



FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA

XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

Estudo do nível sonoro de tráfego de uma região do município de Caxias do Sul – Mapa de ruído – Parte II: mitigação do ruído urbano

Longhi, E. F.¹; Heissler, R. F.²; Pires, J. R.³

¹ Engenharia Civil, Centro Universitário Uniftec, Caxias do sul, RS, Brasil, eduardo@acad.ftec.com.br

² Engenharia Civil, Unisinos, São Leopoldo, RS, Brasil, rheissler@unisinos.br

³ Arquitetura e urbanismo, Centro Universitário Uniftec, Caxias do sul, RS, Brasil, josianepires@acad.ftec.com.br

Resumo

O presente estudo visa apresentar propostas para mitigação dos níveis sonoros de tráfego urbano para a região centro do Município de Caxias do Sul, que apresentou níveis sonoros acima do recomendado pela ABNT NBR 10151:2019 em diversos pontos da área estudada. Os dados relativos à elaboração e análise dos resultados obtidos no mapeamento do ruído de tráfego de uma região do bairro Centro do município de Caxias do Sul são apresentados em outro estudo apresentado pelos autores neste congresso. A avaliação de ruído rodoviário não está no escopo da norma anteriormente citada, porém esta foi utilizada no estudo por falta de outro documento de referência em caráter brasileiro. O método, utilizado neste artigo, foi de revisão de literatura pertinente ao assunto. Particularidades da morfologia urbana, como as acentuadas variações níveis topográficos e a existência de barreiras de edifícios desempenham um forte impacto na redução da dissipação e no aumento dos níveis sonoros na região. A inexistência de medidas corretivas ou preventivas para amenizar o impacto provocado pelo tráfego veicular, principal fonte geradora de atividade sonora em meios urbanos, faz com que as áreas lindeiras das vias do bairro Centro de Caxias do sul alcancem níveis sonoros bastante acima do recomendado pelas normas de controle e pela OMS. Os pedestres, motoristas e demais pessoas em meio externo estão submetidas a níveis de ruído excessivos. Ademais, o desempenho dos sistemas de vedação das edificações da região estudada pode estar aquém do necessário para que seja mantido um nível de conforto recomendado pela ABNT NBR 10152:2017, fazendo com que exista uma indispensabilidade da instalação de sistemas eficazes de isolamento sonoro nas fachadas e aberturas. Apresenta-se, desta forma, propostas de diretrizes para planejamento urbano da região, a fim de mitigar o problema acústico da região e planejar a área para as situações futuras.

Palavras-chave: planejamento urbano, poluição sonora, tráfego, acústica ambiental.

PACS: 43.50.Rq 43.50.Lj

TRAFFIC METER NOISE STUDY OF A CAXIAS DO SUL/BRAZIL AREA – NOISE MAP – Part II: Mitigation of urban noise pollution

Abstract

The present study aims to present proposals to mitigate urban traffic noise levels for the city center of Caxias do Sul/Brazil, which presented noise levels above the recommended by ABNT NBR 10151:2019. The data and the analysis of the results of the noise map of the area are portrayed in another study presented by the authors at this congress. The standard on road noise assessment is not within the scope of the standard, but it was used in the study due to the lack of another reference document of a Brazilian character. The method used in this article was a literature review relevant to the subject. Particularities of urban morphology, such as sharp variations in topographic levels and the existence of building barriers, have a strong impact on reducing dissipation and increasing noise levels in the region. The lack of corrective or preventive measures to mitigate the impact caused by vehicular traffic, the main source of noise activity in urban areas, causes the areas bordering the streets of the central neighborhood to reach noise levels above those recommended by the control standards and by the WHO. In addition, the performance of building sealing systems may be undersized to maintain an internal sound comfort level recommended by ABNT NBR 10152:2017. In this way, proposals for guidelines for urban planning in the region are presented, to mitigate the acoustic problem in the region and plan the area for future situations.

Keywords: urban planning, noise pollution, traffic, environmental acoustics.



