. 4, n. 2, p. 143–153, 1 jun. 2018.

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, nov. 2010.

AXELSSON, Ö. et al. A field experiment on the impact of sounds from a jet-and-basin fountain on soundscape quality in an urban park. **Landscape And Urban Planning**, v. 123, p. 49-60, mar. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.12.005>.

BARBOSA, C. M. R., ASSIS, E. S., VALADARES, V. M. “Case Study of Soundscape in Belo Horizonte City, Bra-sil” *Proceedings of the Twelfth International Congress on Sound and Vibration (ICSV12)*, Lisboa, Portugal, Julho 11-14, (2005).

BISTAFA, S. R. Acústica Aplicada ao Controle do Ruído. Blucher, 2006.

BOND, P. S.; SOUZA, L. C. L. DE; FERNANDES, R. A. DE S. Percepção da paisagem sonora no parque da represa em São José do Rio Preto, SP. *Ambiente Construído*, v. 18, n. 2, p. 143–160, 2018.

BRASIL. CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito). Resolução nº 204, de 20 de outubro de 2006. Regulamenta o volume e a frequência dos sons produzidos por equipamentos utilizados em veículos e estabelece metodologia para medição a ser adotada pelas autoridades de trânsito ou seus agentes, a que se refere o art. 228 do Código de Trânsito Brasileiro - CTB. Brasília: Contran, 2006. Disponível em: < [https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao204\\_06.pdf](https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao204_06.pdf)>

BRASIL. CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito). Resolução nº 35, de 21 de maio de 1998. Estabelece método de ensaio para medição de pressão sonora por buzina ou equipamento similar. Brasília: Contran, 1998. Disponível em: < [https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao035\\_98.doc](https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao035_98.doc)>

BRASIL. CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito). Resolução nº 624, de 19 de outubro de 2016. Regulamenta a fiscalização de sons produzidos por equipamentos utilizados em veículos, a que se refere o art. 228, do Código de Trânsito Brasileiro. Brasília: Contran, 2016. Disponível em: < [https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao\\_624-2016.pdf](https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao_624-2016.pdf)>

BRASIL. CONTRAN (Conselho Nacional de Trânsito). Resolução nº 958, de 17 de maio de 2022. Dispõe sobre os limites de emissões de gases e partículas pelo escapamento de veículos automotores, sua fiscalização pelos agentes de trânsito, requisitos de controle de gases do cárter e sons produzidos por equipamentos utilizados em veículos. Brasília: Contran, 2022. Disponível em: < <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/Resolucao9582022.pdf>>

BRASIL. Estatuto da Cidade Brasília -DF: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, , 2001. Disponível em: <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70317/000070317.pdf>>

BRASIL. Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. , 1998. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm)>. Acesso em: 30 nov. 2019

BRITO, F. A. C.; COELHO, J. L. B. The Fortaleza noise mapping project: a tool for the definition of noise action plans for the airport, the light rail system, and the Ceara musical event. *The Journal Of The Acoustical Society Of America*, v. 128, n. 4, p. 2450-2450, 1 out. 2010. Acoustical Society of America (ASA). <http://dx.doi.org/10.1121/1.3508766>.

BRITO, L. A. P. F. de. A utilização de mapas acústicos como ferramenta de identificação do excesso de ruído em áreas urbanas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 1095-1107, 3 ago. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522017152589>.

BRITTO, F. A. C.; COELHO, J. L. B. "The Fortaleza Noise Mapping Project – A Tool for the Strategies of Knowledge and Control of Noise in the Municipality and the New Perception for the Control of Big Music Events". In: 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010, 23-27 August 2010, Sydney, Australia.

BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*, v. 72, n. 6, p. 387–392, maio 2011.

CARNIEL, H. et al. How to deal with noise map calculation models in Brazil. 11th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering. Anais...Creta, Grécia: 2018.

CE – COMUNIDADES EUROPEIAS. DIRECTIVA 2002/49/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 25 de junho de 2002 relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. , p. 12–25, 2002.

COELHO, J. L. A PAISAGEM SONORA COMO INSTRUMENTO DE DESIGN E ENGENHARIA EM MEIO URBANO. XXIII ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA. Anais...Salvador, BA: 2010.

COELHO, J. L. Approaches to Urban Soundscape Management, Planning, and Design. In: KANG, J.; SCHULTE-FORTKAMP, B. (Eds.). *Soundscape and the Built Environment*. Boca Raton: CRC Press, 2016. p. 197–214.

COELHO, T. C. C.; LOBO SOARES, A. C.; COELHO, J. L. ANÁLISE DA PAISAGEM SONORA EM PRAÇA PÚBLICA DE BELÉM, PARÁ, AMAZÔNIA BRASILEIRA. II Seminário Nacional de Documentação do Patrimônio Arquitetônico com o uso de Tecnologias Digitais. Anais...Belém (PA): 2012.

COELHO, T. C. C.; SOARES, A. C. L.; COELHO, J. L. B. "Análise da Paisagem Sonora em Praça Pública de Belém, Pará, Amazônia Brasileira". In: Anais do II Seminário Nacional de Documentação do Patrimônio Arquitetônico com o uso de Tecnologias Digitais, Belém (PA). 26-28 de novembro de 2012.

COLETTI, K.; KALCZYNSKI, P.; DREZNER, Z. On the combined inverse-square effect of multiple points in multidimensional space. *Operations Research Letters*, p. 107139, jul. 2024. <http://dx.doi.org/10.1016/j.orl.2024.107139>.

CONTRAN - CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO; DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN). Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Volume V - Sinalização Semafórica. Ministério das Cidades, 2014.

CORTÊS, M. M.; NIEMEYER, M. L. A. DE. ANÁLISE DA PAISAGEM SONORA DA PRAÇA CORUMBÁ E LARGO DOS LEÕES, BOTAFOGO/HUMAITÁ, RIO DE JANEIRO. XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica. Anais...Porto Alegre- RS: Galoa Events Proceedings, 3 out. 2018.

CORTÊS, M.; NIEMEYER, M. L. The soundscape of Santa Marta Favela, Rio de Janeiro, Brazil. *inter.noise* 2019. Anais...Madrid: 2019. Disponível em: <<http://i-ince.org/files/data/classification.pdf>>

DAVIES, W. J. et al. Perception of soundscapes: An interdisciplinary approach. *Applied Acoustics*, v. 74, n. 2, p. 224–231, fev. 2013.

DE ULHÔA CARVALHO, M. L. et al. Uma análise preliminar da Paisagem Sonora do Parque Mutirama, Goiânia-GO. *Galoa Events Proceedings*, 29 set. 2018.

DURLACH, N. I. et al. Note on informational masking (L). *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 113, n. 6, p. 2984, 2003.

ENGEL, M. S. et al. A Review of Socio-acoustic Surveys for Soundscape Studies. *Current Pollution Reports*, v. 4, n. 3, p. 220–239, 21 set. 2018.

