

Acústica e Vibrações

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Dezembro de 2019 - Vol. 35 ▶ N° 51

**Avaliação da Qualidade Acústica no Entorno do Hospital
Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF)**

**Avaliação sonora de espaços urbanos na área central de São
Paulo: o caso da Avenida Ipiranga**

**Mapas Sonoros: histórico e levantamento da atual produção
brasileira**

**Acústica: visão do docente sobre a elaboração de projetos e o
impacto na saúde auditiva**

**Tubo de impedância para baixas frequências: construção e
validação**

Chamadas & News and Reviews

ISSN 1983-442X

Expediente

Revista da Sociedade
Brasileira de Acústica

SOBRAC
ISSN 1983-442X
UFSM - CT - Sala 212
Av. Roraima no 1000, Camobi
CEP 97105-900, Santa Maria, RS
www.acustica.org.br
sobrac@acustica.org.br

Diretoria SOBRAC 2019/2020

Presidente: Stelamaris Rolla Bertoli | 
Vice-pres.: Krisdany V. S. M. Cavalcante | 
1º Sec.: Débora Miranda Barretto | 
2º Sec.: Maria Lygia Alves de Niemeyer | 
1º Tesoureiro: Roberto Jordan | 
2º Tesoureiro: Gustavo da Silva V. de Melo | 

Conselhos

Deliberativo 2019-2020

Dinara Xavier da Paixão
Cândida de Almeida Maciel
José Augusto Mannis
Aline Lisot
Daniel Fernando Zajarklewicch

Fiscal 2019-2020

Maria Lucia G. da Rosa Oiticica
Ranny L. X. N. Michalski
Viviane Suzey G. Melo

Regionais 2019-2020

Região Norte
Região Nordeste
Região Centro Oeste
Regional São Paulo
Regional Rio Grande do Sul

Corpo Editorial

Ed.-chefe: William D'Andrea Fonseca | 
Márcio Avelar Gomes | 

Capa e Diagramação

William D'Andrea Fonseca

Sumário

Editorial 3

Artigos

Avaliação da qualidade acústica no en-
torno do Hospital Universitário
Clementino Fraga Filho (HUCFF) 5

Avaliação sonora de espaços urbanos na
área central de São Paulo: o caso da
Avenida Ipiranga 13

Mapas de ruído: histórico e levantamento
da atual produção brasileira 33

Acústica: visão do docente sobre a ela-
boração de projetos e o impacto na
saúde auditiva 49

Tubo de impedância para baixas frequên-
cias: construção e validação 59

Chamadas

Publique na A&V 73

Associe-se a SOBRAC 75

INAD 2020 77

International Year of Sound 2020 85

12º Congresso Iberoamericano de Acús-
tica & XXIX Encontro da SOBRAC ... 87

Eventos de acústica pelo Brasil e o mundo 89

Agradecimentos aos autores e
pareceristas da A&V 97

News & Reviews

Teatro de Santa Maria recebe nova simu-
lação acústica virtual com Odeon 99

Harmonia SoundLab 103

Brüel & Kjaer lança moderna cabeça
artificial de alta frequência 107

Avaliação sonora de espaços urbanos na área central de São Paulo: o caso da Avenida Ipiranga

Michalski, R. L. X. N.¹; Caparroz, G. M.²

¹⁻²Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, SP, {rannym, giovanna.caparroz}@usp.br

Resumo

Visto o momento atual em que planejadores urbanos incentivam fortemente a tomada de medidas institucionais para favorecer a ocupação da região central da cidade de São Paulo, o presente trabalho procura analisar quais as reais condições de ruído às quais estão sujeitas as populações que lá habitam. Foi realizada uma avaliação sonora em pontos estratégicos da região central do município de São Paulo, considerando aspectos quantitativos e qualitativos. Foram considerados diferentes perfis de uso e ocupação, altura dos edifícios, densidade construtiva, quantidade de espaços vazios, largura das vias e capacidade de fluxo de veículos. Além das medições acústicas, foram avaliados o perfil e o fluxo dos veículos, para servir como dado de entrada para simulação em modelo computacional do ruído ambiental urbano e elaboração de mapas de ruído das áreas selecionadas. O conceito de paisagem sonora foi abordado com a caracterização das fontes sonoras locais e sua percepção sonora. Foram aplicados questionários para avaliação subjetiva e o perfil dos entrevistados também foi caracterizado. Essa atitude é importante, pois leva a um entendimento de quem exatamente está exposto e é afetado por determinados níveis sonoros, e como um mesmo nível sonoro pode gerar percepções diferentes. Essa sensibilidade na abordagem do tema faz com que as pessoas deixem de ser apenas números e estratégias mais humanas sejam adotadas para o planejamento urbano. Ao final, foi produzida uma imagem para resumir a análise global realizada. O presente estudo auxilia na compreensão sobre os problemas acústicos de áreas da cidade visadas para adensamento.

Palavras-chave: avaliação sonora, paisagem sonora, acústica urbana, mapa de ruído, poluição sonora.

PACS: 43.50.-x, 43.50.Qp, 43.50.Rq, 43.50.Sr.

Sound evaluation of urban spaces in the central area of São Paulo: The Ipiranga Avenue

Abstract

Considering the current moment in which urban planners strongly encourage the adoption of institutional measures to favor the occupation of the central region of the city of São Paulo, the present work tries to analyze the real noise conditions to which the populations are subject there. A sound assessment has been made at strategic points in the central region of São Paulo city, considering quantitative and qualitative aspects. Different occupancy profiles, height of buildings, constructive density, number of empty spaces, width of the roads and capacity of vehicle flow, were selected. In addition to acoustic measurements, an evaluation of the profile and flow of the vehicles has been made, to serve as input for simulation in a computational model of urban environmental noise and noise mapping of selected areas. The concept of soundscape was approached with the characterization of local sound sources and their sound perception. Questionnaires were applied for subjective assessment and the profile of the interviewees was also characterized. This attitude is important because it leads to an understanding of who exactly is exposed and affected by certain sound levels, and how the same sound level can generate different perceptions. This sensibility while approaching the subject makes people stop being just numbers and more human strategies are adopted for urban planning. At the end, an image was produced to summarize the overall analysis performed. The study helps to understand the acoustic problems of areas of the city aimed at future densification.

Keywords: sound evaluation, soundscape, urban acoustics, noise map, noise pollution.

1. INTRODUÇÃO

Muito além de um simples desconforto auditivo, a questão da poluição sonora diz respeito à saúde e à qualidade de vida dos indivíduos. Elevados níveis sonoros estão relacionados a múltiplos efeitos negativos na saúde das pessoas, desde constante desconforto, a indicadores de estresse, fatores de risco de diversas doenças, e, em alguns casos, até a morte [1]. Ao mesmo tempo, as emissões sonoras podem ser um importante aliado na criação de ambientes com fontes sonoras que causem impactos positivos, como sons da natureza, por exemplo. Esses sons são bem recebidos pelas pessoas e passam tranquilidade ao ambiente urbano. Essa abordagem representa o conceito de paisagem sonora, segundo a qual os números medidos não devem ser considerados de forma dissociada da percepção do usuário [2]. Em alguns casos, níveis de pressão sonora elevados, porém resultantes de fontes sonoras positivas, como pássaros e fontes d'água, são bem recebidos pelos usuários e associados a condições de tranquilidade e conforto.

O estudo da propagação sonora na escala da cidade é um assunto complexo, porém extremamente necessário. Segundo a Organização Mundial de Saúde [3], a poluição sonora passou de terceira para segunda questão ambiental que afeta o maior número de pessoas em centros urbanos, depois apenas da poluição do ar. Logo, um estudo aprofundado das reais condições acústicas a que esses centros são submetidos, por meio de avaliações sonoras, é primordial para a resolução dos problemas acústicos e melhora da qualidade ambiental urbana. Para realizar determinados estudos, são utilizados diferentes métodos. Alguns são feitos por meio de medições *in situ*, outros por meio da modelagem da propagação sonora em *software*. Além da abordagem quantitativa citada anteriormente, a abordagem qualitativa também é de extrema relevância. Isso porque, para se entender quais são os verdadeiros impactos de uma fonte sonora, é imprescindível conhecer a opinião daqueles que são afetados direta e diariamente por ela.

Devido à importância do tema poluição sonora para a saúde pública e a necessidade do reconhecimento por parte de governantes sobre sua relevância, o presente trabalho consistiu em realizar avaliações sonoras em três áreas estratégicas selecionadas na região central da cidade de São Paulo. As áreas possuem diferentes perfis de ocupação, altura de edifícios, densidade construtiva, quantidade de espaços vazios, largura das vias e capacidade de fluxo de veículos. Foram analisadas as condições de ruído às quais estão sujeitas as populações que habitam as áreas, considerando tanto aspectos quantitativos como subjetivos.

2. FUNDAMENTOS

A seguir é apresentado um breve histórico acerca da legislação relativa à poluição sonora na cidade de São Paulo, e algumas referências de estudos de paisagem sonora em meio urbano. Por fim, o objeto de estudo da presente pesquisa é apresentado.

2.1. Poluição sonora e legislação na cidade de São Paulo

No Brasil, o interesse pela questão do ruído é recente. Datam dos anos 70 os primeiros registros em meios de comunicação com relação a problemas referentes à poluição sonora e que levaram a uma grande repercussão entre a população. Um exemplo foi a construção do Elevado Presidente João Goulart, nomeado anteriormente Elevado Presidente Costa e Silva, e popularmente conhecido como “Minhocão”, em São Paulo, que gerou descontentamento e reclamações devido ao ruído por parte dos moradores [4]. Essa divulgação da problemática incentivou a discussão sobre o assunto e, em 1974, foi criada em São Paulo a Lei Nº 8.106 ou “Lei do Silêncio”, que proibia sons de qualquer natureza a ultrapassarem os níveis estabelecidos para diferentes zonas de uso e horários [5]. Ainda no mesmo ano, o Decreto Municipal Nº 11.467 regulamentou a Lei Nº 8.106. De acordo com o artigo primeiro do decreto, seu objetivo era “estabelecer condições de sossego e bem-estar públicos, no que tange à poluição

sonora em cada zona de uso, compatíveis com as respectivas predominâncias de uso” [6].