1. INTRODUÇÃO

O presente artigo refere-se a parte II de um estudo elaborado em 2019. A primeira, em uma publicação a parte, teve como objetivo elaborar e analisar um mapa de ruídos de uma região do Bairro Centro do município de Caxias do Sul. A segunda e presente parte, visa analisar o mapa de ruído de trânsito de veículos obtido, a fim de propor diretrizes para o plano diretor, no que tange o planejamento urbano do bairro Centro de Caxias do Sul, para redução de incômodo e malefícios gerados por ele.

Para que se possa oferecer maior qualidade de vida à população residente deve-se realizar estudos sobre tópicos que influenciem no bem-estar das pessoas, como níveis de ruídos, qualidade e capacidade das vias de trânsito, presença de infraestruturas que comportem as necessidades dos indivíduos que ali vivem, entre outros [1].

Só na União Europeia, estima-se que a quantidade de indivíduos expostos a níveis sonoros acima de 55 dB(A) gira em torno de 113 milhões para o tráfego rodoviário. Sabe-se que o tráfego rodoviário é o principal agente causador de níveis sonoros além do recomendado em ambientes urbanos, precedido pelas fontes ferroviárias, aéreas e industriais. Desconsiderando as outras fontes, sabe-se que ao menos 20% dos europeus estão expostos a altos níveis de ruído durante o período do dia, tarde e noite (L_{den}) [2].

O som pode causar danos ao bem-estar dos indivíduos, seja ele por sua intensidade ou pela sua falta de harmonia, afetando-os em suas atividades do dia a dia, como trabalho, estudo, lazer e repouso noturno [3].

Segundo a Organização Mundial da Saúde - OMS [4], a existência de atividade sonora acima dos parâmetros considerados seguros pode afetar a saúde, o bem-estar e o desempenho das atividades cotidianas das pessoas expostas à esta condição. Perda de audição, aumento da pressão arterial, perturbação do sono, stress, tensão, zumbidos constantes no ouvido, queda no desempenho e irritabilidade são sintomas claros de como a exposição a elevados níveis de som podem afetar o cotidiano das pessoas [5].

Assim, faz-se necessário que se tenha conhecimento do nível de exposição ao qual o indivíduo está sujeito, para que se possa criar estratégias para amenizar os problemas causados [6].

O ambiente urbano possui diversas fontes de poluição sonora, como: rodoviária, ferroviária, aérea, indústrias e esporádica [6], porém, a presente pesquisa tratará apenas de medidas mitigantes a redução de níveis de pressão sonora (NPS) provenientes da fonte do tráfego rodoviário.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

O tráfego é uma das principais fontes de poluição sonora ambiental, seja ele rodoviário, ferroviário ou aéreo. Os relatórios de impacto ambiental, necessários anteriormente às construções ou readequações de infraestruturas, geralmente incluem estimativas do impacto sonoro ao entorno do empreendimento [5].

O ruído de tráfego rodoviário é o que mais impacta o cotidiano urbano. Esta atividade sonora ocorre ao longo de todo o dia, apresentando picos de intensidade em determinados momentos, e variações em sua intensidade e frequência conforme o tipo de veículo [2, 6].

No âmbito do tráfego rodoviário, as categorias mais relevantes são os automóveis comuns, veículos pesados e motocicletas. Estas fontes sonoras possuem diferentes características quanto ao tipo de poluição sonora gerada [7], sendo estas:

- **Fontes mecânicas** – Correspondem a energia sonora proveniente das vibrações do motor do veículo e dos sistemas mecânicos acoplados a ele.
- **Fontes de escapamento de gases e aerodinâmicas** – Correspondem à variação do fluxo de ar quanto à admissão e escape de gases, sendo o sistema de ventilação e o escoamento de ar sobre a estrutura do veículo integrados a este tipo de fonte. A energia sonora radiada por estas fontes varia significativamente com a configuração

exterior do veículo e com a velocidade de circulação.

- **Contato pneu com o pavimento** – Corresponde ao ruído que ocorre devido ao contato entre o pneu e a superfície da via, sendo particularmente relevante na presença de pavimentos irregulares ou de pneus em más condições. Existe também uma diferença entre o som gerado por um veículo pesado quando o pavimento está molhado ou seco.