ENGEL, M. S. et al. Characterisation of the soundscape of parks and green areas through the triangulation of methodologies proposed by ISO/TS 12913-2. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 9, n. 71, 30 out. 2021.

FASTL H., ZWICKER E. *Psychoacoustics. Facts and models*, Heidelberg, New York, Berlin, Springer Verlag, 1999

FASTL, H. Basics and applications of psychoacoustics. **Proceedings Of Meetings On Acoustics**, Montreal-Canadá, v. 19, n. 1, p. 1-23, 2 jun. 2013. ASA. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4800482>.

- FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. (2017). Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®. Rio de Janeiro: Elsevier
- FERREIRA, L. R.; BORGES, E.; GRIGOLETTI, G. Subjective analysis of soundscape in three areas in the Brazilian city in the legal Amazon region. *Canadian Acoustics*, v. 49, n. 4, p. 15-26, 2021
- FIEDLER, P. E. K. Poluição sonora nos eixos estruturais de transporte da cidade de Curitiba – PR. Dissertação—Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná, 2013.
- GALBRUN, L.; ALI, T. T. Acoustical and perceptual assessment of water sounds and their use over road traffic noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 133, n. 1, p. 227–237, jan. 2013.
- GENUIT, K.; FIEBIG, A. Psychoacoustics and its Benefit for the Soundscape Approach. *ACTA ACUSTICA UNITED WITH ACUSTICA*, v. 92, p. 1–1, 2006.
- GENUIT, K.; SCHULTE-FORTKAMP, B.; FIEBIG, A. Psychoacoustics triggering the soundscape standardization. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 134, n. 5, p. 4021–4021, nov. 2013.
- GIUNTA, M. B. ANÁLISE DE MODELAGEM DE PREVISÃO ACÚSTICA E MAPEAMENTO SONORO PARA A CIDADE DE SÃO CARLOS-SP. Dissertação—São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2013.
- GOOGLE EARTH. Piracicaba, São Paulo, Brasil (Latitude: -22.7253, Longitude: -47.6493). 2023.
- GHOJOGH NEJADA, P.; AHMAD, A.; ZEN, I. S. Assessment of the interpolation techniques on traffic noise pollution mapping for the campus environment sustainability. *International Journal of Built Environment & Sustainability (IGCESH 2018 Special Issue)*, v. 6, n. 1-2, p. 82-91, abr. 2019. DOI: 10.11113/ijbes.v6.n1-2.393.
- GUEDES, I. C. M.; BERTOLI, S. R.; ZANNIN, P. H. T. Influence of urban shapes on environmental noise: A case study in Aracaju — Brazil. *Science of The Total Environment*, v. 412–413, p. 66–76, dez. 2011.
- HAN, Z.; KANG, J.; MENG, Q. A time series analysis model of the relationship between psychoacoustic parameters of urban soundscape spatial sequences and emotional changes. **The Journal Of The Acoustical Society Of America**, v. 152, n. 4, p. 2022-2037, 1 out. 2022. Acoustical Society of America (ASA). <http://dx.doi.org/10.1121/10.0014287>.
- HAO, Y.; SHAO, Y. THE ROLES OF SOUNDSCAPE APPROACHES IN LANDSCAPE DESIGN. *Landscape Architecture Frontiers*, v. 8, n. 1, p. 72, 2020.
- HIRASHIMA, S. Q. DA S.; ASSIS, E. S. DE. Percepção sonora e conforto acústico em espaços urbanos do município de Belo Horizonte, MG. *Ambiente Construído*, v. 17, n. 1, p. 7–22, mar. 2017.
- HOLTZ, M. C. DE B. Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos. Estudo de caso: Parque Villa Lobos, em São Paulo. Dissertação—São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012.

- HONG, J. Y.; JEON, J. Y. Exploring spatial relationships among soundscape variables in urban areas: A spatial statistical modelling approach. *Landscape and Urban Planning*, v. 157, p. 352–364, 1 jan. 2017.
- HSIEH, C. H.; et al. The effect of water sound level in virtual reality: a study of restorative benefits in young adults through immersive natural environments. *Journal Of Environmental Psychology*, v. 88, p. 102012, jun. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2023.102012>.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Piracicaba. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/piracicaba.html>>. Acesso em: 24 nov. 2019.
- IPPLAP – INSTITUTO DE PESQUISAS E PLANEJAMENTO DE PIRACICABA. Projeto Beira-Rio. Disponível em: <<http://ipplap.com.br/site/projetos-2/projeto-beira-rio/>>. Acesso em: 24 nov. 2019.
- ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 12913-1: Acoustics — Soundscape — Part 1: Definition and conceptual framework, Suíça, 2014.
- ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO/TS 12913-2: Acoustics — Soundscape — Part 2: Data collection and reporting requirements, Suíça, 2018.
- ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO/TS 12913-3: Acoustics — Soundscape — Part 3: Data analysis, Suíça, 2019.
- JAMBROŠIĆ, K.; HORVAT, M.; DOMITROVIĆ, H. Assessment of urban soundscapes with the focus on an architectural installation with musical features. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 134, n. 1, p. 869–79, 2013.
- JEON, J. Y. et al. Perceptual assessment of quality of urban soundscapes with combined noise sources and water sounds. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 127, n. 3, p. 1357–1366, mar. 2010.
- JEON, Jin Yong et al. Acoustical characteristics of water sounds for soundscape enhancement in urban open spaces. **The Journal Of The Acoustical Society Of America**, v. 131, n. 3, p. 2101–2109, 1 mar. 2012. Acoustical Society of America (ASA). <http://dx.doi.org/10.1121/1.3681938>.
- JO, H. I.; JEON, J. Y. Compatibility of quantitative and qualitative data-collection protocols for urban soundscape evaluation. *Sustainable Cities and Society*, v. 74, 1 nov. 2021.
- JO, H. I.; JEON, J. Y. The influence of human behavioral characteristics on soundscape perception in urban parks: Subjective and observational approaches. *Landscape and Urban Planning*, v. 203, 1 nov. 2020.
- KANG, J. et al. A model for implementing soundscape maps in smart cities. *Noise Mapping*, v. 5, n. 1, p. 46–59, 1 mar. 2018.
- KANG, J. et al. Mapping of soundscape. In: *Soundscape and the Built Environment*. Boca Raton: CRC Press, 2016. p. 161–195.
- KANG, J. et al. Towards soundscape indices. 23rd International Congress on Acoustics. Anais...Aachen, Alemanha: 2019. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/335661596>>
- KANG, J. Urban Sound Environment. *Building Acoustics*, v. 14, n. 2, p. 159–160, 7 jun. 2007.