Em 1978, devido à preocupação com as condições a que os trabalhadores eram submetidos nas indústrias, foi publicada pelo Ministério do Trabalho a Norma Regulamentadora NR 15, que estabelece até hoje limites de tolerância para exposição a ruído contínuo e ruído de impacto nos ambientes de trabalho [7].

Em 1984, foi criada a Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC), normas técnicas em acústica foram produzidas e, em 1990, graças ao avanço no conhecimento sobre os malefícios do ruído, a poluição sonora passou a ser abordada pela legislação federal através das Resoluções CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 01 e nº 02 de 08 de março de 1990, do Ministério do Meio Ambiente [8,9]. A Resolução CONAMA nº 01/90 estabelece critérios, padrões, diretrizes e normas reguladoras da poluição sonora, enquanto a Resolução CONAMA nº 02/90 estabelece normas, métodos e ações para controlar o ruído excessivo que possa interferir na saúde e bem-estar da população.

Reconhecendo a importância do tópico, em 1994, a Prefeitura de São Paulo aprovou uma nova lei [10] criando um órgão para as ações de fiscalização chamado PSIU: Programa de Silêncio Urbano [11]. Mais recentemente, em 2016, a lei anterior foi revogada pela Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo de São Paulo, de acordo com o Plano Diretor Estratégico do município [12]. No mesmo ano, foi publicada a lei Nº 16.499 que obriga a elaboração do Mapa de Ruído Urbano da Cidade de São Paulo, em um prazo de sete anos [13].

Como consequência de todo esse processo, é necessário que se tomem iniciativas para avaliação e diagnóstico das condições reais e atuais dos níveis de ruído na cidade. É nesse ponto que entra a proposta do presente trabalho: estimular o interesse pelas condições de ruído na cidade, por meio de sua avaliação sonora; fomentar discussões a respeito de sua importân-

cia para a saúde ambiental; assim como estimular a iniciativa governamental para controle e prevenção de ruído.

2.2. Avaliação e paisagem sonora

Quanto à metodologia empregada para caracterizar o comportamento acústico na escala da cidade, podem ser utilizados diversos métodos com diferentes tipos de abordagens. As abordagens mais utilizadas são a quantitativa, feita a partir de medições *in situ*, cálculos matemáticos ou modelagem em *software*, e a abordagem qualitativa, feita a partir de observações, entrevistas e questionários, considerando a percepção sonora.

A complexidade do ambiente sonoro no meio urbano faz com que os métodos de avaliação numéricos tradicionais não constituam uma fonte de representação suficiente. Uma avaliação que mescle diferentes metodologias é imprescindível para obter uma definição mais aproximada da realidade estudada. Este é o entendimento por trás da chamada “paisagem sonora”, em contraposição ao tratamento do ruído como algo apenas a ser mitigado. De acordo com esse conceito, os sons dos ambientes são percebidos de uma forma integrada a outros aspectos, como a forma urbana e a percepção dos usuários.

Para melhor compreensão da eficácia da metodologia empregada na análise dos dados, separando-os entre quantitativos e qualitativos, foram escolhidos alguns exemplos de estudos de paisagem sonora em meio urbano, como o desenvolvido por Holtz (2012), para o Parque Villa Lobos, em São Paulo, com uma abordagem que mescla a análise de dados quantitativos de medições e simulações, somados à avaliação da opinião pessoal de seus usuários [14].

Outro exemplo de estudo de avaliação sonora no país foi desenvolvido no doutorado de Marina Cortês (2018), no qual foi realizada a avaliação sonora integrada da Favela Santa Marta e seu entorno imediato, em Botafogo/Humaitá, no Rio de Janeiro, abordando metodologias quantitativas, por meio de medições sonoras

em campo, métodos de predição sonora e mapeamento de ruído, e também metodologias qualitativas, por meio de entrevistas, questionários, formulários, além de outros métodos mais inovadores como passeio sonoro, percurso comentado, escuta ampliada, cartografia das ambiências sonoras urbanas e levantamento topográfico sonoro [15].

No âmbito internacional, pode-se citar o Projeto de planejamento sonoro urbano chamado SONORUS, realizado na Europa [16]. Seu principal objetivo era a criação de ambientes sonoros melhores nas cidades, com qualidade e devidamente projetados, usando termos como “*sound design*”, o que significa fazer o planejamento e ter o controle sobre a melhor forma do som se comportar em um dado local. Os métodos utilizados para avaliação sonora foram os de simulação e de medição.

Outro exemplo é a pesquisa de Hong e Jeon, que procurou relacionar a variabilidade espaço-temporal da paisagem sonora com indicadores acústicos e com a morfologia urbana, para um estudo de caso em Seul, na Coreia [17]. Aspectos como edificações, vias, espaços urbanos abertos e presença de água foram analisados. Os resultados mostraram que fatores morfológicos urbanos podem ser indicadores para melhor compreender as paisagens sonoras em meios urbanos.

Em termos de normatização internacional relativa ao assunto, é importante destacar a série de normas ISO 12913, *Acoustics – Soundscape*, desenvolvidas para permitir um consenso internacional e fornecer uma base para comunicação entre as diferentes áreas com interesse

em paisagem sonora. A parte 1, ISO 12913-1 (2014), fornece uma definição e uma abordagem conceitual para o termo “*soundscape*”. De acordo com a norma, “*soundscape*” denota o “ambiente acústico como percebido ou experimentado e/ou entendido, por uma ou mais pessoas, em um contexto” [18]. A parte 2, ISO/TS 12913-2 (2018), fornece requisitos e informações de suporte para coleta e relatório de dados para estudos, investigações e aplicações de paisagem sonora [19]. A parte 3, ISO/TS 12913-3 (2019), fornece orientação sobre como analisar dados coletados de acordo com a segunda parte [20].

2.3. Objeto de estudo

A escolha do centro tradicional como objeto de estudo é justificada pelo momento atual de discussões sobre a necessidade de reocupação dessa região da cidade, e pelo interesse governamental em criar incentivos para que isso aconteça. Isso se deve ao intenso processo de esvaziamento pelo qual o centro passa desde a segunda metade do século XX. As áreas centrais apresentam também grande significado simbólico e histórico, e grande dinâmica e diversidade de atividades e pessoas, com diferentes perfis sociais e bagagens culturais. Por isso, foram escolhidas três vias pertencentes a distritos da área central de São Paulo como material para avaliação acústica. São elas: a Avenida Ipiranga, no distrito da República; a Rua da Graça, no distrito do Bom Retiro; e a Rua Conselheiro Carrão, no distrito da Bela Vista. A Figura 1 ilustra tais vias. No presente artigo serão apresentados os resultados relativos a uma das vias: a Avenida Ipiranga.



Figura 1: Trechos escolhidos: Avenida Ipiranga (a), Rua da Graça (b) e Rua Conselheiro Carrão (c) (Google Maps).

3. DESENVOLVIMENTO

A metodologia utilizada no trabalho é descrita abaixo, considerando as avaliações quantitativa e qualitativa e os levantamentos de campo.

3.1. Metodologia

A primeira etapa da pesquisa foi o levantamento dos locais escolhidos, com a caracterização dos componentes físicos e levantamento de informações técnicas e desenhos da área em estudo, além de pesquisa de campo com análise das condições locais, materiais das superfícies, etc. Na sequência, foi realizado o levantamento bibliográfico do perfil socioeconômico das populações que habitam a área de estudo. Já a partir dessa etapa, começou o processo de avaliação e seleção dos pontos mais adequados à medição.

O passo seguinte foi o levantamento dos dados primários nos locais selecionados, com caminhadas exploratórias para observações, fotografias, gravações sonoras, medições *in situ* de variáveis ambientais térmicas e acústicas (temperatura, umidade do ar, velocidade e direção do vento, nível de pressão sonora), além da aplicação de questionários.

Como ponto de referência para as medições foram tomadas vias de tráfego de automóveis, considerando que as principais fontes de ruído locais são os veículos. Foi feita também uma avaliação do perfil e fluxo dos veículos, através de contagens de veículos leves e pesados, para servir como dado de entrada para simulação em modelo computacional do ruído ambiental urbano nas frações escolhidas.

A realização das medições acústicas seguiu as diretrizes estabelecidas pela norma ABNT NBR 10151, *Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral* (2019) [21]. Foram levados em consideração no processo de medição, aspectos de tráfego, posicionamento e configuração dos equipamentos, dias, horários e duração das medições, e o número e localização dos pontos de medição. Nas análises,

foram considerados também fatores físicos locais que interferem na propagação do som ao ar livre, como densidade construtiva, existência de áreas livres e forma e disposição das edificações.

A terceira etapa da pesquisa correspondeu à elaboração de mapas de ruído das ruas apontadas, de forma que a representação visual do ruído contribua para a análise dos dados. A modelagem e as simulações computacionais foram realizadas com o uso do *software* comercial *CadnaA* [22], após a inserção dos dados de entrada. Além dos dados coletados em campo, foram utilizados arquivos em formato *shapefile* de topografia, logradouros e edificações da cidade de São Paulo, retirados do Mapa Digital da Cidade de São Paulo [23]. As informações das vias do entorno imediato também foram usadas como dados de entrada para a simulação. Após a simulação, os resultados das medições acústicas em campo e simulados foram comparados, com o objetivo de validar a modelagem.

A quarta e última etapa correspondeu à análise dos resultados alcançados, junto com uma avaliação global e uma síntese dos processos realizados. Os resultados da pesquisa foram compilados e expressos resumidamente em imagens com análises globais para cada trecho estudado.