Uma representação destas fontes sonoras está presente na Figura 01.

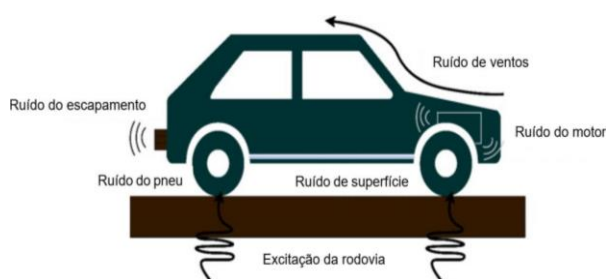


Figura 1: Fontes sonoras em veículos automotores (retirado de Yanagiya [6]).

Patrício [7] ainda afirma que existem três áreas de atuação possíveis para reduzir os níveis de pressão sonora em meio urbano: pela fonte de ruídos; pelo caminho de propagação sonora; e pela recepção. Separando as frentes de atuação, facilita-se a identificação dos problemas e elaboração de métodos corretivos conforme o quadro 01.

A reverberação ocorre quando uma determinada onda sonora encontra uma barreira solida como muros ou paredes e é refletida de volta. Caso esse reflexo seja imediato ao ponto de o sistema auditivo humano não conseguir distinguir a diferença entre o som original emitido pela fonte e a reflexão proveniente da barreira, ocorre a reverberação [5].

A existência de densas barreiras urbanas, como por exemplo diversos edifícios lado a lado, pode gerar uma amplificação das atividades sonoras provenientes do tráfego veicular devido às múltiplas reflexões nas fachadas das edificações que margeiam as ruas e avenidas. As fachadas

das edificações dificultam a dispersão das ondas sonoras pois existe menor absorção acústica e menores vãos entre as edificações [5].

Quadro 01: Métodos de mitigação do ruído urbano (retirado de Yanagiya [6]).

Método de atuação	Método de redução
Mudanças na fonte (ruído rodoviário)	Tipo de asfalto
	Pneu de baixa emissão sonora
	Renovação da frota de ônibus
	Ônibus de trânsito rápido (BRT)
	Inspeção de veículos com alta emissão sonora
	Caminhões de lixo de baixa emissão sonora
	Caminhões de carga de baixa emissão sonora
	Veículos elétricos
	Restrições de horários de circ. de veículos pesados
	Lombadas
	Chicanes
	Rotatórias
	Redesenho do espaço urbano
	Semáforos inteligentes ou fluxo verde
	Sistema variável de limite de velocidade
Mudanças no caminho de propagação sonora	Barreiras acústicas
	Túneis ou Túneis falsos
	Taludes
	Rebaixamento e elevação de vias
	Vegetação
Mudanças no receptor	Isolamento acústico de fachadas
	Design da edificação
	Isolamento acústico na estrutura de edifícios
Planej. de uso e ocupação do solo	Disponibilidade de áreas silenciosas
	Distanciamento entre zonas e fontes de ruído
	Redução do tráfego pela disposição de zonas
	Zoneamento de ruído

Tratando-se de Normas técnicas brasileiras, as de maior importância com relação à acústica das edificações, são a ABNT NBR 10151:2019 – Acústica: Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas [8] e a ABNT NBR 10152:2017 Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Ambas as normas são emitidas pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas [9].

Além do procedimento de medição sonora, a ABNT NBR 10151:2019 trata também sobre a avaliação e parâmetros de conforto sonoro em ambientes externos. Essa normativa também determina níveis de pressão sonora máximos para diversas categorias de ambientes externos, conforme o Quadro 02.



Complementando a ABNT NBR 10151:2019, que tem enfoque principal nas áreas urbanas, o Brasil possui a ABNT NBR 10152:2017 – Níveis de ruído para conforto acústico, que se objetiva em fixar os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em diversos ambientes internos. Os valores de pressão sonora acima dos especificados na norma não considerados como desconfortáveis ao ouvido humano para a atividade exercida no local [9].