- KOGAN, P. et al. A Green Soundscape Index (GSI): The potential of assessing the perceived balance between natural sound and traffic noise. *Science of the Total Environment*, v. 642, p. 463–472, 15 nov. 2018.
- KROPP, W.; FORSSÉN, J.; ESTÉVEZ-MAURIZ, L. (EDS.). *Urban sound planning: the SONORUS project*. Suécia: Chalmers University of Technology, Division of Applied Acoustics, 2016. v. 1
- LAVANDIER, C. et al. Urban soundscape maps modelled with geo-referenced data. *Noise Mapping*, v. 3, n. 1, p. 278–294, 1 jan. 2016.
- LÊ, Sébastien; JOSSE, Julie; HUSSON, François. FactoMineR: A Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, v. 25, n. 1, p. 1-18, 2008. DOI: 10.18637/jss.v025.i01.
- LEE, H. M.; LEE, H. P. Noise masking in high population country using sound of water fountain. *Applied Acoustics*, v. 162, 1 maio 2020.
- LEEK, M. R.; BROWN, M. E.; DORMAN, M. F. Informational masking and auditory attention. *Perception & Psychophysics*, v. 50, n. 3, p. 205–214, 1991.
- LENS, Michael C.. Zoning, Land Use, and the Reproduction of Urban Inequality. *Annual Review Of Sociology*, v. 48, n. 1, p. 421-439, 29 jul. 2022. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-soc-030420-122027>
- LOO, B. P. Y.; TANG, W. S. M. “Mapping” Smart Cities. *Journal of Urban Technology*, v. 26, n. 2, p. 129–146, 3 abr. 2019.
- LÜDECKE, Daniel. *sjPlot: Data Visualization for Statistics in Social Science*. 2023. (R package version 2.8.15). Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=sjPlot>.
- LUGTEN, M. et al. Improving the soundscape quality of urban areas exposed to aircraft noise by adding moving water and vegetation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 144, n. 5, p. 2906–2917, 2018.
- LUZZI, S.; BUSA, L.; BARTALUCCI, C. Acoustic smartness and sustainability in urban planning and building design. 11th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering. Anais...Creta, Grécia: 2018.
- MAIA, M. A. L. Contribuição ao mapeamento do ruído urbano na cidade de Porto Alegre – RS. Dissertação—Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- MARGARITIS, E.; KANG, J. Relationship between green space-related morphology and noise pollution. *Ecological Indicators*, v. 72, p. 921–933, 1 jan. 2017.
- MARIA, G. et al. The effect of street canyon design on traffic noise exposure along roads. *Building and Environment*, v. 97, p. 96–110, 2016.
- MASULLO, M.; MAFFEI, L.; PASCALE, A. Effects of combination of water sounds and visual elements on the traffic noise mitigation in urban green parks. *Proceedings of the INTER-NOISE 2016 - 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering: Towards a Quieter Future*, n. October, p. 1771–1776, 2016.
- MENDONÇA, A. B. D. *Relações entre índices urbanísticos da forma urbana e a acústica ambiental*. Mestrado—São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2013.

MENDONÇA, A. B. D.; SURIANO, M. T.; SOUZA, L. C. L. MEDIÇÕES ACÚSTICAS: variação da geometria da via urbana e tempo de amostragem. III Simpósio de Pós Graduação em Engenharia Urbana. Anais...Maringá: 2012.

MICHALSKI, R. L. X. N.; CAPARROZ, G. M. Avaliação sonora de espaços urbanos na área central de São Paulo: o caso da Avenida Ipiranga. *Acústica e Vibrações*, [S. l.], v. 34, n. 51, p. 13–32, 2019. DOI: 10.55753/aev.v34e51.78. Disponível em: [https://revista.acustica.org.br/acustica/article/view/aev51\\_spiriranga](https://revista.acustica.org.br/acustica/article/view/aev51_spiriranga).

MICHALSKI, R. L. X. N.; SHIMOMURA, A. R. P. .; MÜLFARTH, R. C. K. . Avaliação de ruído urbano durante a pandemia de COVID-19: um estudo de caso no centro de São Paulo/SP. *Acústica e Vibrações*, [S. l.], v. 36, n. 53, p. 37–48, 2021. DOI: 10.55753/aev.v36e53.9. Disponível em: [https://revista.acustica.org.br/acustica/article/view/aev53\\_covid](https://revista.acustica.org.br/acustica/article/view/aev53_covid).

MICHALSKI, R.; ACAMINE, E. Mapa sonoro de área central da cidade de São Paulo. II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana. Anais...São Paulo: Editora Blucher, nov. 2019. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/34060>

MICHALSKI, R.; CAPARROZ, G. M.; COUTINHO, L. DE G. Sound evaluation of urban spaces in the central area of São Paulo. INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings, v. 263, n. 1, p. 5792–5803, 1 ago. 2021.

MITCHELL, A. et al. The soundscape indices (SSID) protocol: A method for urban soundscape surveys- Questionnaires with acoustical and contextual information. *Applied Sciences (Switzerland)*, v. 10, n. 7, 1 abr. 2020.

O’SULLIVAN, D.; UNWIN, D. Geographic information analysis. 2. ed. Hoboken, N.J: WILEY, 2010.

OITICICA, M. L. G. DA R. et al. Sounds as an expression of urban vitality: changes in the neighborhood’s soundscape affected by technological disaster in Maceió-AL, Brazil. *Inter.noise*. Anais...Seoul: 23 ago. 2020.

OLIVEIRA, J. D. de et al. Landscape visual quality influence on noise pollution propagation in urban green areas. *Dyna*, v. 88, n. 219, p. 131-138, 22 nov. 2021. Universidad Nacional de Colombia. <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v88n219.94724>.

OLIVEIRA, P. L. DE.; OITICICA, M. L. G. DA R.; MIRANDA, E. F. V.. Mapeamento da paisagem sonora: impactos dos sons da fé. urbe. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 13, p. e20210073, 2021.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe, 2011. Disponível em: <[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf?ua=1)>. Acesso em: 30 nov. 2019

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Environmental noise guidelines for the European Region, 2018. Disponível em: <[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf?ua=1)>. Acesso em: 30 nov. 2019

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. World Population Prospects 2019: Highlights, 2018. Disponível em:

<[https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_Highlights.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf)>. Acesso em: 23 abr. 2022

PIRACICABA. Lei complementar no 394, de 27 de fevereiro de 2018. “Introduz alterações à Lei Complementar no 186/06 - Plano Diretor de Desenvolvimento de Piracicaba...,” 2018. Disponível em: <<http://www.ipplap.com.br/docs/Lei%20Complementar%20394-2018%20geral.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2019

POLLACK, I. Auditory informational masking. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 57, supl. 1, p. S5, 1975. Disponível em: <https://doi.org/10.1121/1.1995329>.

PORTAL G1. (2023, 7 de janeiro). Com maior nível desde 2019 para janeiro, cheia do Rio Piracicaba movimentada turistas na Rua do Porto [Fotos]. *Globo.com*. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2023/01/07/com-maior-nivel-desde-2019-para-janeiro-cheia-do-rio-piracicaba-movimentada-turistas-na-rua-do-porto-fotos.ghtml>.