3.1.1. Avaliação quantitativa – Descritores de níveis sonoros

Como indicador quantitativo da avaliação sonora, foram avaliados os níveis de pressão sonora contínuos equivalentes ponderados em A, L_{Aeq} , expressos em decibel (dB). O L_{Aeq} é um descritor de nível sonoro considerado em diversas normas e legislações, como o caso da norma brasileira ABNT NBR 10151 [21], que estabelece procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo, além de estabelecer limites de níveis de pressão sonora para esses

casos. O objetivo é avaliar se os níveis de pressão sonora atingidos são compatíveis com os limites estabelecidos pela norma e garantir que o procedimento seja feito de forma adequada. Tal norma é referenciada na legislação federal [8, 9], o que significa que tem poder de regulamentação para a acústica em espaços abertos. A norma leva em conta parâmetros relacionados ao ambiente em questão, à variação dos níveis de ruído e ao horário em que ocorre a exposição ao mesmo.

É interessante destacar que a nova versão da ABNT NBR 10151, recentemente publicada (em maio de 2019), segue a terminologia da ISO 80000-8, *Quantities and units – Part 8: Acoustics* (2007) [24] e da ABNT NBR 16313, *Acústica – Terminologia* (2014) [25], ao explicar que os níveis sonoros são expressos em dB: o acréscimo de um pós-escrito após o dB para indicar a ponderação em frequência, por exemplo, o antigo dB(A), é incorreto. Esta informação já está incluída no símbolo da grandeza, L_{Aeq} , e o seu resultado é expresso em dB.

No caso da cidade de São Paulo, a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo [12] estabelece limites de níveis de pressão sonora para as diferentes zonas estabelecidas na lei, para diferentes horários do dia.

Os resultados obtidos nos levantamentos em campo e nas simulações foram comparados com os valores da ABNT NBR 10151 [21] e da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo [12].

Como forma de complementar a avaliação dos dados, também foram levados em conta outros descritores. Além do L_{Aeq} , foram medidos os níveis de pressão sonora contínuos equivalentes em bandas proporcionais de 1/1 de oitava e de 1/3 de oitava, ambos expressos em dB. Dessa forma, é possível analisar os níveis em função da frequência.

Os níveis estatísticos de pressão sonora L_{10} e L_{90} também foram obtidos. Índices estatísticos são usados para calcular a porcentagem do tempo que um determinado nível sonoro foi excedido durante o intervalo de medição. O L_{10}

corresponde ao nível de pressão sonora que foi excedido em 10% do tempo de medição. O L_{90} corresponde ao nível de pressão sonora que foi excedido em 90% do tempo de medição, ele exclui interferências esporádicas, e costuma ser usado para representar o nível residual (antigo ruído de fundo). De acordo com Cortês [15], níveis estatísticos podem auxiliar na avaliação sonora “pela indicação do grau de incômodo do ruído medido, dando uma ideia aproximada da amplitude da variação sonora”.

A diferença entre L_{10} e L_{90} também foi calculada. Tal diferença é um indicador da variabilidade do ruído durante o período de medição. Segundo Bistafa [26], “quanto mais afastado estiver o L_{10} do L_{90} , maior será o incômodo do ruído, devido a variações bruscas de nível”, ou seja, grandes variações no nível de ruído, bem como sons isolados e de alta intensidade podem ser altamente incômodos, visto que são mais facilmente perceptíveis.

3.1.2. Avaliação qualitativa

Para avaliação qualitativa, foram realizadas observações exploratórias para caracterização dos objetos de estudo e aplicações de questionários ao longo das vias, buscando a opinião de quem trabalha, estuda ou mora nessas regiões. O objetivo da aplicação dos questionários é traçar um perfil mais preciso das pessoas que habitam as vias estudadas e conhecer suas respectivas percepções acerca dos sons que as circundam.

Com o objetivo de aumentar a compreensão sobre os aspectos relevantes do objeto de estudo, foram selecionados dados que englobam características físicas, usos, atividades, fontes sonoras e paisagem sonora das áreas analisadas. Assim, a partir das observações *in loco* e análise de fotografias, desenvolveram-se tabelas e desenhos para servirem de inventário físico dos ambientes estudados, onde a forma urbana é caracterizada de acordo com as seguintes características: topografia, tecido urbano, largura total da via, altura dos edifícios e relação H/L (altura/largura), ou seja, um coeficiente para a relação entre a altura das edificações e a largura da via.

Por topografia, procura-se identificar se a via é plana ou inclinada. Por tecido urbano, classifica-se o arranjo dos elementos urbanos em totalmente aberto, rua em “L”, rua em “U”, fechado nos 4 lados, circulação coberta, orgânico ou reticulado [15]. A relação H/L é calculada a partir da média aritmética da altura dos edifícios no entorno imediato do ponto medido (que aparecem em corte) dividida pela largura da via. A altura dos edifícios aponta a altura aproximada de todos os lados da via, em metros, daqueles prédios que cercam o ponto receptor, enquanto a largura da via considera toda a sua extensão, contando as calçadas, em metros.

Foram levantados os tipos de usos e atividades praticados nas regiões de estudo, visto que estes interferem diretamente no tipo e intensidade do fluxo de pessoas e veículos. Por tipos de usos, foram considerados: comércios, serviços, indústrias, residências, misto, lazer, escolas, creches, hospitais, etc. Por atividades, foram consideradas: contemplação, descanso, passagem, características do comércio, do serviço, da indústria, etc.

A partir das visitas a campo e gravações sonoras, foram tomadas anotações sobre as fontes sonoras e paisagem sonora de cada ponto examinado. As fontes sonoras foram classificadas de acordo com sua origem, em três categorias: sons de presença e atividades humanas (vozes, conversas, gritos, tosse, risos, passos, música, etc.); sons da natureza (vento, água, fonte de água, rio, lago, pássaros, animais domésticos, etc.) e sons mecânicos (atividades industriais, funilaria e mecânica, obras, sinos, ar condicionado, etc.).

Para a paisagem sonora, por sua vez, foram verificados os graus de predominância e percepção dos pesquisadores para cada uma das diferentes fontes, e, posteriormente, seus sons foram classificados em predominantes, eventuais, sinais sonoros e marcos sonoros. “Som predominante” refere-se aquele presente na maior parte do tempo. “Sons eventuais” referem-se a sons recorrentes que guardam similaridades. “Sinais sonoros” referem-se a sons

que chamam a atenção em um momento específico, enquanto “marcos sonoros” referem-se a som único com qualidades que o tornam especialmente notado. Por percepção do nível sonoro, foram considerados: silencioso, ruidoso, muito silencioso, muito ruidoso, nem silencioso e nem ruidoso, etc. [15].

Com relação ao questionário, sua estrutura era separada em três partes: caracterização, percepção e avaliação dos entrevistados. A primeira parte refere-se à descrição do perfil do interrogado, com perguntas voltadas à idade, sexo, ocupação, nível de escolaridade, se mora, trabalha ou estuda na rua, e quantas horas por dia frequenta o local. Dado perfil é de grande relevância para este trabalho, visto que entender quem são as pessoas expostas aos níveis de pressão sonora da região central de São Paulo é um dos pontos chave para compreender a forma como estas se relacionam com a paisagem sonora local. Isso ocorre, pois a recepção dos estímulos sensoriais é determinada por fatores psicossociais. A segunda parte relaciona-se ao entendimento que a pessoa tem sobre as questões de poluição sonora, indagando se ela tem conhecimento sobre alguma lei voltada para sua regulamentação e se acredita que esta pode prejudicar sua saúde auditiva. Por último, a terceira parte trata da avaliação sonora do participante, propriamente dita. Pergunta-se como o entrevistado julga a intensidade do ruído (pouco intenso, intenso ou muito intenso) e se essa o incomoda. Pergunta-se em que período do dia o entrevistado se sente mais incomodado com o ruído do local e quais ruídos os incomodam. Por fim, questionam-se os sintomas fisiológicos causados por essa exposição (irritabilidade, dor de cabeça, baixa concentração, zumbido, insônia e outros).

3.2. Levantamentos em campo

Os levantamentos de dados foram realizados nos objetos de estudo propostos. A escolha dos pontos de medição foi pautada pela busca por diferentes geometrias urbanas, com largura de vias, altura de edifícios e padrão de ocupação diferentes, como maneira de entender o efeito das diferentes formas urbanas na propagação

sonora. A análise desse padrão de ocupação é também muito importante, pois é representativa das condições a que boa parte da população da cidade está exposta.

A região do entorno imediato também foi analisada, pois o conjunto dessas ruas, junto às vias em estudo, definem a área de influência da paisagem sonora local. Por isso, as ruas adjacentes não apenas receberam pontos de medição e contagem de veículos leves e pesados, como também a caracterização de seus usos e atividades, da forma urbana, das fontes sonoras e das paisagens sonoras. No total, foram feitas medições sonoras em 21 pontos na região da Avenida Ipiranga, indicados no mapa da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, com 7 deles na própria avenida e nomeados com algarismos arábicos (1 – 7), e 14 deles nas ruas adjacentes, nomeados com letras do alfabeto (A – N). Observa-se que o ponto 1 está localizado no interior da Praça da República.

Os equipamentos utilizados foram os sonômetros da marca Instrutherm, modelo DEC-500, e da marca Larson Davis, modelo SLM 831. O primeiro é um instrumento menos preciso e mede os níveis de pressão sonora equivalentes

com ponderação A. Apesar de não atender aos requisitos da nova versão da ABNT NBR 10151 [21], o instrumento foi utilizado por seu baixo custo, simples manuseio e disponibilidade de uso por alunos. O segundo, um medidor Classe 1, faz a avaliação dos níveis de pressão sonora em função da frequência (bandas de oitava e terças de oitava), além de medir níveis estatísticos de pressão sonora, entre outros. Este, portanto, atende aos requisitos da norma ABNT NBR 10151 [21]. Com o primeiro instrumento, mediu-se ao longo de 1 minuto, 3 vezes consecutivas em todos os pontos avaliados (pontos 1 – 7 e A – N). Com o segundo instrumento, mediu-se ao longo de 3 minutos uma única vez, apenas nos pontos localizados nas vias principais (pontos 1 – 7). Os pontos principais estão indicados em vermelho na Figura 2, enquanto os secundários, em amarelo.

Foram feitas contagens de veículos leves e pesados simultaneamente às medições. Esses números foram multiplicados por 20, para serem representativos de 1 hora cheia e poderem ser utilizados como dado de entrada para a simulação no *software*. As motos foram enquadradas na contagem de veículos leves.

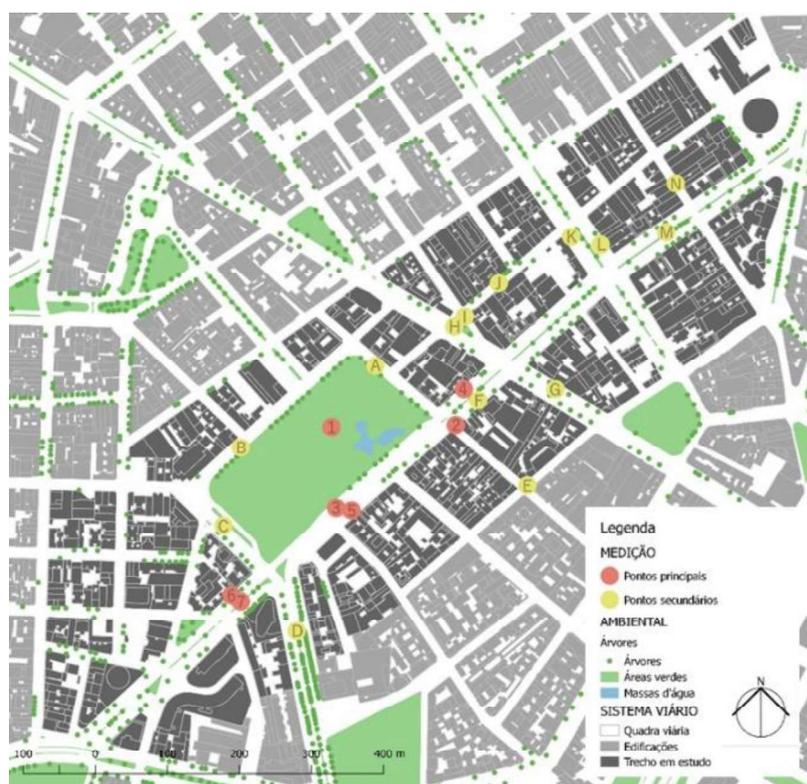


Figura 2: Pontos de medição da Avenida Ipiranga.

4. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as localizações dos pontos de medição, os resultados das contagens de veículos leves e pesados por hora (VL/h e VP/h), as porcentagens de veículos pesados (%VP), as velocidades máximas das vias ($V_{\text{máx}}$) e os resultados das medições de níveis de pressão sonora (L_{Aeq}) obtidos com o sonômetro DEC-500.

Os resultados das medições com o sonômetro SLM 831, para os pontos 1 a 7, são apresentados na Tabela 2 e na Figura 3. Ao comparar os resultados de L_{Aeq} medidos pelos dois instrumentos, observam-se pequenas diferenças nos níveis medidos.

A Tabela 2 apresenta também os valores dos níveis estatísticos de pressão sonora L_{10} , L_{50} e

L_{90} , e a diferença entre L_{10} e L_{90} . O valor máximo obtido para a diferença entre L_{10} e L_{90} é de 13 dB no ponto 7. Após escutar as gravações sonoras realizadas no ponto 7, ouve-se o som de um alarme de carro tocando durante as medições, som que causa incômodo ao ser ouvido. O fato de ter realizado gravações sonoras permite reproduzir posteriormente os sons gravados, bem como identificar eventos.

O gráfico da Figura 3 apresenta os níveis de pressão sonora contínuos equivalentes em bandas proporcionais de 1/3 de oitava, sendo possível notar maior contribuição sonora nas frequências mais graves em todos os pontos medidos. Destaca-se atenção aos picos no ponto 7 nas bandas de frequência de 2.000 Hz e 2.500 Hz, também devido ao som do alarme de carro tocando durante as medições.

Tabela 1: Resultados das medições e contagem de veículos na região da Avenida Ipiranga.

PONTO	LOCALIZAÇÃO	VL/h	VP/h	% VP	$V_{\text{máx}}$	L_{Aeq} [dB] 14h às 17h
1	Interior da Praça da República	-	-	-	-	62,4
2	Esquina da Av. Ipiranga com a R. 24 de Maio	160	0	0	50	72,1
3	Av. Ipiranga, em frente à Praça da República, nº 138	2030	170	8	50	70,6
4	Av. Ipiranga, nº 769	540	80	13	50	71,6
5	Av. Ipiranga, nº 154	1370	260	16	50	67,8
6	Av. Ipiranga, nº 345	900	120	12	50	71,2
7	Av. Ipiranga, nº 345, no canteiro central	1110	100	8	50	70,1
A	R. Praça da República, nº 479	800	60	7	40	66,0
B	R. Praça da República, nº 323	1530	230	13	40	70,7
C	R. Praça da República, nº 173	1050	90	8	40	71,0
D	Av. São Luís, nº 88, no canteiro central	2360	170	7	40	72,6
E	R. Dom José de Barros, nº 203	160	0	0	40	71,2
F	Av. Ipiranga, nº 770	1100	120	10	50	73,9
G	Av. São João, nº 544	630	170	21	50	72,1
H	Av. São João, nº 747	460	100	18	50	69,9
I	R. Conselheiro Nébias, nº 34	240	10	4	50	70,2
J	R. dos Tibiras, nº 459	200	10	5	40	67,1
K	Av. Rio Branco, nº 245	1480	160	10	50	72,5
L	Av. Rio Branco, nº 188	590	80	12	50	71,8
M	Av. Ipiranga, nº 1100	1730	260	13	50	74,5
N	R. Santa Ifigênia, nº 197	380	20	5	40	73,6

Tabela 2: Resultados das medições com o sonômetro Classe 1 na Avenida Ipiranga.

PONTO	LOCALIZAÇÃO	L_{Aeq} [dB]	L_{10} [dB]	L_{50} [dB]	L_{90} [dB]	$L_{10} - L_{90}$ [dB]
1	Interior da Praça da República	64,2	65,7	63,6	61,9	3,8
2	Esquina da Av. Ipiranga com a R. 24 de Maio	71,6	75,6	68,8	64,6	11,0
3	Av. Ipiranga, em frente à Pr. da República, nº 138	74,2	77,3	71,0	67,3	10,0
4	Av. Ipiranga, nº 769	71,6	74,3	68,6	65,4	8,9
5	Av. Ipiranga, nº 154	68,2	71,6	65,1	60,7	10,9
6	Av. Ipiranga, nº 345	67,3	70,8	65,6	60,9	9,9
7	Av. Ipiranga, nº 345, no canteiro central	74,4	76,2	72,8	63,2	13,0

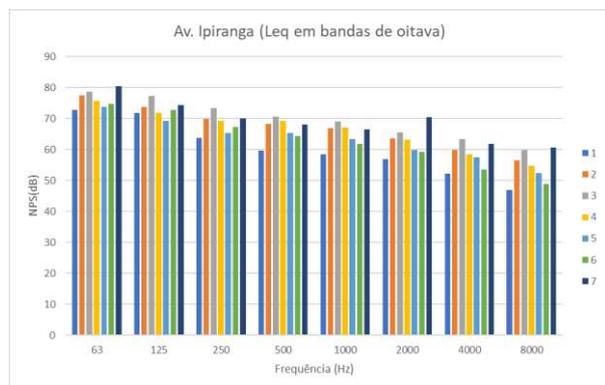


Figura 3: L_{eq} em bandas de oitava.

É importante saber que, por questões de disponibilidade de equipamentos e técnico, as medições foram feitas no período da tarde, entre 14h e 17h, nos meses de junho e julho de 2019, sendo este o período disponível para a pesquisa de campo. Isso significa que as medições são

representativas de um momento específico do ciclo de atividades diárias das regiões em estudo. Dados ciclos, por sua vez, são resultado das atividades humanas locais, demonstradas pelo uso do solo. Isso quer dizer que o presente trabalho não apresenta dados quantitativos correspondentes à sonoridade de outros momentos do dia. Porém, estes puderam ser analisados, indiretamente, por meio da pesquisa qualitativa realizada a partir da aplicação dos questionários.

O mapa sonoro gerado é apresentado na Figura 4. Analisando o mesmo, é possível identificar áreas com maiores ou menores níveis de ruído, conforme a tabela de cores relativas aos níveis sonoros.

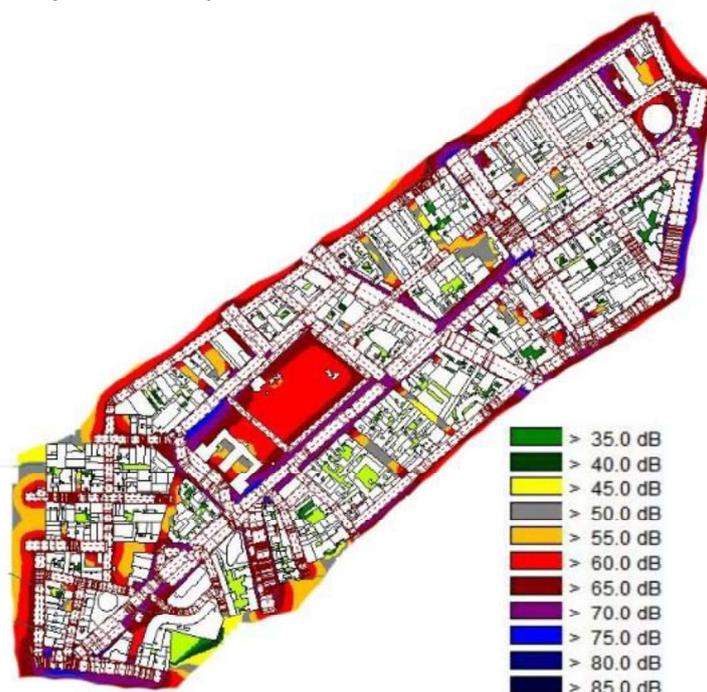


Figura 4: Mapa sonoro, Avenida Ipiranga.

As tabelas 3 a 6 procuram caracterizar o trecho em estudo. A Avenida Ipiranga é a que apresenta as maiores dimensões dentre as vias estudadas, tanto na largura, quanto no comprimento. A via percorre aproximadamente 1.300 m e apresenta uma largura média de 26,5 m. A altura dos edifícios do trecho em estudo varia entre 6 m a 125 m, com uma média de 36 m e desvio-padrão de 17 m.

As formas urbanas podem ser analisadas na Tabela 3 e na Figura 5, para os 21 pontos medidos na Avenida Ipiranga, de acordo com a topografia, tecido urbano, largura da via, altura dos edifícios e relação H/L. No caso da topografia, todo o trecho analisado é plano.

A conformação predominante entre a via e as edificações é a de *canyon*, ou do tipo “U”, ou seja, com edificações em ambos os lados da

via, o que amplifica a propagação do som pelas inúmeras reflexões, quando comparada a um campo aberto. A relação entre a altura das edificações e a largura da via é caracterizada pela relação $H/L > 0,2$, típica de ruas em formato *canyon* [15]. O trecho da via onde há a Praça da República é o único que retrata arranjos em “L”, também conhecidos como arranjos abertos (pontos 3, 5, A e B). Este tipo de disposição é benéfico, porque não “prende” as ondas sonoras entre as construções, ou seja, diminui as reflexões nas fachadas. Apesar disso, a Avenida Ipiranga é a via mais arborizada, dentre as estudadas, com a presença de canteiros ao longo de praticamente todo seu trajeto e da Praça da República.

A Tabela 4 apresenta detalhadamente a caracterização de usos e atividades praticados na região para cada ponto de medição.

Tabela 3: Caracterização da forma urbana da região da Avenida Ipiranga.

PONTO	TOPOGRAFIA	TECIDO URBANO	LARGURA TOTAL DA VIA (m)	ALTURAS DOS EDIFÍCIOS (m)	H / L
1	Plano	Tecido totalmente aberto	-	-	0,0
2	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	35	60,8 / 39	1,4
3	Plano	Tecido aberto de um dos lados, fechado e reticulado do outro lado, porém com uma avenida de distância, rua em L, reticulado	180	36	0,2
4	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	35	38,5 / 39,4 / 80,9	1,5
5	Plano	Tecido aberto de um dos lados, fechado e reticulado do outro, rua em L	30	36	1,2
6	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	30	44,1 / 40,4 / 14,2 / 125,3	1,9
7	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	30	44,1 / 40,4 / 14,2 / 125,4	1,9
A	Plano	Tecido aberto de um dos lados, fechado e reticulado do outro, rua em L	327	8 / 39,4	0,1
B	Plano	Tecido aberto de um dos lados, fechado e reticulado do outro, rua em L	180	69,3	0,4
C	Plano	Tecido aberto de um dos lados, fechado e reticulado do outro, rua em L	22	43,8	2,0
D	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	38	69,6 / 64,5 / 72,3	1,8
E	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	10	36,4 / 41,3 / 51,4	4,3
F	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	34	80,9 / 39,4 / 38,5	1,6
G	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	30	26,7 / 69,8	1,6
H	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	45	34,4 / 31,9	0,7
I	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	45	31,9 / 34,4	0,7
J	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	11	25,4 / 40	3,0
K	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	42	40,51 / 4,75	0,5
L	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	42	3,9 / 40,33	0,5
M	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	34	38,7 / 27,5	1,0
N	Plano	Tecido fechado e reticulado, rua em U	15	10,39 / 22,9	1,1

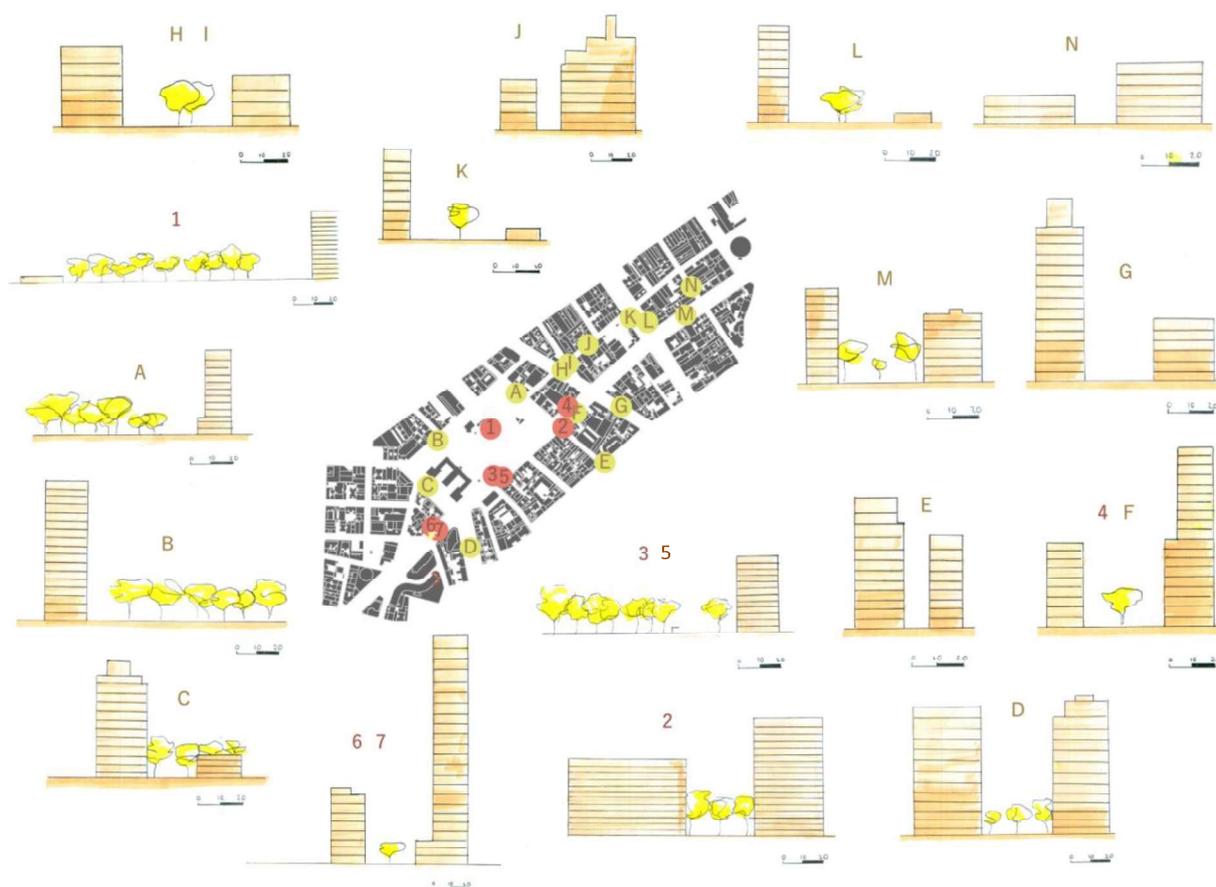


Figura 5: Caracterização da forma urbana – Avenida Ipiranga.

Tabela 4: Caracterização dos usos e atividades empregados na região da Avenida Ipiranga.

PONTO	TIPOS DE USOS	ATIVIDADES
1	Lazer, creche	Contemplação, descanso, circulação de pessoas, encontro de pessoas, moradia de pessoas em situação de rua, feira de artesanatos, posto policial
2	Misto com predomínio de comércio no térreo e algumas residências nos pavimentos superiores, hotel	Circulação de pessoas e veículos, venda de produtos variados, hospedagem, farmácia, lanchonete, banca de jornal, serviço de salão
3	Predominância comercial, tanto no térreo quanto nos pavimentos superiores	Circulação de pessoas e veículos, venda de produtos variados, estação de metrô, ponto de ônibus, instituições governamentais, mercadinho, lanchonete, banca de jornal, praça ao lado e feira de artesanatos ao ar livre, moradia de pessoas em situação de rua
4	Misto com comércio no térreo e residência nos pavimentos superiores, hotel	Circulação de pessoas e veículos, lanchonete, hospedagem, banca de jornal, ponto de taxi, cinema e cinema adulto
5	Misto com comércio no térreo e residência nos pavimentos superiores	Circulação de pessoas e veículos, venda de produtos variados, estação de metrô, ponto de ônibus, instituições governamentais, mercadinho, lanchonete, banca de jornal e moradia de pessoas em situação de rua
6	Misto com comércio e serviços no térreo e residência e comércio nos pavimentos superiores	Circulação de pessoas e veículos, venda de produtos variados, ponto de táxi, instituições governamentais, mercadinho, lanchonete, banca de jornal, trecho da via para estacionamento de motos
7	Misto com comércio e serviços no térreo e residência e comércio nos pavimentos superiores	Circulação de pessoas e veículos, venda de produtos variados, ponto de táxi, instituições governamentais, mercadinho, lanchonete, banca de jornal, trecho da via para estacionamento de motos
A	Misto com indústria, comércio, serviços com algumas residências	Circulação de pessoas e veículos, trecho da via para estacionamento de motos, moradia de pessoas em situação de rua, mercadinho, lanchonete
B	Comércio, serviços, escola e instituição governamental	Circulação de pessoas e veículos, instituição governamental, ciclo faixa, lanchonete, banca de jornal, estação de metrô,

C	Misto com comércio no térreo, residência nos pavimentos superiores e instituição governamental	Circulação de pessoas e veículos, instituição governamental, ciclo Faixa, lanchonete, banca de jornal, venda de produtos diversos, academia, tatuaria, barbearia,
D	Misto com comércio no térreo e residência nos pavimentos superiores	Circulação de pessoas e veículos, calçada larga instituição governamental, lanchonete, restaurante, galeria comercial, banca de jornal, instituição educacional, serviço de câmbio,
E	Misto com comércio e serviços no térreo e residência e comércio nos pavimentos superiores	Circulação livre de pessoas e restrita de veículos, venda de produtos variados, lanchonete, moradia, serviço de salão, <i>sexshop</i> , galerias comerciais, suplementos alimentares, serviço público de cultura e lazer (SESC)
F	Misto com comércio no térreo e residência nos pavimentos superiores	Circulação de pessoas e veículos, lanchonete, hospedagem, banca de jornal, ponto de taxi, cinema e cinema adulto
G	Misto com comércio e serviços no térreo e residência e comércio nos pavimentos superiores, hotel	Circulação de pessoas e veículos, venda de produtos variados, lanchonete, hospedagem, banca de jornal, ponto de taxi, casa noturnas, galerias comerciais e sebos
H	Misto com comércio e serviços no térreo e residência nos pavimentos superiores	Circulação de pessoas e veículos, venda de produtos variados, lanchonete, hospedagem, banca de jornal, local público para estacionamento de motos, ponto de taxi, serviço de salão e local de encontros na praça
I	Misto com comércio e serviços no térreo e residência nos pavimentos superiores	Circulação de pessoas e veículos, venda de produtos variados, lanchonete, hospedagem, lotérica, banca de jornal, local público para estacionamento de motos e local de encontros na praça
J	Misto com predominância de hotéis, comércio e serviço	Circulação de pessoas e veículos, hospedagem, <i>petshop</i> , lanchonete, estacionamentos, serviço de salão
K	Misto com predominância de comércio, serviço e escola	Circulação de pessoas e veículos, venda de produtos variados, lanchonete, hospedagem, mercadinho, instituição de ensino técnico, dentista e serviço de salão
L	Misto com predominância de comércio, serviço, hotel e escola	Circulação de pessoas e veículos, venda de produtos variados, lanchonete, hospedagem, mercado, açougue, instituição de ensino técnico
M	Predominam comércios, serviços e hotel	Circulação de pessoas e veículos, venda de produtos variados, lanchonete e hospedagem
N	Misto com comércio, serviço e confecção, e com poucas residências nos pavimentos superiores	Circulação de pessoas e veículos, venda de produtos variados e restaurante

A Tabela 5 apresenta os valores dos níveis de pressão sonora medidos e a caracterização das fontes sonoras por ponto medido, obtida a partir das gravações sonoras e anotações durante as visitas em campo, classificando os sons em sons de presença e atividades humanas, sons da

natureza e sons mecânicos. A Tabela 6 apresenta a caracterização da paisagem sonora por ponto medido, indicando a percepção do nível sonoro e classificando em sons predominantes, sons eventuais, sinais sonoros e marcos sonoros.

Tabela 5: Caracterização das fontes sonoras na região Avenida Ipiranga.

PONTO	L_{Aeq} [dB] 14h às 17h	SONS DE PRESENÇA E ATIVIDADES HUMANAS	SONS DA NATUREZA	SONS MECÂNICOS
1	62,4	Crianças brincando, música	Vento, fonte de água, pássaros	Trânsito distante, sirene
2	72,1	Passos, vozes, conversas	Vento	Veículos, aceleração, batida de objetos, buzinas, freio
3	70,6	Passos, vozes, conversas	Vento	Veículos, aceleração, batida de objetos, buzinas, freio
4	71,6	Passos, vozes, conversas	Vento	Veículos, freio, aceleração
5	67,8	Passos, vozes, conversas, risos	Vento, pássaros	Veículos, aceleração, batida de objetos, buzinas
6	71,2	Passos, vozes, conversas, assobio	Vento	Veículos, batida de objetos, aceleração de motos
7	70,1	Vozes	Vento	Veículos, aceleração, alarme de carros, sirene
A	66,0	Passos, vozes	Vento, pássaros	Veículos, freio
B	70,7	Passos, vozes	Vento, pássaros	Veículos, freio
C	71,0	Passos, vozes	Vento	Veículos, freio

D	72,6	Passos	Vento	Veículos, freio
E	71,2	Passos, vozes, tosse, risos, conversas, música, gritos	Vento	Batida de objetos
F	73,9	Passos, vozes, conversas	Vento	Veículos, freio
G	72,1	Passos, vozes, conversas	Vento, pássaros	Veículos
H	69,9	Passos, vozes, conversas	Vento, pássaros	Veículos, freio, buzina
I	70,2	Passos, vozes, conversas	Vento	Veículos, freio, buzina
J	67,1	Passos, vozes, conversas	Vento	Veículos
K	72,5	Passos, vozes, conversas	Vento	Veículos, freio, buzina
L	71,8	Passos, vozes, conversas	Vento	Veículos, freio
M	74,5	Passos, vozes	Vento	Veículos, freio
N	73,6	Passos, vozes, conversas, música, gritos	Vento	Veículos, freio, buzina

Tabela 6: Caracterização da paisagem sonora na região Avenida Ipiranga.

PONTO	PERCEPÇÃO DO NÍVEL SONORO	SOM PREDOMINANTE	SONS EVENTUAIS	SINAIS SONOROS	MARCOS SONOROS
1	Nem silencioso, nem ruidoso	Fonte d'água, crianças brincando, pássaros	Veículos distantes, passos	Música, gritos de criança, pássaros	Fonte d'água, pássaros
2	Muito ruidoso	Trânsito e vozes	Trânsito, passos	Buzina, aceleração e freio de veículos, conversas	-
3	Muito ruidoso	Trânsito e vozes	Conversas, aceleração de veículos, passos	Buzina e freio de motos e ônibus	-
4	Ruidoso	Trânsito	Aceleração de veículos, conversas, vozes, passos	Aceleração de ônibus, buzinas, batida de objetos	-
5	Muito ruidoso	Trânsito	Aceleração de veículos, conversas, vozes, risos, passos	Buzina e aceleração de motos e ônibus, motor de veículos	Pássaros
6	Muito ruidoso	Trânsito	Conversas, vozes, batidas de objetos, passos	Aceleração de motos, assobios	-
7	Muito ruidoso	Trânsito	Vozes, sirene, buzina, passos	Alarme de carro, aceleração de veículos	-
A	Ruidoso	Trânsito	Conversas, vozes, batidas de objetos, passos	Aceleração de ônibus	-
B	Ruidoso	Trânsito	Conversas, vozes, batidas de objetos, passos	Aceleração de ônibus	-
C	Ruidoso	Trânsito	Conversas, vozes, batidas de objetos, passos	Aceleração de ônibus	-
D	Muito ruidoso	Trânsito	Conversas, vozes, batidas de objetos, passos	Aceleração e freio de ônibus	-
E	Muito ruidoso	Passos, vozes e gritos	Batidas de objetos, veículos	Música, batida de objetos	-
F	Ruidoso	Trânsito e passos	Conversas, vozes, batidas de objetos, passos	Aceleração e freio de ônibus	-
G	Ruidoso	Trânsito, passos e vozes	Conversas, vozes, batidas de objetos, passos	Aceleração de ônibus e buzina	-
H	Ruidoso	Trânsito	Conversas, vozes, batidas de objetos, passos	Aceleração, freio de ônibus e buzina	-
I	Ruidoso	Trânsito	Conversas, vozes, batidas de objetos, passos	Aceleração e freio de ônibus	-
J	Ruidoso	Trânsito	Conversas, vozes, batidas de objetos, passos	Aceleração	-
K	Muito ruidoso	Trânsito	Conversas, vozes, batidas de objetos, passos	Aceleração, freio de ônibus e buzina	-

L	Muito ruidoso	Trânsito	Conversas, vozes, batidas de objetos, passos	Aceleração, freio de ônibus e buzina	-
M	Ruidoso	Trânsito	Conversas, vozes, batidas de objetos, passos	Aceleração e freio de ônibus	-
N	Muito ruidoso	Passos, vozes e gritos	Batidas de objetos, passos, música, alto-falantes	Alarme de carro, aceleração de veículos	-

4.1. Comparação das medições com limites estabelecidos

Os resultados dos níveis de pressão sonora L_{Aeq} medidos em campo foram comparados com os limites estabelecidos em normas e legislação. A norma técnica ABNT NBR 10151 [21] estabelece um limite diurno de 60 dB para áreas mistas com predominância de atividades comerciais e/ou administrativas. No caso da legislação municipal, o mesmo limite máximo é estabelecido para o período diurno, de acordo com a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo [12], para o zoneamento do local (Zona Centralidade, ZC). Todos os valores de níveis de pressão sonora medidos ultrapassam os limites de 60 dB. O resultado mais próximo a esse valor encontra-se no ponto 1, no interior da Praça da República. Isso mostra as condições acústicas inadequadas na região e a necessidade de realizar alguma ação de planejamento para reduzir ou controlar o ruído no local, de forma a melhorar sua qualidade sonora.

4.2. Questionários

Os questionários foram aplicados nos mesmos dias das medições. 90 pessoas foram entrevistadas no total. No tocante ao perfil dos entrevistados, a maioria está na faixa dos 20 anos, o que equivale a 27% do total de entrevistados na via. É também expressiva a população em outros intervalos etários, como na faixa dos 40 (23%), 30 (20%) e acima de 60 anos (17%).

Com relação ao gênero dos respondentes, o número de entrevistas foi maior entre o masculino, com 73% dos entrevistados. Com relação à ocupação, notou-se grande concentração no número de trabalhadores de comércio e serviços, com predominância de vendedores, seguidos por atendentes, seguranças e motoboys.

No quesito atividades executadas na via, uma maioria expressiva dos entrevistados (84%) trabalha na rua em questão. É possível perceber também que não foi entrevistado ninguém que estudasse em uma das ruas, apesar de haver instituições de ensino no local. A porcentagem de respondentes que mora na Avenida Ipiranga encontra-se próximo de zero (3%). Além disso, 13% dos entrevistados na Avenida Ipiranga não exerciam nenhuma das atividades apontadas na via, estando apenas de passagem. Interessante pontuar ainda que os entrevistados podiam escolher mais de uma alternativa, o que significa que foram contabilizados os casos em que a pessoa trabalhava e morava no local.

Em relação ao tempo em que permanece na região, a maioria dos participantes (77%) relatou passar entre 8 e 12 horas, o que engloba, de forma geral, as pessoas que lá trabalham. A porcentagem de pessoas que permanece mais de 12 horas na rua em estudo retrata, na maioria dos casos, os entrevistados moradores (7%). O grupo entre 0 e 3 horas corresponde àqueles respondentes que estavam apenas de passagem, que é maior na Avenida Ipiranga (16%). É provável que isto se deva ao caráter mais conhecido historicamente do bairro da República, onde se localiza a avenida, além da presença de linhas de metrô e existência abundante de pontos de ônibus, o que facilita o acesso.

Após análise do perfil dos participantes, as perguntas seguintes do questionário referiam-se a conhecimentos gerais a respeito da poluição sonora. O objetivo era reconhecer o grau de discernimento que os usuários têm sobre a regulamentação do ruído, em São Paulo, e os riscos que este pode impor à saúde auditiva. Quando perguntados se conheciam alguma lei referente ao controle da poluição sonora, a maioria dos participantes alegou conhecer (52%). Quando questionados se o ruído pode

prejudicar a audição, 83% das respostas foram positivas.

A terceira parte do questionário procurou obter a avaliação dos entrevistados sobre os níveis de pressão sonora locais. Para a Avenida Ipiranga, os resultados indicam que o ruído é intenso, porém de forma mediana (43%). A resposta “pouco intensa” recebeu a menor porcentagem: 27%. A partir dos dados obtidos, é possível afirmar que a poluição sonora se faz presente nos objetos de estudo e é constantemente percebida pelos usuários participantes.

Para entender como o participante se sente diante dos níveis apontados, foi perguntado se este mostrava-se incomodado com o ruído da via. Ao contrário do que seria esperado diante das respostas da pergunta anterior, a questão foi respondida negativamente pela maioria dos entrevistados (70%). Dentre os motivos para estes resultados imprevistos, está a frequência com que os entrevistados eram expostos a dados níveis sonoros, como pôde ser observado quando alguns responderam que “estavam acostumados” e, por isso, “não percebiam mais”.

Com a intenção de entender o momento do dia em que os respondentes se mostram mais incomodados, foi-lhes perguntado pelo principal período do dia em que sofriam desconforto, dentre as opções da manhã, tarde e noite. As respostas indicaram que para a Avenida Ipiranga, o ruído é mais intenso no período da tarde (46%), seguido do período noite (25%) e da manhã (21%). 8% responderam não saber.

Em seguida, foi perguntado quais eram as principais fontes sonoras causadoras de incômodo. Os respondentes puderam escolher mais de uma alternativa para a pergunta. Como já esperado, os veículos foram destacados como a principal fonte causadora de ruído urbano, apontados por 61%, seguidas por sirenes (16%). Ambas as fontes sonoras podem ser compreendidas como sons mecânicos, os quais já são sabidos gerar desconfortos nos usuários, como estabelecido por Yang e Kang (2005) na determinação do nível de aceitação de sons típicos presentes em espaços urbanos abertos

[27]. Outras fontes sonoras como pessoas, obras, bares, igrejas, lojas e viaturas aparecem nos resultados de maneira pouco expressiva.

A última questão direcionou-se para os sintomas fisiológicos decorrentes da exposição à poluição sonora. Os entrevistados também podiam escolher mais de uma alternativa. Foram obtidos resultados semelhantes aqueles da pergunta referente ao incômodo sofrido. De forma surpreendente, a maioria relatou não sofrer com sintomas decorrentes desta exposição: 32% no caso da Avenida Ipiranga. Estes resultados vieram acompanhados por comentários que apontam a frequência da exposição, pois muitos declararam estarem acostumados com ela. O segundo principal incômodo percebido na Avenida Ipiranga foi baixa concentração (20%), seguida por dor de cabeça e irritabilidade, ambos presentes em 15% das entrevistas, zumbido (10%), insônia (5%), dor de ouvido (2%) e outros (2%).

É comum observar que, mesmo que realizadas perguntas específicas sobre as condições acústicas locais, a partir de algumas respostas, notou-se que a avaliação do ambiente pelo usuário é feita de maneira conjunta, de forma que a percepção dos diferentes aspectos ambientais influencia simultaneamente. Quando perguntados sobre os sintomas fisiológicos que os entrevistados sentiam quando expostos aos níveis de pressão sonora locais, surgiram respostas como “incomoda mais quando está calor, abafado”, ou ainda, que sentiam “ardência nos olhos devido ao ruído”. Por isso, foram anexados à pesquisa dados referentes a outros aspectos ambientais, como temperatura, umidade e vento, medidos simultaneamente às principais medições sonoras realizadas nas vias.

4.3. Análise global das vias

Como produto da pesquisa foram elaboradas imagens que resumem as análises de cada área estudada. A Figura 6 refere-se à análise global da Avenida Ipiranga.

4.4. Considerações

Após investigar os resultados obtidos, constatou-se que os maiores níveis de pressão sonora medidos se encontram na região da Avenida Ipiranga e vêm acompanhados de volumes elevados de tráfego. A intensa presença de veículos pesados, principalmente de ônibus, é outro elemento determinante para os resultados encontrados. A presença destes é decorrente da grande oferta de serviços de transporte público sobre rodas na região do distrito da República, com uma presença abundante de pontos de ônibus. A via apresenta também um caráter estratégico quando compreendida dentro do sistema de grandes avenidas, como a Rua da Consolação e a Avenida Rebouças. Por isso, concentra parte dos fluxos de veículos da cidade e dos modais de transporte público, como ônibus e metrô.

Ao responder sobre a intensidade do ruído e o incômodo gerado, os moradores são os que se mostram mais insatisfeitos, quando comparados aos usuários que apenas trabalham no local. Estes últimos, de forma geral, relatam estarem acostumados e não sofrerem qualquer tipo de sintoma, enquanto os primeiros sofrem com insônias, irritabilidade, dor de cabeça, entre outros sintomas. É pertinente pontuar que a grande maioria dos moradores também passa o período diurno na região, seja trabalhando, seja passando o tempo como aposentado, e não apenas habitam a região no período noturno, como é de se esperar. Isso indica que conhecem as condições locais de ruído de todos os períodos do dia, enquanto a maior parte dos usuários que trabalham nas regiões de análise apenas conhecem as circunstâncias do ruído durante a manhã e à tarde, o que explica a predominância dos votos de maior incômodo em ambos os horários.

Dessa maneira, as más condições de conforto ambiental sonoro agravam a situação de vulnerabilidade das populações moradoras da região central da cidade, por afetarem diretamente suas condições de saúde, ao causar sintomas como os mencionados anteriormente.

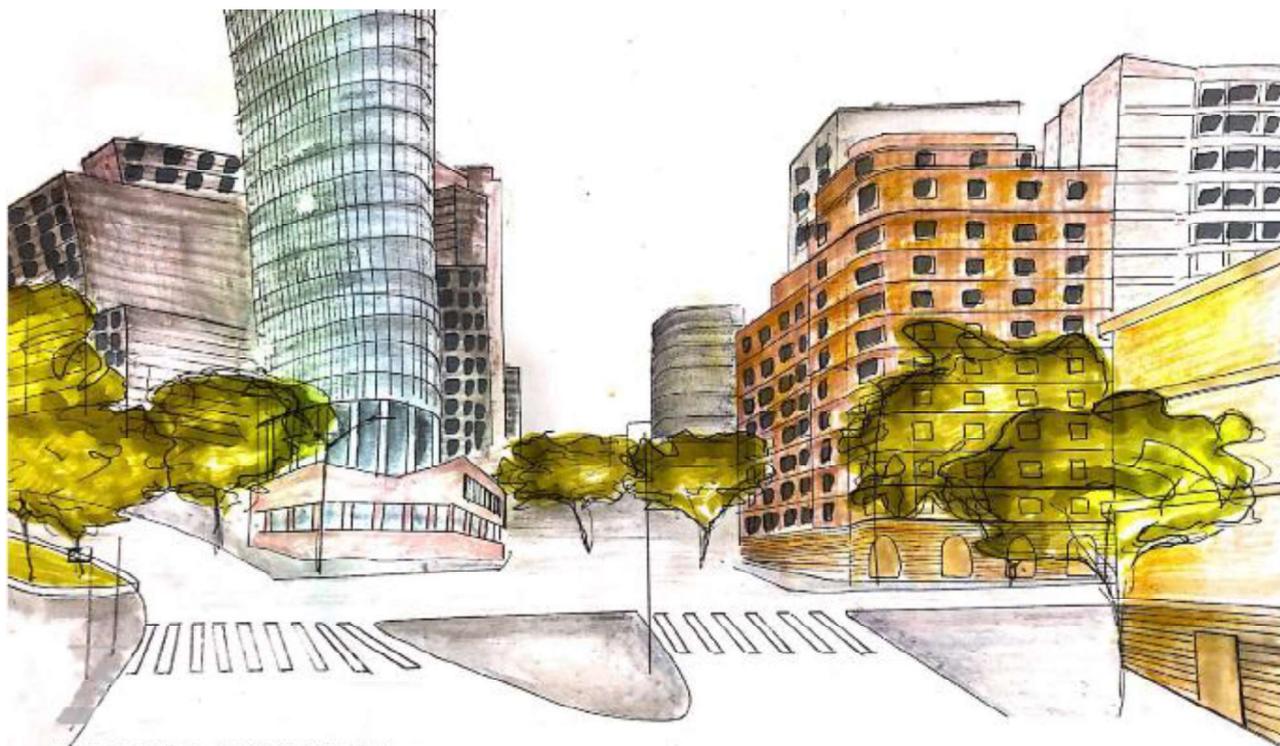
Resumidamente, os resultados dos questionários em conjunto com as medições indicam que o tráfego de veículos, de origem mecânica, representa a fonte sonora mais recorrente e incômoda nas áreas analisadas. Fontes sonoras com origem da natureza não foram citadas em nenhuma das respostas dos questionários, o que indica que estas são entendidas como fontes sonoras agradáveis, visto que as perguntas se direcionavam aos sons considerados desagradáveis. Apesar disso, com exceção da Praça da República, a presença de elementos sonoros da natureza, como sons de pássaros, era praticamente inexistente e, quando presente, tinha seu som mascarado pelos ruídos do tráfego de veículos.

5. CONCLUSÕES

Níveis elevados de ruído nas cidades são questões de saúde pública, pois geram efeitos físicos, fisiológicos e psicológicos, e condicionam o bem-estar das populações. Portanto, devem ser levados em conta no processo de planejamento das cidades. Dentro do tema, o trabalho consistiu em realizar avaliações das condições acústicas em áreas estratégicas selecionadas na região central da cidade de São Paulo, considerando aspectos quantitativos e qualitativos.

A abordagem qualitativa é importante, pois leva a um entendimento de quem exatamente está exposto e é afetado por determinados níveis sonoros, e como um mesmo nível sonoro pode gerar percepções diferentes. Essa sensibilidade na abordagem do tema faz com que as pessoas deixem de ser apenas números e estratégias mais humanas possam ser adotadas.

Medições sonoras, mapeamento de ruído, observações, fotografias, desenhos, gravações sonoras e questionários foram algumas das estratégias utilizadas para avaliar a paisagem sonora na região. Por fim, uma imagem foi elaborada de forma a resumir visualmente toda a análise realizada (Figura 6).



AVENIDA IPIRANGA

FORMA URBANA

Tecido reticulado, três tipos de rua: rua aberta, rua em "U" e rua em "L", topografia plana

USOS E ATIVIDADES

Misto com trecho de praça, residência, predominância comércio e serviço

NÍVEIS SONOROS

62,4 - 72,1 dB

PAISAGEM SONORA

Trechos nem silenciosos nem ruidosos até muito ruidosos

FONTES SONORAS

Sons predominantes: trânsito e vozes

Sons eventuais: passos, conversas, batida de objetos

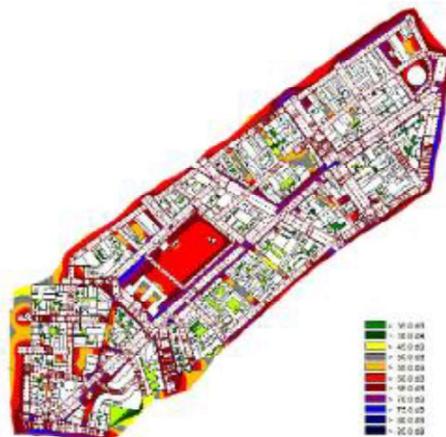


Figura 6: Análise global – Avenida Ipiranga.

Os níveis sonoros registrados recebem percepções diferentes da população moradora e da população trabalhadora do local em estudo. A primeira é atingida por eles de maneira mais ampla, pois as condições ambientais sonoras permeiam todos os momentos de sua vivência. É por isso que a ocupação de grandes centros urbanos vem muitas vezes acompanhada de elementos de vulnerabilidade social, devido às condições ambientais desfavoráveis a que são expostas as populações moradoras.

Essa compreensão mais aprofundada é possível por meio da combinação das abordagens quantitativas e qualitativas empregadas, visto que os dados levantados em medições sonoras em campo e simulações foram complementados pela percepção subjetiva dos usuários. Desta maneira, percebeu-se que níveis de pressão sonora semelhantes têm diferentes impactos sobre o bem-estar da população dependendo do horário do dia, de outros aspectos ambientais como temperatura, umidade relativa e poluição do ar, e são também consequência do perfil psicossocial e de padrão cultural. Pode-se afirmar que a percepção sonora é multidimensional.

Os níveis sonoros excessivos provenientes do tráfego de automóveis podem ser avaliados não apenas por meio de sonômetros, ou ainda simulados por métodos computacionais de predição sonora, mas também a partir da percepção dos usuários. Os resultados obtidos pelos diversos métodos de análise convergem no ponto de que a principal fonte causadora de ruído na região são as vias de tráfego de veículos.

O presente estudo dá subsídio à compreensão sobre os problemas acústicos de áreas da cidade visadas para adensamento, por meio da contraposição dos valores encontrados com as normas vigentes. Além disso, a pesquisa cria uma base de dados acústicos da região, levando ao entendimento com relação a que níveis de pressão sonora estão submetidas as populações atuais, para que medidas governamentais possam ser tomadas para a solução do problema acústico da região e melhoras na qualidade sonora local sejam feitas. Com a utilização de *software* de predição, condições futuras podem

ser simuladas, para ajudar também no planejamento urbano.

O estudo possui algumas limitações inerentes. A principal limitação refere-se aos horários das medições, não representativos de todo o período diurno. A segunda limitação refere-se ao fato de um dos equipamentos utilizados não atender aos requisitos da norma técnica brasileira. Apesar disso, o estudo contribui para o entendimento, a aplicação, a caracterização e a representação de paisagens sonoras em áreas urbanas centrais.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de iniciação científica concedida (processo 2018/08972-5) e ao Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LABAUT) do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU USP) pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS

1. BABISCH W. *The noise/stress concept, risk assessment and research needs*. Noise & Health; Volume 4, Issue 16, pp 1-11, 2002.
2. KANG, J.; SCHULTE-FORTKAMP, B. *Soundscape and the Built Environment*. 1. ed., CRC Press, 2017. ISBN 9781138893085.
3. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for Community Noise*. 1999. Disponível em: <<http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>>.
4. BARING, J. G. de A. Controle da Poluição Sonora: planejamento de pesquisas nas universidades brasileiras, tendo em vista a experiência da cidade de São Paulo. In: *XXII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, SOBRAC 2008*. Belo Horizonte, MG, 2008.
5. SÃO PAULO (Município). Lei Nº 8.106, de 30/09/1974, Sons urbanos, São Paulo, 1994.
6. SÃO PAULO (Município). Decreto Nº 11.467, de 30/10/1974. Regulamenta a lei

8106 de 30/09/1974, que dispõe de sons urbanos, São Paulo, 1994.

7. BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria Nº 3.214, de 08/06/78 – NR 15 – Anexos 1 e 2. Limites de nível de ruído nos ambientes de trabalho, Brasília, 1978.

8. BRASIL. CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Resolução Nº 1, de 08/03/90: Emissão de ruídos. Brasília, 1990.

9. BRASIL. CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Resolução Nº 2, de 08/03/90: Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora – Silêncio. Brasília, 1990.

10. SÃO PAULO (Município). Decreto-lei Nº 11.501, de 11/04/1994. Controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora, São Paulo, 1994.

11. SÃO PAULO (Município). Decreto-lei Nº 34.569, de 6/10/1994. Programa Silêncio Urbano - PSIU, São Paulo, 1994.

12. SÃO PAULO (Município). Lei Nº 16.402, de 22/03/2016. Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo de São Paulo. São Paulo, SP, 2016.

13. SÃO PAULO (Município). Decreto-lei Nº 16.499, de 20/06/2016. Elaboração do Mapa do Ruído Urbano da Cidade de São Paulo e dá outras providências. Diário Oficial do Município de São Paulo. São Paulo, SP, 20 jul. 2016.

14. HOLTZ, M. C. de B., *Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos. Estudo de caso: Parque Villa Lobos*, em São Paulo. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

15. CORTÊS, M. M. *Método de avaliação sonora em áreas urbanas formais e informais*. Tese (Doutorado) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

16. MARIE CURIE ACTIONS. *Urban Sound Planning: The SONORUS project*. Chalmers University of Technology, Suécia, 2016.

17. HONG, J.; JEON, J. Y. Relationship between spatiotemporal variability of soundscape and urban morphology in a multifunctional urban area: A case study in Seoul, Korea. *Building and Environment*. v. 126, p. 382 – 395, 2017. Disponível em: <doi: 10.1016/j.buildenv.2017.10.021>.

18. ISO (International Organization for Standardization). ISO 12913-1. *Acoustics – Soundscape – Part 1: Definition and conceptual frameworks*, Genebra, 2014.

19. ISO (International Organization for Standardization). ISO/TS 12913-2. *Acoustics – Soundscape – Part 1: Data collection and reporting requirements*, Genebra, 2018.

20. ISO (International Organization for Standardization). ISO/TS 12913-3. *Acoustics – Soundscape – Part 1: Data analysis*, Genebra, 2019.

21. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). ABNT NBR 10151, *Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral*. Rio de Janeiro, 2019.

22. DATAKUSTIK. *CadnaA software*. Disponível em: <<http://www.datakustik.com/en/products/cadnaa>>. Acesso em: 20 out. 2019.

23. GEOSAMPA, Mapa Digital da Cidade de São Paulo. Disponível em: <<http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

24. ISO (International Organization for Standardization). ISO 80000-8. *Quantities and units - Part 8: Acoustics*, Genebra, 2007.

25. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). ABNT NBR 16313, *Acústica – Terminologia*. Rio de Janeiro, 2014.

26. BISTAFA, S. R. *Acústica aplicada ao controle do ruído*. São Paulo: Blucher, 2006. ISBN 9788521212836.

27. YANG, W.; KANG, J. Soundscape and Sound Preferences in Urban Squares: A Case Study in Sheffield. *Journal of Urban Design*, v. 10, no. 1, p. 61 – 80, Disponível em: <doi: 10.1080/13574800500062395>, 2005.