Quadro 02: Níveis máximos recomendados pela ABNT NBR 10151:2019 em dB [8].

Tipos de áreas habitadas	Período diurno	Período Noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55

3. MÉTODO

O presente capítulo aborda a metodologia utilizada na avaliação das áreas e elaboração das medidas corretivas às áreas problemáticas, bem como opções para prevenção de futuros problemas.

O estudo usa como base, o mapa de ruídos da região do bairro centro obtido na primeira parte desta pesquisa. O mapa de ruídos da região pode ser verificado na Figura 02. A área estudada compreende um recorte do bairro Centro, com delimitações sul, leste e oeste, as ruas de divisa do bairro, que são respectivamente a Rua Os Dezoito do Forte, Rua Treze de maio e Rua Moreira César. A delimitação norte da área de estudo é a Rua Ernesto Alves. A alta taxa de ocupação de solo, a grande diversidade de usos, formas e alturas de edificações e a característica estratégica para o município influenciaram na escolha da área.

A análise dos resultados em áreas específicas, apresentada no artigo anterior foi usada na presente pesquisa, de modo a fornecer diretrizes e sugestões de intervenção, obtidas com base na literatura e referências bibliográficas, para que seja atenuado nível de pressão sonora no local, bem como ajudar a prevenir problemas futuros.

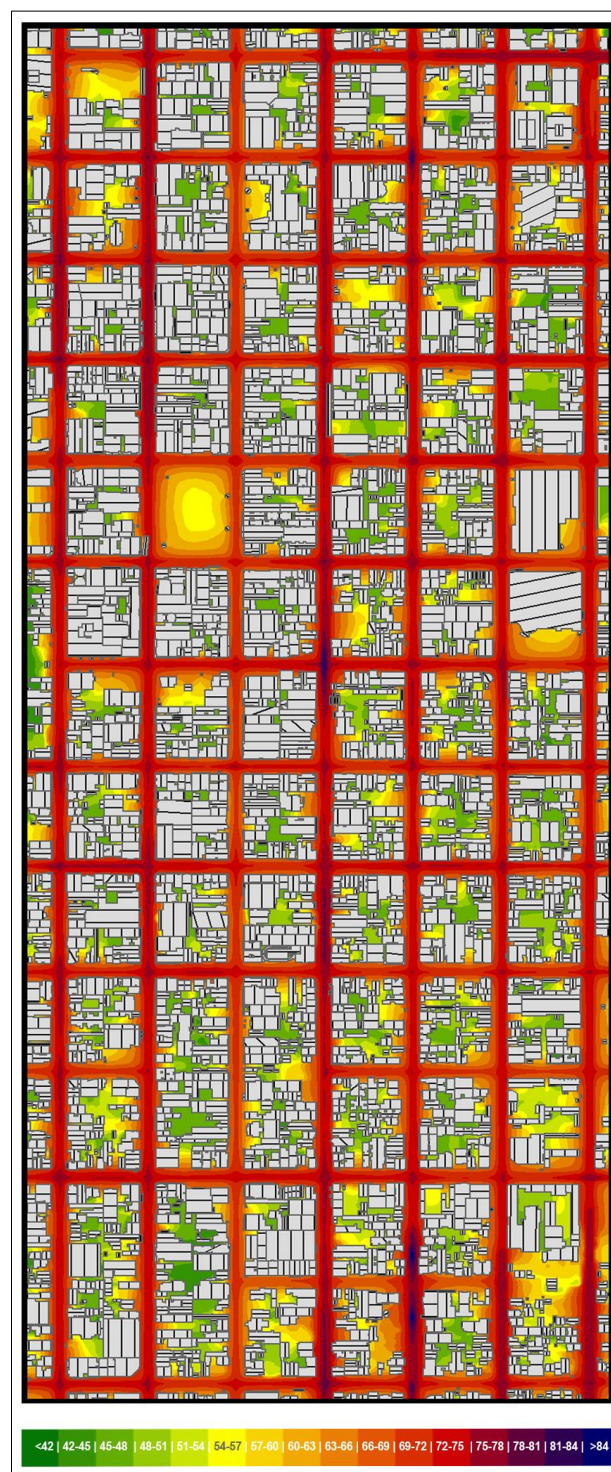


Figura 2: Mapa de ruídos diurno da região central de Caxias do Sul.