PRITCHARD, A. Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of Documentation*, v. 25, n.4, p. 348–349. 1969

PUYANA-ROMERO, V. et al.. Modelling the soundscape quality of urban waterfronts by artificial neural networks. *Applied Acoustics*, v. 111, p. 121-128, out. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.04.019>.

PUYANA-ROMERO, V. et al. Sound water masking to match a waterfront soundscape with the users’ expectations: The case study of the seafront in Naples, Italy. *Sustainability (Switzerland)*, v. 13, n. 1, p. 1–20, 1 jan. 2021.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RÅDSTEN EKMAN, M.; LUNDÉN, P.; NILSSON, M. E. Similarity and pleasantness assessments of water-fountain sounds recorded in urban public spaces. *The Journal of the Acoustical Society of America*, v. 138, n. 5, p. 3043–3052, nov. 2015.

RÅDSTEN-EKMAN, M. *WantedUnwanted Sounds - Perception of sounds from water structures in urban soundscapes*. Stockholm, Sweden: Stockholm University, 2015.

RÅDSTEN-EKMAN, M.; AXELSSON, O.; NILSSON, M. E. Effects of Sounds from Water on Perception of Acoustic Environments Dominated by Road-Traffic Noise. *Acta Acustica united with Acustica*, v. 99, p. 218–225, 2013.

REGO, B. X. et al. Characterization of the urban sound environment from commercial pedestrian streets: a first approach in São Paulo-Brazil. 23rd International Congress on Acoustics. *Anais...Aachen, Alemanha*: 9 set. 2019.

SAID, Maryam; ANI, Mohammed Qasim Abdul Ghafoor Al. Bridging the gap in injustice urbanism. *Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum*, v. 21, n. 3, p. 435-446, 30 ago. 2022. Uniwersytet Warmińsko-Mazurski. <http://dx.doi.org/10.31648/aspal.7416>

SÃO PAULO. Lei Municipal nº 16.499, de 20 de julho de 2016. Dispõe sobre a elaboração do Mapa do Ruído Urbano da Cidade de São Paulo e dá outras providências. 2018. Disponível em: <<https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16499-de-20-de-julho-de-2016>>

SCHAFFER, R. M. *A afinação do mundo*. São Paulo: UNESP, 2001.

SSD PCJ – Sistema de Suporte a Decisões das Bacias PCJ. Monitoramento. 2024. Disponível em: <https://ssd.baciaspcj.org.br/Monitoramento>.

SILVA, J. T. DA et al. The sound's dynamics in street markets during the Covid-19 pandemic: a case study at Tabuleiro Market, Maceió-AL, Brazil. *inter.noise. Anais...*Seoul: 23 ago. 2020.

SOARES, A. C. L.; COELHO, J. L. B. "An Investigation on the Soundscape of Public Parks in the City of Belém, Brazil". In: 18th International Congress on Sound and Vibration, Rio de Janeiro, Brazil, 10-14 July 2011.

SOARES, A. C. L.; COELHO, J. L. B. Urban Park soundscape in distinct sociocultural and geographical contexts. **Noise Mapping**, v. 3, n. 1, p. 232-246, 30 ago. 2016. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/noise-2016-0016>.

SOARES, A. C. L.; COELHO, T. da C. C.; COELHO, J. L. B. Análise da Paisagem Sonora de Quatro Parques Públicos na Amazônia Brasileira. *Acústica e Vibrações*, [S. l.], v. 30, n. 47, p. 3–10, 2015. DOI: 10.55753/aev.v30e47.110. Disponível em: [https://revista.acustica.org.br/acustica/article/view/aev47\\_amazonia](https://revista.acustica.org.br/acustica/article/view/aev47_amazonia).

SPEARMAN, C. The Proof and Measurement of Association between Two Things. *The American Journal Of Psychology*, v. 15, n. 1, p. 72, jan. 1904.

SZEREMETA, B.; ZANNIN, P. H. T. Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise. *Science of the Total Environment*, v. 407, n. 24, p. 6143–6149, 1 dez. 2009.

SZEREMETA, B.; ZANNIN, P. H. A percepção dos praticantes de atividade física sobre a qualidade ambiental sonora dos parques públicos de Curitiba-Paraná. *RA'EGA*, v. 33, p. 07-43, abr. 2015.

TRUDEAU, C.; STEELE, D.; GUASTAVINO, C. A Tale of Three Misters: The Effect of Water Features on Soundscape Assessments in a Montreal Public Space. *Frontiers in Psychology*, v. 11, 25 nov. 2020.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Noise, blazes and mismatches: emerging issues of environmental concern. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme, 2022. Disponível em: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38059/Frontiers\\_2022.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38059/Frontiers_2022.pdf). Acesso em: 23 abr. 2022.

VIEIRA, B. et al. The Soundscape Of Sen. Salgado Filho Avenue, Natal/RN-Brazil: The Acoustic Impact Caused By The Insertion Of Semi-exclusive Bus Lane. In: *inter.noise 2019. Anais...* Madrid: 2019.

WEI, Taiyun; SIMKO, Viliam. R package 'corrplot': Visualization of a Correlation Matrix. 2021. (Version 0.92). Disponível em: <https://github.com/taiyun/corrplot>.

WICKHAM, Hadley. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York: Springer-Verlag, 2016. ISBN 978-3-319-24277-4. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org>.

YANG, M; MASULLO, M. Combining binaural psychoacoustic characteristics for emotional evaluations of acoustic environments. **Applied Acoustics**, v. 210, p. 109433, jul. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2023.109433>.

YANG, W.; KANG, J. Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces. *Applied Acoustics*, v. 66, n. 2, p. 211–229, fev. 2005.

YOU, J.; LEE, P. J.; JEON, J. Y. Evaluating water sounds to improve the soundscape of urban areas affected by traffic noise. *Noise Control Engineering Journal*, v. 58, n. 5, p. 477, 2010.

ZHU, Y. et al. Does Soundscape Perception Affect Health Benefits, as Mediated by Restorative Perception? *Forests*, v. 14, n. 9, p. 1798, 3 set. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/f14091798>

ZWICKER, E.; FASTL, H. *Psychoacoustics: Facts and Models*. Berlin Heidelberg: Springer, 1999. (Springer Series in Information Sciences). ISBN 9783662095621. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-09562-1>.

# Anexo A – Questionário

Data: \_\_/\_\_/\_\_

Hora: \_\_:\_\_:\_\_

Local: \_\_\_\_\_

## QUESTIONÁRIO

O objetivo deste questionário é avaliar a percepção das pessoas sobre este local, como parte da pesquisa de doutorado desenvolvida pela aluna Maria Eugênia Fernandes, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, da Universidade Federal de São Carlos.

As perguntas são divididas em 2 partes: Informações Pessoais e Informações sobre a Paisagem. Todos os dados coletados neste questionário serão usados apenas para fins acadêmicos.

### PARTE A - INFORMAÇÕES PESSOAIS

1. Quantos anos você tem? \_ \_\_\_\_\_
  
2. Qual é o seu sexo?  
 Feminino  
 Masculino
  
3. Você mora em Piracicaba?  
 Não  
 Sim - Há quanto tempo? \_\_\_\_\_
  
4. Há quanto tempo você está neste lugar?  
 0-15 minutos  
 15 – 30 minutos  
 30 – 45 minutos  
 45 – 60 minutos  
 Mais de 60 minutos
  
5. Razão pela qual você está aqui  
 Tempo livre  
 Trabalho  
 Atividade física  
 Outro \_\_\_\_\_
  
6. Você tem algum tipo de deficiência auditiva?  
 Não  
 Sim

**PARTE B – INFORMAÇÕES SOBRE A PAISAGEM SONORA**

7. Em geral, qual é a sua percepção sobre esse ambiente sonoro?

Muito quieto	Quieto	Nem quieto nem barulhento	Barulhento	Muito Barulhento
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Como você considera esse ambiente sonoro? Marque, **para cada par**, a posição mais próxima do adjetivo que melhor corresponde à sua percepção dessa paisagem sonora.

Confortável	<input type="radio"/>	Desconfortável				
-------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	----------------

Tolerável	<input type="radio"/>	Intolerável				
-----------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-------------

Agradável	<input type="radio"/>	Desagradável				
-----------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	--------------

9. **Para cada adjetivo**, marque o quanto você concorda ou discorda que o ambiente sonoro atual seja:

	Concordo Totalmente	Concordo	Não concordo, nem discordo	Discordo	Discordo Totalmente
Agradável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Caótico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vibrante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rotineiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calmo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Irritante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Agitado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Monótono	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Quão bem você consegue identificar as fontes sonoras abaixo? Marque **uma opção para cada** fonte de som.

	Não ouço	Ouço pouco	Ouço moderadamente	Ouço muito	Domina totalmente
Tráfego	<input type="radio"/>				
Máquinas/Indústria	<input type="radio"/>				
Construção	<input type="radio"/>				
Pessoas conversando	<input type="radio"/>				
Música	<input type="radio"/>				
Canto de pássaros	<input type="radio"/>				
Cães latindo	<input type="radio"/>				
Água/ Rio	<input type="radio"/>				
Vento	<input type="radio"/>				
Farfalhar de árvores	<input type="radio"/>				
Outras	<input type="radio"/>				

11. Quão positivo você acha que seria ouvir cada uma das seguintes fontes neste lugar? **Pontue uma opção para cada fonte**, considerando que quanto mais próximo de 4, mais positiva ela é.

	0	1	2	3	4
Tráfego	<input type="radio"/>				
Máquinas/Indústria	<input type="radio"/>				
Construção	<input type="radio"/>				
Pessoas conversando	<input type="radio"/>				
Música	<input type="radio"/>				
Canto de pássaros	<input type="radio"/>				
Cães latindo	<input type="radio"/>				
Água/ Rio	<input type="radio"/>				
Vento	<input type="radio"/>				
Farfalhar de árvores	<input type="radio"/>				
Outras	<input type="radio"/>				

## Anexo B – Coeficiente de correlação

Tabela B-1 – Correlação de Spearman entre a percepção dos usuários e os parâmetros acústicos e psicoacústicos.

	Conforto	Agradab.	Percep.	$L_{Aeq}$	$L_{A5}$	$L_{A95}$	N	$N_5$	$N_{95}$	S	$S_5$	$S_{95}$	F	$F_{10}$	$F_{50}$	R	$R_{10}$	$R_{50}$	T
Conforto	1,00	0,88	-0,59	0,16	-0,16	0,16	0,16	-0,16	0,16	0,32	0,32	0,47	-0,63	-0,63	-0,47	-0,47	-0,47	-0,47	-0,63
Agradab.	0,88	1,00	-0,60	0,06	-0,36	0,36	0,06	-0,36	0,36	0,52	0,12	0,68	-0,84	-0,84	-0,68	-0,78	-0,78	-0,78	-0,84
Percep.	-0,59	-0,60	1,00	0,27	0,40	0,13	0,40	0,40	0,13	0,27	0,40	0,13	0,40	0,40	0,13	0,27	0,27	0,27	0,13
$L_{Aeq}$	0,16	0,06	0,27	1,00	0,71	0,75	0,96	0,71	0,77	0,57	0,64	0,43	0,07	-0,07	0,14	-0,04	-0,04	-0,04	-0,32
$L_{A5}$	-0,16	-0,36	0,40	0,71	1,00	0,21	0,75	1,00	0,25	0,21	0,75	0,07	0,68	0,54	0,71	0,14	0,14	0,14	0,11
$L_{A95}$	0,16	0,36	0,13	0,75	0,21	1,00	0,68	0,21	0,99	0,75	0,25	0,68	-0,43	-0,57	-0,32	-0,43	-0,43	-0,43	-0,68
N	0,16	0,06	0,40	0,96	0,75	0,68	1,00	0,75	0,72	0,68	0,79	0,54	0,11	0,00	0,11	-0,11	-0,11	-0,11	-0,36
$N_5$	-0,16	-0,36	0,40	0,71	1,00	0,21	0,75	1,00	0,25	0,21	0,75	0,07	0,68	0,54	0,71	0,14	0,14	0,14	0,11
$N_{95}$	0,16	0,36	0,13	0,77	0,25	0,99	0,72	0,25	1,00	0,79	0,29	0,70	-0,40	-0,52	-0,31	-0,45	-0,45	-0,45	-0,67
S	0,32	0,52	0,27	0,57	0,21	0,75	0,68	0,21	0,79	1,00	0,57	0,96	-0,43	-0,46	-0,46	-0,71	-0,71	-0,71	-0,82
$S_5$	0,32	0,12	0,40	0,64	0,75	0,25	0,79	0,75	0,29	0,57	1,00	0,54	0,21	0,14	0,18	-0,21	-0,21	-0,21	-0,36
$S_{95}$	0,47	0,68	0,13	0,43	0,07	0,68	0,54	0,07	0,70	0,96	0,54	1,00	-0,57	-0,61	-0,57	-0,82	-0,82	-0,82	-0,93
F	-0,63	-0,84	0,40	0,07	0,68	-0,43	0,11	0,68	-0,40	-0,43	0,21	-0,57	1,00	0,96	0,93	0,57	0,57	0,57	0,75
$F_{10}$	-0,63	-0,84	0,40	-0,07	0,54	-0,57	0,00	0,54	-0,52	-0,46	0,14	-0,61	0,96	1,00	0,82	0,61	0,61	0,61	0,82
$F_{50}$	-0,47	-0,68	0,13	0,14	0,71	-0,32	0,11	0,71	-0,31	-0,46	0,18	-0,57	0,93	0,82	1,00	0,46	0,46	0,46	0,64
R	-0,47	-0,78	0,27	-0,04	0,14	-0,43	-0,11	0,14	-0,45	-0,71	-0,21	-0,82	0,57	0,61	0,46	1,00	1,00	1,00	0,86
$R_{10}$	-0,47	-0,78	0,27	-0,04	0,14	-0,43	-0,11	0,14	-0,45	-0,71	-0,21	-0,82	0,57	0,61	0,46	1,00	1,00	1,00	0,86
$R_{50}$	-0,47	-0,78	0,27	-0,04	0,14	-0,43	-0,11	0,14	-0,45	-0,71	-0,21	-0,82	0,57	0,61	0,46	1,00	1,00	1,00	0,86
T	-0,63	-0,84	0,13	-0,32	0,11	-0,68	-0,36	0,11	-0,67	-0,82	-0,36	-0,93	0,75	0,82	0,64	0,86	0,86	0,86	1,00

Tabela B-2 – Correlação de Spearman entre a fonte sonora percebida e os parâmetros acústicos e psicoacústicos.