4. DESENVOLVIMENTO

Com o objetivo de propor estratégias que venham a colaborar com uma melhoria na qualidade acústica para o bairro centro de Caxias do Sul, este tópico busca associar o diagnóstico dos problemas sonoros

provenientes do tráfego com propostas de diretrizes para melhoria de acústica ambiental.

A frota de veículos do município de Caxias do Sul cresceu 93% entre os anos de 2006 a 2021 conforme dados do IBGE [10]. As ações realizadas para adequar a infraestrutura das vias ao novo volume de tráfego se mostraram não tão eficientes para melhorar o fluxo e amenizar os níveis zonas saturadas acusticamente, principalmente na Rua Sinimbu e Rua Pinheiro Machado.

A adequação de vias para desvio de tráfego do bairro Centro, no eixo leste a oeste, poderia reduzir o volume de veículos e consequentemente os elevados níveis de pressão acústica presentes nas ruas [10]. Realizar melhorias e incentivar a motoristas a utilizarem a Rua Tronca e Rua Dom José Baréa para desviar da região central, são fortes exemplos de ações para atingir este objetivo.

O Sistema integrado de mobilidade de Caxias do Sul – SIM Caxias, que entrou em funcionamento em abril de 2016, demandou a execução de diversas obras e melhorias nas estruturas viárias para o transporte público. Dentre as principais melhorias, a iniciativa implantou duas estações de integração de transporte que recebem os passageiros das linhas coletoras dos bairros, sendo estas conectadas unicamente através de linhas troncais, resultando em um menor número de linhas de ônibus no centro da cidade e consequentemente menor quantidade de veículos pesados. Também foram executados nos corredores de ônibus, pavimentação em concreto, visando uma melhor eficiência de rodagem e redução de número e custo das manutenções [12]. Porém, o transporte público do município continua não atrativo a quem tem possibilidade de não o utilizar.

A superlotação em horários de pico, aliada a uma frequência de viagens menor que o ideal, faz com que muitos favoreçam o uso do transporte individual particular, elevando o número de veículos nas vias e consequentemente os níveis de pressão sonora gerados por eles [1].

O investimento em uma frota de ônibus com características de baixa emissão sonora, ou até mesmo elétricos também é uma medida bastante eficaz para a redução do L_{Aeq} das zonas lindeiras às linhas de transporte público [6].

Uma pavimentação adequada agrega em uma significativa redução dos níveis sonoros gerados pelo contato dos pneus dos veículos aos pavimentos [11].

Um asfalto de qualidade não ocasiona aumento dos níveis de pressão sonora por atrito. Pavimentos de concreto agregam em um aumento médio de 1 dB em função de sua rugosidade [13].

Revestimentos em paralelepípedo geram aumentos significativos dos níveis sonoros, variando de 2 a 3 dB graças a alta rugosidade do pavimento. Uma má manutenção do revestimento asfáltico de uma via, pode acarretar um aumento sonoro na classe dos 8 dB [13].

Assim, se aconselha a criação de um plano de manutenção, a fim de mais rapidamente identificar pontos problemáticos que necessitem de melhorias ou novos sistemas de revestimento, bem como realizar manutenção dos demais revestimentos asfálticos com uma maior frequência, garantindo um melhor conforto acústico ambiental e de tráfego [6].

A pesquisa por materiais de revestimento com propriedades absorvedoras do som e sua implantação nas vias é outra diretriz que pode auxiliar em uma mitigação do problema sonoro [6].

Com relação aos níveis de pressão acústica acima dos máximos recomendados pela norma ABNT NBR 10151:2019 na região de escolas, faculdades, creches, hospitais e lares de idosos, é proposto um estudo sobre o impacto da redução do limite de velocidade nas ruas lindeiras, bem como a implantação de lombas [6].

Sugere-se também que os órgãos competentes intensifiquem a fiscalização de veículos motorizados nas vias, para que seja criada uma consciência de respeito aos limites de



velocidade, bem como identificar e punir motoristas de veículos pesados em vias onde estes não são permitidos. Também seria bastante eficaz realizar uma realocação das paradas de ônibus das regiões do bairro centro do município [6].

Caxias do Sul não possui uma ciclofaixa que facilite o deslocamento dos moradores através do bairro. A implantação de uma infraestrutura deste tipo poderia agregar em uma redução do número de veículos nas ruas e em uma diminuição da superlotação do transporte público, bem como a promoção do bem-estar e saúde dos seus usuários [1].

Localizada no centro histórico, a Avenida Júlio de Castilhos é a mais antiga via pública do município de Caxias do Sul. esta via é caracterizada pelo tráfego de veículos em dois sentidos, canteiro central e pelas calçadas largas. Esta avenida é a principal rua de comércio e tráfego de pessoas da região [14].

O intenso tráfego de pedestres, a pavimentação em paralelepípedos e as estreitas faixas de rodagem, fazem com que o fluxo de trânsito seja vagaroso [1].

De modo a promover uma via favorável ao tráfego de pessoas e comércio, sugere-se uma readequação da avenida na região do centro histórico do município, restringindo o trânsito de veículos apenas para acesso às garagens e carga e descarga de mercadorias.

A Avenida Júlio de Castilhos poderia ser remodelada urbanisticamente para atender às demandas da região. A restrição a veículos na via, tornando-as exclusiva para tráfego de pedestres (salvo veículos que necessitem de acesso às garagens de seus edifícios e veículos de carga e descarga) acarretaria melhores níveis de conforto acústico aos pedestres, moradores e trabalhadores da região. A implantação de uma ciclovia poderia incentivar o uso de transportes ecológicos e de baixo impacto sonoro.

Para a avaliação, gerenciamento de conforto ambiental urbano e adoção de iniciativas com impacto a longo prazo, sugere-se a realização de um estudo de predição sonora. Esta análise de predição possibilita uma previsão do ruído

futuro, com base em cenários sonoros hipotéticos, analisando as diversas possibilidades de evolução do espaço urbano e verificando os impactos causados à região [15].

Elaborar uma previsão dos impactos, pode auxiliar na verificação da eficiência de alguns parâmetros do plano diretor, bem como auxiliar no estudo de viabilidade de obras a serem realizadas não só no bairro centro do município de Caxias do Sul [6].

4.1 Adequações sugeridas a pontos problemáticos

Com base nas análises apresentadas na primeira parte desta pesquisa, onde ficou constatado que todos os pontos avaliados apresentam níveis sonoros acima do recomendado pela NBR 10151:2019 em suas respectivas características urbanas.

De modo a reduzir os níveis de pressão sonora incidentes nas fachadas dos hospitais, que chegam 22 dB acima do recomendado, sugere-se que seja reduzida a velocidade máxima veicular permitida em seus entornos, aliando esta medida a um maior controle pelo poder público quanto à ocorrência de infrações [6].

A Fachada Norte da Escola Presidente Vargas encontra-se exposta a níveis sonoros de até 72 dB. Ou seja 22 dB acima do limite recomendado pela ABNT NBR 10151:2019 para o período diurno. Neste local, além da redução dos limites de velocidade, sugere-se também a aplicação de materiais com propriedades de absorção acústica no revestimento das vias de entorno, além de um estudo sobre o desvio de algumas linhas de ônibus, e/ou alteração do local de paradas de ônibus nas laterais de modo a deixar de passar pelo local [6].

Em todas as instituições anteriormente citadas, também é recomendada a execução de um estudo sobre os níveis sonoros existentes no interior das edificações, de modo a verificar se estão em conformidade ou não com os parâmetros da ABNT NBR 10152:2017 e caso não estejam, deve-se dimensionar corretamente sistemas mitigadores do problema do som de trânsito.

Verificou-se que o alto tráfego de veículos, aliado a características acidentadas da topografia do terreno, ocasiona em níveis sonoros mais elevados [6]. Verificou-se a ocorrência de níveis de pressão sonora na classe dos 84 dB no período diurno, bem acima dos 60 dB recomendados pela norma.

De modo a reduzir os níveis sonoros e melhorar a fluidez do trânsito nestas vias, sugere-se a adequação e incentivo de tráfego em vias alternativas que diminuam o volume de tráfego veicular na região central [1, 6].

Os mapas sonoros gerados na primeira parte da pesquisa, podem servir de base para demais estudos acadêmicos, bem como no dimensionamento de sistemas de atenuação sonora em adequações e novas edificações.

5 CONSIDERAÇÃO FINAIS

A preocupação com controle dos níveis sonoros externos é recente no Brasil. Algumas cidades se empenham para fazer um diagnóstico dos problemas e apresentar medidas corretivas e ações eficazes de planejamento

O objetivo de analisar o mapa de ruído de trânsito de veículos, a fim de propor diretrizes para o plano diretor, no que tange o planejamento urbano do bairro Centro de Caxias do Sul, para redução de incômodo e malefícios gerados por ele foi atendido com apresentação de propostas de diretrizes para planejamento urbano da região, a fim de mitigar o problema acústico da região e planejar a área para as situações futuras.

Particularidades da morfologia urbana, como as acentuadas variações níveis topográficos e a existência de barreiras de edifícios desempenham um forte impacto na redução da dissipação e no aumento dos níveis sonoros na região.

Mas a elaboração de uma legislação e de documentos que apresentem graficamente o nível médio de pressão sonora por si só não amenizam o problema. O monitoramento contínuo, o estudo, análise e divulgação dos resultados e a elaboração de um plano de ações que lenifiquem o impacto nas áreas mais críticas

e identifique áreas de possíveis problemas futuros, representam a importância da elaboração do mapa de ruídos da região estudada.

REFERÊNCIAS

[1] ABREU, Giselle Kristina Mendonça. Planejamento Urbano e atividades econômicas: Balanço das experiências da cidade de São Paulo, São Paulo: USP, 2017.

[2] European Environmental Agency – EEA, Environmental noise in Europe, 2020. LU: Publications Office, 2020.

[3] SHEBALJ, Vera Lucia de campos Corrêa. Desempenho acústico no pós-uso. 1ª edição, São Paulo: Leud, 2017.

[4] WHO, World Health Organization. Night Noise Guidelines for Europe. Copenhagen, 2009. Disponível em: <http://www.euro.who.int/pubrequest>

[5] BISTAFA, Sylvio R.. Acústica aplicada ao controle de ruído. 2ª edição, São Paulo: Blucher, 2011.

[6] YANAGIYA, Teddy Kaeriyama. Métodos para redução do ruído urbano nas cidades brasileiras. Dissertação (Mestrado em Inovação na Construção Civil), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021

[7] PATRÍCIO, Jorge. Acústica nos edifícios. 7ª edição, Porto, Portugal: Engebook, 2018, 402 páginas.

[8] 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.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10152 – Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.

[10] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Cidades, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/caxias-do-sul>

[11] FLORÊNCIO, Débora Nogueira Pinto. Avaliação do mapa sonoro de tráfego veicular no município de Natal/RN. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

[12] MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL. Lei Complementar nº 589, de 19 de novembro de 2019 – PLANO DIRETOR MUNICIPAL. Prefeitura de Caxias do Sul, 2019.



[13] BRAUNSTEIN + BERNDT. Online user's guide. SoundPLAN LLC. Manual versão 5.0. Disponível em: <http://www.soundplan.com>

[14] ANTONIAZZI, Asdrubal. Simulação computacional de ambientes históricos: procedimentos metodológicos para estudo de caso na Praça Dante Alighieri e no entorno imediato. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2009.

[15] MENESES, Tamáris da Costa Brasileiro. Mapa de ruído como ferramenta para o planejamento territorial a partir da análise da população exposta: estudo de caso na área de influência da Rodovia Transamazônica (BR-230) na região metropolitana de João Pessoa/PB. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.