	Trânsito	Pássaro	Água	Vento	Folhas	L <sub>Aeq</sub>	L <sub>A5</sub>	L <sub>A95</sub>	N	N <sub>5</sub>	N <sub>95</sub>	S	S <sub>5</sub>	S <sub>95</sub>	F	F <sub>10</sub>	F <sub>50</sub>	R	R <sub>10</sub>	R <sub>50</sub>	T
Trânsito	1,00	-0,29	-0,93	0,67	0,68	-0,08	0,39	-0,54	0,00	0,39	-0,51	-0,46	0,08	-0,62	0,85	0,93	0,62	0,77	0,77	0,77	0,85
Pássaro	-0,29	1,00	0,00	-0,67	-0,59	-0,40	-0,27	-0,40	-0,27	-0,27	-0,34	0,13	0,13	0,27	-0,27	-0,13	-0,27	-0,53	-0,53	-0,53	-0,27
Água	-0,93	0,00	1,00	-0,51	-0,58	0,32	-0,30	0,77	0,22	-0,30	0,73	0,58	-0,02	0,67	-0,86	-0,95	-0,67	-0,64	-0,64	-0,64	-0,86
Vento	0,67	-0,67	-0,51	1,00	0,99	-0,04	0,18	-0,04	-0,04	0,18	-0,04	-0,22	-0,27	-0,40	0,58	0,58	0,40	0,49	0,49	0,49	0,58
Folhas	0,68	-0,59	-0,58	0,99	1,00	-0,16	0,16	-0,16	-0,16	0,16	-0,16	-0,32	-0,32	-0,47	0,63	0,63	0,47	0,47	0,47	0,47	0,63
L <sub>Aeq</sub>	-0,08	-0,40	0,32	-0,04	-0,16	1,00	0,71	0,75	0,96	0,71	0,77	0,57	0,64	0,43	0,07	-0,07	0,14	-0,04	-0,04	-0,04	-0,32
L <sub>A5</sub>	0,39	-0,27	-0,30	0,18	0,16	0,71	1,00	0,21	0,75	1,00	0,25	0,21	0,75	0,07	0,68	0,54	0,71	0,14	0,14	0,14	0,11
L <sub>A95</sub>	-0,54	-0,40	0,77	-0,04	-0,16	0,75	0,21	1,00	0,68	0,21	0,99	0,75	0,25	0,68	-0,43	-0,57	-0,32	-0,43	-0,43	-0,43	-0,68
N	0,00	-0,27	0,22	-0,04	-0,16	0,96	0,75	0,68	1,00	0,75	0,72	0,68	0,79	0,54	0,11	0,00	0,11	-0,11	-0,11	-0,11	-0,36
N <sub>5</sub>	0,39	-0,27	-0,30	0,18	0,16	0,71	1,00	0,21	0,75	1,00	0,25	0,21	0,75	0,07	0,68	0,54	0,71	0,14	0,14	0,14	0,11
N <sub>95</sub>	-0,51	-0,34	0,73	-0,04	-0,16	0,77	0,25	0,99	0,72	0,25	1,00	0,79	0,29	0,70	-0,40	-0,52	-0,31	-0,45	-0,45	-0,45	-0,67
S	-0,46	0,13	0,58	-0,22	-0,32	0,57	0,21	0,75	0,68	0,21	0,79	1,00	0,57	0,96	-0,43	-0,46	-0,46	-0,71	-0,71	-0,71	-0,82
S <sub>5</sub>	0,08	0,13	-0,02	-0,27	-0,32	0,64	0,75	0,25	0,79	0,75	0,29	0,57	1,00	0,54	0,21	0,14	0,18	-0,21	-0,21	-0,21	-0,36
S <sub>95</sub>	-0,62	0,27	0,67	-0,40	-0,47	0,43	0,07	0,68	0,54	0,07	0,70	0,96	0,54	1,00	-0,57	-0,61	-0,57	-0,82	-0,82	-0,82	-0,93
F	0,85	-0,27	-0,86	0,58	0,63	0,07	0,68	-0,43	0,11	0,68	-0,40	-0,43	0,21	-0,57	1,00	0,96	0,93	0,57	0,57	0,57	0,75
F <sub>10</sub>	0,93	-0,13	-0,95	0,58	0,63	-0,07	0,54	-0,57	0,00	0,54	-0,52	-0,46	0,14	-0,61	0,96	1,00	0,82	0,61	0,61	0,61	0,82
F <sub>50</sub>	0,62	-0,27	-0,67	0,40	0,47	0,14	0,71	-0,32	0,11	0,71	-0,31	-0,46	0,18	-0,57	0,93	0,82	1,00	0,46	0,46	0,46	0,64
R	0,77	-0,53	-0,64	0,49	0,47	-0,04	0,14	-0,43	-0,11	0,14	-0,45	-0,71	-0,21	-0,82	0,57	0,61	0,46	1,00	1,00	1,00	0,86
R <sub>10</sub>	0,77	-0,53	-0,64	0,49	0,47	-0,04	0,14	-0,43	-0,11	0,14	-0,45	-0,71	-0,21	-0,82	0,57	0,61	0,46	1,00	1,00	1,00	0,86
R <sub>50</sub>	0,77	-0,53	-0,64	0,49	0,47	-0,04	0,14	-0,43	-0,11	0,14	-0,45	-0,71	-0,21	-0,82	0,57	0,61	0,46	1,00	1,00	1,00	0,86
T	0,85	-0,27	-0,86	0,58	0,63	-0,32	0,11	-0,68	-0,36	0,11	-0,67	-0,82	-0,36	-0,93	0,75	0,82	0,64	0,86	0,86	0,86	1,00

Tabela B-3 – Correlação de Spearman entre a percepção dos usuários e os parâmetros acústicos e psicoacústicos.

	Agradavel	Caótico	Vibrante	Calmo	Irritante	Agitado	Monótono	L <sub>Aeq</sub>	L <sub>A5</sub>	L <sub>A95</sub>	N	N <sub>5</sub>	N <sub>95</sub>	S	S <sub>5</sub>	S <sub>95</sub>	F	F <sub>10</sub>	F <sub>50</sub>	R	R <sub>10</sub>	R <sub>50</sub>	T
Agradavel	1,00	-0,57	0,50	0,65	-0,57	-0,50	-0,57	0,06	-0,36	0,36	0,06	-0,36	0,36	0,52	0,12	0,68	-0,84	-0,84	-0,68	-0,78	-0,78	-0,78	-0,84
Caótico	-0,57	1,00	0,00	-0,94	0,51	0,28	0,51	0,45	0,49	-0,09	0,45	0,49	-0,09	-0,22	0,36	-0,36	0,49	0,49	0,36	0,80	0,80	0,80	0,49
Vibrante	0,50	0,00	1,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,51	0,07	0,69	0,43	0,07	0,61	0,47	0,34	0,56	-0,54	-0,71	-0,37	-0,34	-0,34	-0,34	-0,73
Calmo	0,65	-0,94	0,00	1,00	-0,76	-0,37	-0,76	-0,49	-0,45	-0,09	-0,49	-0,45	-0,09	0,09	-0,27	0,27	-0,45	-0,45	-0,27	-0,76	-0,76	-0,76	-0,45
Irritante	-0,57	0,51	0,00	-0,76	1,00	0,42	1,00	0,41	0,20	0,41	0,41	0,20	0,41	0,20	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,41	0,41	0,41	0,20
Agitado	-0,50	0,28	0,14	-0,37	0,42	1,00	0,42	0,59	0,85	0,37	0,59	0,85	0,37	0,22	0,48	0,07	0,63	0,44	0,67	0,07	0,07	0,07	0,07
Monótono	-0,57	0,51	0,00	-0,76	1,00	0,42	1,00	0,41	0,20	0,41	0,41	0,20	0,41	0,20	0,00	0,00	0,20	0,20	0,00	0,41	0,41	0,41	0,20
L <sub>Aeq</sub>	0,06	0,45	0,51	-0,49	0,41	0,59	0,41	1,00	0,71	0,75	0,96	0,71	0,77	0,57	0,64	0,43	0,07	-0,07	0,14	-0,04	-0,04	-0,04	-0,32
L <sub>A5</sub>	-0,36	0,49	0,07	-0,45	0,20	0,85	0,20	0,71	1,00	0,21	0,75	1,00	0,25	0,21	0,75	0,07	0,68	0,54	0,71	0,14	0,14	0,14	0,11
L <sub>A95</sub>	0,36	-0,09	0,69	-0,09	0,41	0,37	0,41	0,75	0,21	1,00	0,68	0,21	0,99	0,75	0,25	0,68	-0,43	-0,57	-0,32	-0,43	-0,43	-0,43	-0,68
N	0,06	0,45	0,43	-0,49	0,41	0,59	0,41	0,96	0,75	0,68	1,00	0,75	0,72	0,68	0,79	0,54	0,11	0,00	0,11	-0,11	-0,11	-0,11	-0,36
N <sub>5</sub>	-0,36	0,49	0,07	-0,45	0,20	0,85	0,20	0,71	1,00	0,21	0,75	1,00	0,25	0,21	0,75	0,07	0,68	0,54	0,71	0,14	0,14	0,14	0,11
N <sub>95</sub>	0,36	-0,09	0,61	-0,09	0,41	0,37	0,41	0,77	0,25	0,99	0,72	0,25	1,00	0,79	0,29	0,70	-0,40	-0,52	-0,31	-0,45	-0,45	-0,45	-0,67
S	0,52	-0,22	0,47	0,09	0,20	0,22	0,20	0,57	0,21	0,75	0,68	0,21	0,79	1,00	0,57	0,96	-0,43	-0,46	-0,46	-0,71	-0,71	-0,71	-0,82
S <sub>5</sub>	0,12	0,36	0,34	-0,27	0,00	0,48	0,00	0,64	0,75	0,25	0,79	0,75	0,29	0,57	1,00	0,54	0,21	0,14	0,18	-0,21	-0,21	-0,21	-0,36
S <sub>95</sub>	0,68	-0,36	0,56	0,27	0,00	0,07	0,00	0,43	0,07	0,68	0,54	0,07	0,70	0,96	0,54	1,00	-0,57	-0,61	-0,57	-0,82	-0,82	-0,82	-0,93
F	-0,84	0,49	-0,54	-0,45	0,20	0,63	0,20	0,07	0,68	-0,43	0,11	0,68	-0,40	-0,43	0,21	-0,57	1,00	0,96	0,93	0,57	0,57	0,57	0,75
F <sub>10</sub>	-0,84	0,49	-0,71	-0,45	0,20	0,44	0,20	-0,07	0,54	-0,57	0,00	0,54	-0,52	-0,46	0,14	-0,61	0,96	1,00	0,82	0,61	0,61	0,61	0,82
F <sub>50</sub>	-0,68	0,36	-0,37	-0,27	0,00	0,67	0,00	0,14	0,71	-0,32	0,11	0,71	-0,31	-0,46	0,18	-0,57	0,93	0,82	1,00	0,46	0,46	0,46	0,64
R	-0,78	0,80	-0,34	-0,76	0,41	0,07	0,41	-0,04	0,14	-0,43	-0,11	0,14	-0,45	-0,71	-0,21	-0,82	0,57	0,61	0,46	1,00	1,00	1,00	0,86
R <sub>10</sub>	-0,78	0,80	-0,34	-0,76	0,41	0,07	0,41	-0,04	0,14	-0,43	-0,11	0,14	-0,45	-0,71	-0,21	-0,82	0,57	0,61	0,46	1,00	1,00	1,00	0,86
R <sub>50</sub>	-0,78	0,80	-0,34	-0,76	0,41	0,07	0,41	-0,04	0,14	-0,43	-0,11	0,14	-0,45	-0,71	-0,21	-0,82	0,57	0,61	0,46	1,00	1,00	1,00	0,86
T	-0,84	0,49	-0,73	-0,45	0,20	0,07	0,20	-0,32	0,11	-0,68	-0,36	0,11	-0,67	-0,82	-0,36	-0,93	0,75	0,82	0,64	0,86	0,86	0,86	1,00

# Anexo C – Certificados de calibração dos equipamentos



## CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO RBC-A-2022/047

### 1 - Cliente

Nome: Fundação Universidade Federal de São Carlos  
Endereço: Rodovia Washington Luiz km235, S/N - Jardim Guanabara - São Carlos / SP

### 2 - Dados do Equipamento

Equipamento: Medidor de Nível de Pressão Sonora  
Fabricante: Brüel & Kjær Modelo: 2270  
Nº de Série: 2708855 Patrimônio: N/A OS nº: 22920

### 3 - Padrões Utilizados

Descrição	Data de Calibração	Certificado	Emitente	Validade
Sistema Norsonic 483B + DS380A	10/03/2020	DIMCI 0281/2020	INMETRO	4 anos
Barômetro Vaisala - PTU-300	01/03/2019	CAL-170188/19	ABSI	4 anos
Barômetro Vaisala - PTU-300	08/03/2019	CAL-170187/19	ABSI	4 anos
Calibrador Acústico CR:511E	01/07/2021	RBC-A-2021/337	dpUNION	2 anos
Dummy Microfone Norsonic 1447 / L	01/07/2020	180049-101	IPT	4 anos
Atuador Eletrostático Norsonic 1268	17/03/2020	DIMCI 0320/2020	INMETRO	4 Anos

### Informações de Calibração

Data de Calibração: 03/02/2022  
Procedimento Utilizado: Procedimento Operacional POP – 5.4 – 07 Rev.05 - Calibração de Medidores de Nível Pressão Sonora.  
Condições Ambientais: Temperatura: 25,4°C Umidade: 57,4% Pressão: 92,9kPa

Instrumento calibrado utilizando o calibrador acústico Cirrus Research modelo CR:511E número 037537 do próprio laboratório.



## CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO RBC-A-2022/050



### 1- Cliente

Nome: Fundação Universidade Federal de São Carlos

Endereço: Rodovia Washington Luiz km235, S/N - Jardim Guanabara - São Carlos / SP

### 2- Dados do Equipamento

Equipamento: Microfone Capacitivo

Fabricante: Brüel & Kjaer

Modelo: 4189

Num. de Série: 3001228

O.S.: N/A

### 3- Padrões Utilizados

Descrição	Data de Calibração	Certificado	Emitente	Validade
Sistema Norsonic 483B + DS380A	10/03/2020	DIMCI 0281/2020	INMETRO	4 anos
Atuador Eletrostático Norsonic 1265cc	18/03/2020	DIMCI 0321/2020	INMETRO	4 anos
Barômetro Vaisala - PTU-300	06/03/2019	CAL:170187/19	ABSI	4 anos
Barômetro Vaisala - PTU-300	01/03/2019	CAL:170188/19	ABSI	4 anos
Multímetro Agilent 34401A	17/07/2020	179986-101	IPT	4 anos
Pistonphone Bruel & Kjaer 4228	04/01/2019	DIMCI 0008/19	INMETRO	4 anos
Microfone Nor1236 - Norsonic	03/06/2019	RBC2-10745-519	Total Safety	4 anos

### 4- Informações de Calibração

Data de Calibração: 03/02/2022

Procedimento Utilizado: Procedimento Operacional POP – 5.4 – 08 Rev. 02 - Calibração de microfones de medição pelo método do atuador eletrostático.

Condições Ambientais: Temperatura 22,5°C Umidade 66,1% Pressão 92,5kPa



## Anexo D – Características da área

- Perfil do Terreno



Figura D - 1: Área de estudo

Fonte: Adaptado de Google Earth, 2023



Figura D - 2: Perfil do terreno (Corte A-A)

Fonte: Google Earth, 2023



Figura D - 3: Perfil do terreno (Corte B-B)

Fonte: Google Earth, 2023

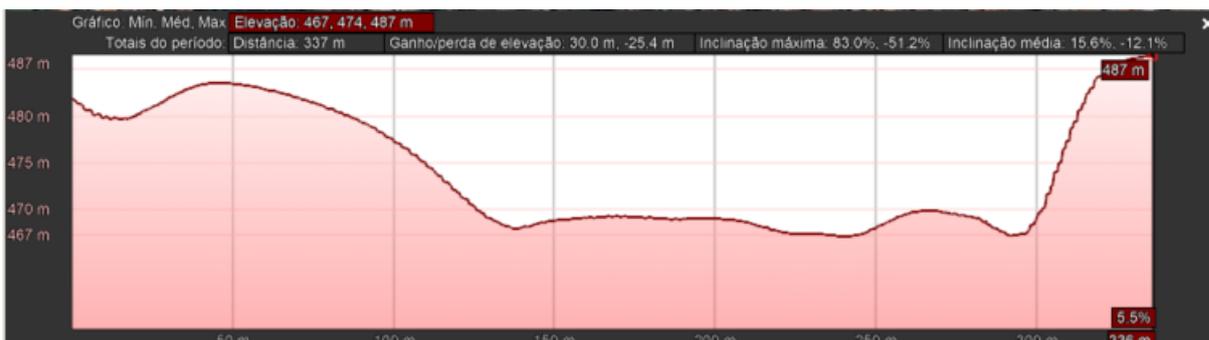


Figura D - 4: Perfil do terreno (Corte C-C)

Fonte: Google Earth, 2023



Figura D - 5: Perfil do terreno (Corte D-D)

Fonte: Google Earth, 2023

- **Fotos da Área**

**TI1 + A**



Figura D - 6: Rio visto da ponte



Figura D - 7: Ponte "Arquiteto Caio Tabajara Esteves de Lima" vista da Ponte do Mirante, durante a seca.

## TI2 + A



Figura D - 8: Varanda ao redor do elevador.



Figura D - 9: Nível do rio na Ponte "Arquiteto Caio Tabajara Esteves de Lima", durante a cheia.



Figura D - 10: Nível do rio na Ponte "Arquiteto Caio Tabajara Esteves de Lima", durante a seca.

## TM1 + A



Figura D - 11: Canal formado pelo desvio do Rio Piracicaba.



Figura D - 12: Ponto TM1+A visto da Rua Luiz de Queiroz.

## TM2 + A



Figura D - 13: Rio visto de traz dos quiosques da AV. Beira-Rio



Figura D - 14: Cachoeira vista da calçada.

## TL+A



Figura D - 15: Vista do Mirante (Ponto A1) a partir da calçada da Av. Dr. Maurice Allain.



Figura D - 16: Acesso ao Aquário municipal e ao Parque do Mirante.

**A1**



Figura D - 17: Medição no ponto A1, com o rio ao fundo.



Figura D - 18: Rio visto do mirante (ponto A1), durante a cheia.



Figura D - 19: Rio visto do mirante (ponto A1), durante a seca.

**A2**



Figura D - 20: Ponte de madeira, vista da Av. Beira Rio.



Figura D - 21: Entrada do Parque do Engenho (Ponto A2), visto da ponte de madeira.

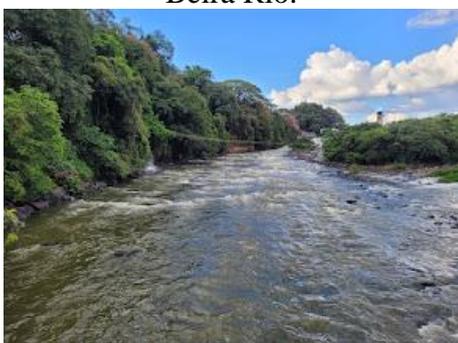


Figura D - 22: Rio visto da ponte de madeira.



Figura D - 23: Engenho Central.

- **Áudio dos pontos**

Os áudios binaurais de cada ponto, separados por canal, podem ser obtidos no QR CODE abaixo:

