



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 I: Elaboração e análise

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

A poluição sonora proveniente do tráfego de automóveis é um dos principais problemas ambientais dos centros urbanos, podendo ser considerado como questão de saúde pública, dada a enorme gama de problemas decorrentes da exposição à elevados níveis de pressão sonora por longos períodos. O presente estudo é dividido em duas partes, sendo o objetivo do presente artigo apresentar as etapas de elaboração de um mapa de ruídos de tráfego de uma região do bairro Centro do município de Caxias do Sul, bem como uma análise detalhada dos dados obtidos. Obteve-se mapa sonoro através de simulações com o software SoundPLANessential, a partir de dados acústicos, morfológicos, meteorológicos e de trânsito obtidas da área de estudo. As medições acústicas de campo foram realizadas conforme recomendado pela ABNT NBR 10151:2019, em locais selecionados de forma randômica e os resultados destas medições foram encaminhados ao itt PERFORMANCE/Unisinos, que realizou a calibração dos níveis sonoros equivalentes LAeq. Constatou-se que todos os pontos de medição apresentavam níveis de pressão sonora acima do recomendado pela ABNT NBR 10151:2019. Após a obtenção de todos os parâmetros necessários para a inserção ao software de simulação realizou-se um estudo da configuração de dados, a fim de identificar a que melhor representasse a realidade sonora da região de estudo. Através da simulação, obteve-se o mapa de ruídos para o período diurno (Ld). Verificou-se a existência de níveis sonoros ponderados em A que alcançavam até 84 dB no cruzamento da Rua Pinheiro Machado com a Rua Borges de Medeiros, devido ao relevo do local. Os níveis sonoros ponderados em A exteriores aos Hospitais e a escola alisada encontram-se acima do recomendado, chegando a 22 dB acima do limite estabelecido.

Palavras-chave: Mapa de ruídos, 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 I: Elaboration and analysis

Abstract

Noise pollution from car traffic is one of the main environmental problems in urban centers and can be considered a public health issue, given the huge range of problems resulting from exposure to high levels of sound pressure for long periods. The present study is divided into two parts, and the objective of this article is to present the stages of the elaboration of a traffic noise map in a region of the city center of Caxias do Sul/Brazil, as well as a detailed analysis of the data obtained. A sound map was obtained through simulations with the SoundPLANessential software, from acoustic, morphological, meteorological and traffic data obtained from the study area. Field acoustic measurements were performed as recommended by the brazilian a technical standard ABNT NBR 10151:2019, at randomly selected locations and the results of these measurements were forwarded to itt PERFORMANCE/Unisinos, which calibrated the LAeq. It was verified that all measurement points had sound pressure levels above the recommended. After obtaining all the necessary parameters for insertion into the simulation software, a study of the data configuration made, to identify the configuration with the major similarity to the sound reality of the region. Through the simulation, the noise map for the daytime period (Ld) was obtained. Sound levels A-weighted that reached up to 84 dB was found at the intersection of Rua Pinheiro Machado and Borges de Medeiros, due to the relief of the place. The sound levels A-weighted outside the Hospitals and the education school are above the recommended, reaching 22 dB above the established limit.

Keywords: Noise Map, noise pollution, traffic, environmental acoustics.



1. INTRODUÇÃO

A expansão das cidades nem sempre está atrelada ao seu desenvolvimento urbano. Ao mesmo tempo em que ocorre um crescimento populacional, verifica-se também um aumento da demanda por melhorias urbanas em áreas de maior densidade populacional [1]. 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 [2].

Assim, o presente estudo visa elaborar e analisar um mapa de ruídos de uma região do Bairro Centro do município de Caxias do Sul. De modo a cumprir o objetivo principal e guiar a pesquisa foram elaborados também os objetivos secundários: Determinar o nível sonoro L_{dn} da região central de Caxias do Sul; comparar os dados obtidos em simulação com os reais a fim de validar o modelo; avaliar os níveis de ruído e o desenho urbano conforme norma técnica ABNT NBR 10151:2019 e literatura;

A relevância para a realização do estudo se existe porque o município de Caxias do Sul, segundo o IBGE [3], é a 45ª maior cidade do país e 2ª maior do estado do Rio Grande do Sul, com população estimada de mais de 520 mil habitantes. A frota de veículos do município teve um aumento de 93% de 2006 a 2021 e no período não houve significativa alteração na infraestrutura viária [3].

O gerenciamento de tráfego é uma das ações que mais tem efeito no controle acústico das vias e para que se execute este gerenciamento, é fundamental a existência de um mapeamento dos ruídos da região [4].

O presente estudo organiza-se em duas partes, sendo a primeira delas apresentada neste artigo, e tem como objetivo elaborar e analisar um mapa de ruídos de uma região do Bairro Centro do município de Caxias do Sul. A segunda parte, em uma publicação a 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.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

O Mapa de Ruído é uma ferramenta de diagnóstico dos problemas sonoros de uma cidade, que pode servir de apoio às tomadas de decisões no que se remete ao planejamento do território e de gestão da poluição sonora em ambientes urbanos. O mapa apresenta uma representação geográfica dos níveis sonoros no ambiente urbano externo, onde se é possível visualizar o traçado urbano juntamente com isolinhas de nível sonoro contínuo ou equivalente ponderados e A da região, expressos na unidade dB [5].

O nível sonoro equivalente é utilizado para obtenção de valores de níveis de pressão sonora média durante um determinado período de registro. Define-se nível sonoro equivalente (L_{eq}) como o nível sonoro médio, pois se este ocorresse durante todo intervalo de registro geraria a mesma energia sonora produzida pelos eventos sonoros registrados [6].

O chamado nível dia e noite (L_{dn}) é um sistema similar ao L_{eq} , porém, o cálculo resulta em uma média para um intervalo de 24 horas. A diferença é que são acrescidos um total de 10 dB ao cálculo do período noturno (das 22 às 07 horas), visto que por ser o período de repouso da maioria das pessoas, as atividades sonoras neste período vêm a representar um incômodo maior do que durante o dia [6].

A reverberação ocorre quando uma determinada onda sonora encontra uma barreira sólida 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 [7].

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 [6].

A metodologia CNOSSOS-EU (*Common Noise Assessment Methods in Europe*) aponta diretrizes para padronizações do estudo da pressão sonora proveniente do tráfego rodoviário, ferroviário, aeronáutico e industrial. Esta utiliza dados morfológicos, de tráfego, meteorológicos, e acústicos na realização do cálculo e representação de mapas de ruído [8].

Tratando-se de Normas técnicas brasileiras, as de maior importância com relação à acústica ambiental, são a ABNT NBR 10151:2019 – Acústica: Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas 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 [16].

A ABNT NBR 10151:2019, estabelece condições para avaliação de aceitabilidade do som em comunidades, havendo ou não reclamações de pessoas que se sintam prejudicadas pelo barulho. Esta norma indica um método para a medição acústica externa e aplicação de correções nos níveis medido, os valores limites de níveis de pressão sonora de acordo com o tipo de área. O método apresenta critérios para medições do nível de pressão sonora equivalente (LA_{eq}) em dB [16]

Complementando a NBR 10151:2019, que tem enfoque principal nas áreas urbanas, o Brasil possui a 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 [16].

3. MÉTODO

O presente capítulo aborda a metodologia utilizada na elaboração do mapa de ruídos.

3.1 Delimitação da região

A região delimitada pela pesquisa compreende um recorte do bairro Centro do município de Caxias do Sul. O mapeamento tem como delimitações sul, leste e oeste, as ruas de divisa

do bairro centro, que são respectivamente a Rua Os Dezoito do Forte, Rua Treze de Maio e Rua Moreira César. A delimitação norte da área de estudo será 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 metodologia tida como diretiva na elaboração do mapa de ruídos desta pesquisa, utiliza como parâmetro a normativa europeia CNOSSOS-EU [8]. Essa normativa europeia foi adotada porque o Brasil ainda não possui uma norma técnica relacionada ao tema em questão. A normativa supracitada apresenta resultados com maiores semelhanças à realidade acústica dos centros urbanos brasileiros, conforme pesquisa de Pozzer; Pierrard; Holtz [9].

O recurso computacional de simulação acústica utilizado na pesquisa é o software alemão *SoundPLANessential* versão 5.0. Neste software, é possível selecionar a diretriz internacional desejada, A norma europeia CNOSSOS-EU, a que veio a ser utilizada como parâmetro na pesquisa, é também atendida pelo software [10].

A elaboração dos mapas seguiu o procedimento estabelecido por Florêncio [11], apresentado na Figura 01.

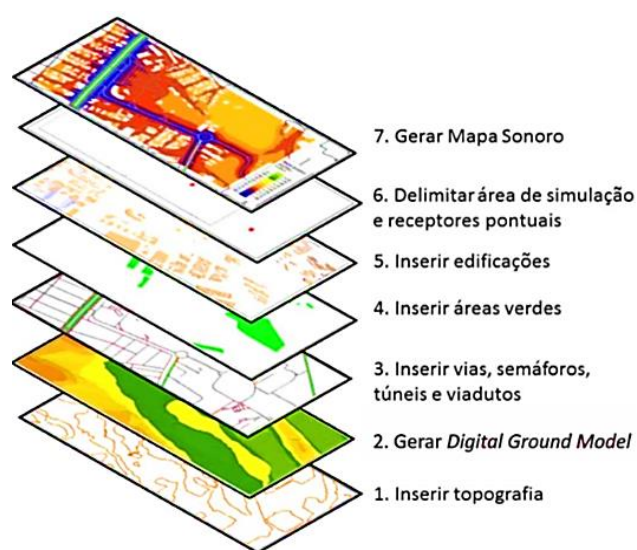


Figura 1: Ordem de inserção de dados no software de simulação sonora (retirado de Florêncio [11]).



Para facilitar o processo de inserção de dados, foi criado no software AUTODESK AutoCAD um arquivo contendo todas os elementos urbanísticos e de topografia utilizados na simulação, tendo sido este adaptado do arquivo obtido na plataforma GeoCaxias [12]. Cada elemento ou conjunto de elementos com as mesmas características, foi separado com uma camada específica, para assim, facilitar a importação dos dados ao *SoundPLANessential*.

A simulação do mapa acústico no *SoundPLAN* *Essential*, necessita da inserção de dados e características obtidos em levantamentos físicos da área estudada [10]. A fim melhor organizar os métodos de obtenção destes dados, Brasileiro [13] em sua pesquisa os dividiu, então, em quatro categorias:

- a. Morfológicos – com características que se relacionam ao mapeamento físico/morfológico da área;
- b. Meteorológicos – com características relacionadas ao clima;
- c. Tráfego – quantificação e caracterização do volume de tráfego;
- d. Acústico – caracterização e quantificação dos níveis sonoros existentes no bairro.

Volume de Tráfego foi obtido pela contagem de veículos das vias da região estudada em horários diferentes dos de maior tráfego (8-12 h e 13-17 h), separando-os em suas respectivas categorias (leves, médios, pesados e motocicletas) [8] e

posteriormente, a multiplicação do resultado para 60 minutos.

Simultaneamente a contagem de veículos, a fim de comprovar e validar os dados obtidos pela simulação computacional, foram realizadas medições de nível sonoro em campo, conforme feito no estudo de Florêncio [11].

A partir da área delimitada ao estudo, os pontos de medição foram distribuídos de modo a abranger diferentes características do trânsito da área de estudo. Os pontos localizam-se distantes de fontes de ruído que não seja o trânsito, para que não ocorressem interferências nos resultados das medições [13]. Respectivamente a localização do ponto de medição na área e sua rua de referência são apresentados na Figura 02 e no Quadro 01

Quadro 01: Identificação dos pontos de medição em campo.

Nº	IDENTIFICAÇÃO
1	Av. Júlio de Castilhos
2	Rua Moreira César
3	Rua Ernesto Alves
4	Rua Moreira César
5	Rua Visconde de Pelotas
6	Rua Os Dezoito do Forte
7	Rua Sinimbú
8	Rua Vereador Mario Pezzi
9	Rua Os Dezoito do Forte
10	Rua Treze de Maio 01
11	Rua Treze de Maio 02
12	Av. Júlio de Castilhos
13	Av. Júlio de Castilhos
14	Rua Sinimbú



Figura 2: Pontos de medição de campo (Adaptado do GeoCaxias [12]).

Os procedimentos utilizados nas medições de campo, bem como o posicionamento dos equipamentos de medição, seguiram as recomendações estabelecidas pela norma ABNT NBR 10151:2019.

Com o propósito de facilitar a interpretação dos resultados, foi apresentada uma análise detalhada do mapa acústico resultante da simulação. Fez-se uma correlação dos resultados com as características morfológicas da área, de modo apresentar a razão pela qual este índice foi atingido.

4. DESENVOLVIMENTO

No presente item, estão contidas as informações referentes a coleta dos dados necessários para o processo de modelação do mapa de ruídos da região estudada.

4.1 Dados acústicos e de tráfego

As medições acústicas de campo, juntamente com a contagem de veículos, foram realizadas durante o dia 14 de agosto de 2019.

Paralelamente às medições acústicas, realizaram-se os procedimentos de contagem de veículos e classificação deles por categoria, conforme o percentual de veículos passantes.

Os níveis de pressão sonora já calibrados pelo itt performance, bem como a contagem e percentual por categoria de veículos foram representados na Tabela 1.

Tabela 01: Níveis de pressão sonora e contagem de veículos.

Ref.	NPS	Veículos/hora				
	LAeq (dB)	Total	Leves	Méd.	Pes.	Mot.
P01	66,3	804	64%	24%	4%	7%
P02	63,6	684	63%	21%	11%	5%
P03	68,6	972	60%	28%	10%	1%
P04	70,2	972	56%	26%	11%	7%
P05	65,1	756	70%	14%	10%	6%
P06	68,1	1908	74%	17%	6%	4%
P07	67,6	1584	67%	18%	7%	8%
P08	68,2	684	70%	19%	9%	2%
P09	68,4	1080	68%	20%	7%	6%
P10	69,0	924	68%	22%	8%	3%
P11	65,7	672	79%	11%	5%	5%
P12	67,0	540	76%	18%	2%	4%
P13	65,2	528	77%	11%	2%	9%
P14	69,4	1656	70%	12%	9%	9%

4.2 Dados climáticos

Os dados climáticos médios anuais da região foram obtidos do documento mais recente dos normais climatológicas do Brasil até então, obtendo um valor da pressão atmosférica na classe dos 1012 hPa e 18 °C de temperatura [14].

4.3 Morfologia urbana

O arquivo contendo informações sobre a morfologia da área estudada em formato DXF foi obtido através da plataforma GeoCaxias da Prefeitura Municipal de Caxias do Sul [12]. Neste, foi possível obter dados referentes à topografia, edificações, arruamentos e demais elementos urbanos. Após, foram separados os itens por camadas específicas de modo a facilitar a entrada de dados no software de simulação.

Os demais dados, como tipo de pavimentação, sentido e largura das ruas, foram obtidos através de pesquisas de campo e estão dispostos na Tabela 2. Esta também apresenta a rua adotada como via de tráfego e características similares, usada no software para representar o tráfego ruas onde não foi realizada medição. A velocidade máxima permitida nas vias analisadas é de 40 km/h.

Tabela 02: Características das vias de tráfego.

nº	Ident. Ruas	Sentido	Pavim.	Larg. (m)	Semel.
1	Moreira César	Norte-Sul	Asfalto	10	
2	Mar. Floriano	Sul-Norte	Asfalto	8	1
3	Garibaldi	Norte-Sul	Asfalto	8	1
4	Visc. de Pelotas	Sul-Norte	Asfalto	8	
5	José Montauray	Norte-Sul	Asfalto	8	13
6	Marq. do Herval	Sul-Norte	Asfalto	8	13
7	Borg. Medeiros	Norte-Sul	Asfalto	7	13
8	Alfredo Chaves	Sul-Norte	Asfalto	8	13
9	Guia Lopes	Norte-Sul	Asfalto	8	15
10	Andrade Neves	Sul-Norte	Asfalto	8	15
11	Venâncio Aires	Ambos	Paralel.	8	15
12	Pedro Tomasi	Ambos	Asfalto	8	15
13	Ver. Mario Pezzi	Norte-Sul	Asfalto	8	
14	Coronel Camisão	Duplo	Asfalto	7	15
15	Treze de Maio	Dup/Sul-Nrt	Asfalto	8	
16	Ernesto Alves	Oeste-Leste	Asfalto	10	
17	Vint de setembro	Leste-Oeste	Asfalto	9	16
18	Bento Gonçalves	Oeste-Leste	Asfalto	10	16
19	Pinheiro Machado	Leste-Oeste	Asfalto	12	20
20	Sinimbu	Oeste-Leste	Asfalto	12	
21	Os 18 do Forte	Leste-Oeste	Asfalto	12	
22	Júlio de Castilhos	Duplo	Paralel.	4+4	



4.4 inserção dos dados no software

Após obtenção de todos os dados e parâmetros necessários para a obtenção do mapa de ruídos via recurso computacional, deu-se início ao processo de inserção dos dados no software *SoundPLANessential*.

A importação dos dados ocorreu de forma manual, selecionando as camadas do arquivo DXF e inserindo seus dados e parâmetros ao software, tal qual como indicado na Figura 01.

4.5 Calibração do modelo de cálculo

A fim de calibrar e validar os resultados do mapa de ruídos, os pontos de medições de campo foram inseridos no mapa. Realizou-se uma pré-simulação para verificar o nível sonoro incidente nestes pontos receptores, com diferentes parâmetros de cálculo, de modo a encontrar o modelo que mais se assemelha à realidade da área.

O programa calcula o nível de pressão acústica média presente no centro quadrado de uma malha digital e posteriormente realiza uma interpolação com os valores obtidos nas malhas vizinhas, para representar graficamente a transição dos níveis de pressão sonora do centro de uma malha até a outra [10].

A escolha da dimensão de cada quadrado da malha de cálculo vai de acordo com uma relação entre o nível de precisão desejado ao mapa e a quantidade de tempo desejada para a finalização do cálculo [10]. São apresentados na Tabela 3 os valores dos níveis de pressão acústica equivalentes obtidos nas medições de campo, os valores da simulação para malhas de cálculo de 10x10m, 12,5x12,5m, 7,5x7,5m e de 5x5m, além da diferença entre o real e o simulado.

Florêncio [11] e Brasileiro [13] adotaram em seus respectivos estudos uma variação máxima de ± 2 dB nesta comparação. Assim, o espaçamento da malha de cálculo que melhor representa a região analisada no estudo é de 5x5 m.

A taxa de reflexão adotada foi de uma reflexão, isto é, apenas uma reverberação, utilizando o coeficiente de absorção de 0,2 para edifícios de

gabarito superior a 6 m e 0,4 para as edificações menores, conforme estabelecido por Pozzer; Pierrard; Holtz [9].

Tabela 03: Nível de pressão sonora ponderado em A das pré-simulações.

Id.	NPS calibr. (dB)	Valores obtidos nas simulações teste e diferença em relação ao medido (dB)							
		Grade 12,5x12,5m		Grade 10x10m		Grade 7,5x7,5m		Grade 5x5m	
		NPS	Dif.	NPS	Dif.	NPS	Dif.	NPS	Dif.
P01	66,3	61,8	-4,5	65,1	-1,2	67,3	1,0	67,8	1,5
P02	63,6	67,4	3,8	68,2	4,6	66,2	2,6	65,6	2,0
P03	68,6	68,8	0,2	67,3	-1,3	68,6	0,0	69,0	0,4
P04	70,2	72,0	1,8	68,1	-2,1	71,8	1,6	72,2	2,0
P05	65,1	70,3	5,2	67,2	2,1	67,3	2,2	67,0	1,9
P06	68,1	68,9	0,8	65,7	-2,4	68,6	0,5	69,1	1,0
P07	67,6	70,9	3,3	67,7	0,1	70,4	2,8	68,5	0,9
P08	68,2	67,6	-0,6	66,9	-1,3	67,4	-0,8	67,8	-0,4
P09	68,4	68,4	0,0	65,7	-2,7	68,2	-0,2	68,7	0,3
P10	69	67,1	-1,9	64,3	-4,7	66,9	-2,1	68,4	-0,6
P11	65,7	63,7	-2,0	65,2	-0,5	63,5	-2,2	65,1	-0,6
P12	67	66,2	-0,8	65,2	-1,8	66,0	-1,0	66,5	-0,5
P13	65,2	67,0	1,8	64,6	-0,6	66,8	1,6	67,2	2,0
P14	69,4	70,9	1,5	67,1	-2,3	70,4	1,0	70,8	1,4

4.6 Mapa sonoro da região estudada

Após inseridas todas as características da região e calibrados os parâmetros, deu-se início ao concebimento do mapa de ruídos no *SoundPLANessential*. Ao término do cálculo, o software gerou uma representação gráfica dos níveis sonoros para o período diurno (Ld) representado na Figura 3.

No mapa gerado pelo software é possível constatar que as edificações e seus usuários localizados nas faixas lindeiras de vias são mais comumente expostos a níveis de pressão sonora acima do recomendado pela ABNT NBR 10151:2019. Em contrapartida, observa-se uma redução de exposição nas fachadas das edificações com um recuo frontal maior. O plano diretor de Caxias do Sul estabelece que para edificações localizadas na zona ZCI não é exigido afastamento frontal a nenhuma atividade [15].

A ABNT NBR 10151:2019 [16] diferencia os níveis critério de avaliação de acordo com o tipo predominante de ocupação da área. O bairro Centro de Caxias do Sul caracteriza-se por ser uma área mista, com vocação principal

comercial ou administrativa. Para regiões com estas características, a norma recomenda níveis

de até 60 dB para o período diurno e 55 dB para o noturno.

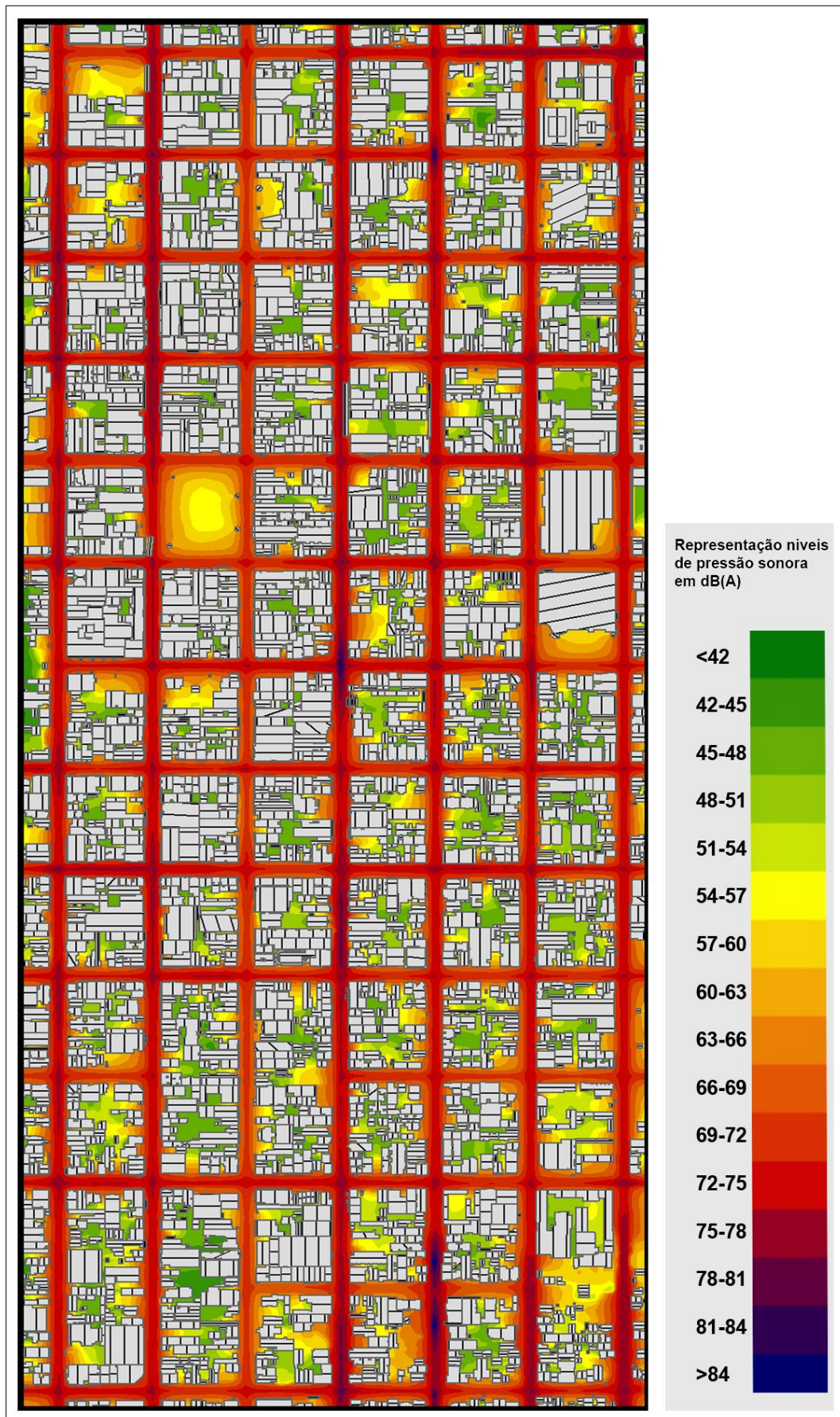


Figura 3: Mapa de ruído diurno.



4.7 Avaliação pontos específicos

Dentre os níveis de pressão sonora máximos para ambientes externos recomendados pela ABNT NBR 10151:2019 apresentados no Quadro 02, destaca-se que em regiões onde existam estruturas hospitalares ou escolares, os níveis máximos recomendados para o dia e noite são respectivamente 50 e 45 dB [16].

Quadro 01: Limites de níveis de pressão sonora (RL_{Aeq}), recomendados pela ABNT NBR 10151:2019, em dB [16].

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
Área predominantemente industrial	70	60

A Organização mundial da saúde [17] ressalta que ambientes como escolas e universidades necessitam de uma ausência de influências externas, para que o rendimento dos estudantes não seja comprometido, bem como o dos professores, que necessitam falar mais alto para lecionar, podendo ocasionar danos às cordas vocais e síndrome de Burnout. Já os leitos hospitalares necessitam de silêncio para que o repouso dos pacientes não seja comprometido e aumente o tempo de recuperação [17]

Analizando a localização de infraestruturas públicas da região verificou-se que as fachadas do Hospital Nossa Senhora de Pompéia encontram-se majoritariamente sobre incidência de níveis sonoros acima do recomendado, tanto no período diurno (Ld) quanto noturno (Ln), como pode ser observado na Figura 4.

Conforme observado na Figura 4, o recuo do edifício principal junto à Avenida Júlio de Castilhos, auxilia na atenuação sonora para sua respectiva fachada, fazendo com que esta esteja submetida a um menor nível de incomodo. Mas os leitos voltados em direção à Rua Marechal

Floriano e as futuras instalações voltadas à Rua Pinheiro Machado, estão submetidas a níveis sonoros de 72 dB para o período Ld.

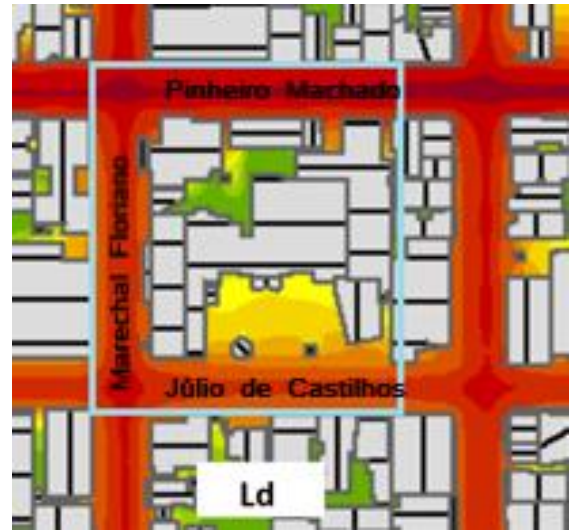


Figura 4: Análise hospital Pompéia.

O Hospital Saúde, representado pela Figura 5, é uma instituição privada de saúde. Localizada na rua Vinte de Setembro, entre as Ruas Marechal Floriano e Rua Garibaldi, possui um recuo frontal menor que o do Hospital Pompéia, e consequentemente, menor incidência de som proveniente da via e trânsito frontal. Os leitos localizados nesta fachada estão expostos níveis médios diurnos de 63 dB.

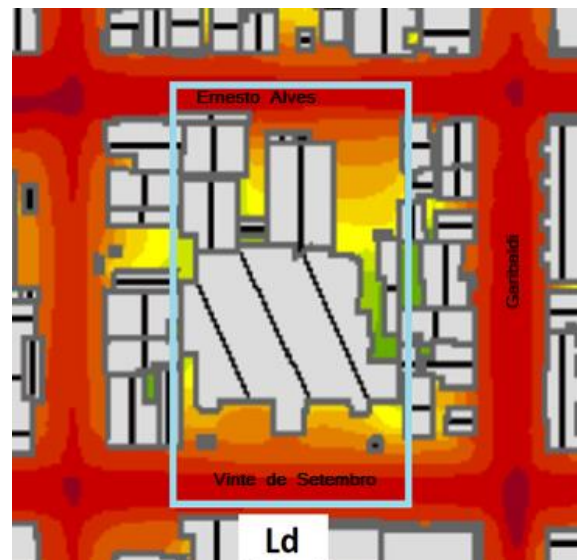


Figura 5: Análise Hospital Saúde.

Segundo a Figura 5 a fachada traseira do Hospital, situada na Rua Ernesto Alves, encontra-se exposta à 69 dB durante o período

diurno. Conclui-se que segundo às normativas estudadas, o Hospital Saúde está exposto a níveis sonoros bem acima do recomendado [16].

A praça Dante Alighieri, importante ponto turístico situado no centro histórico do município, é rodeada pelas Ruas Sinimbú, Dr. José Montauray e Andrade Néves e pela Avenida Júlio de Castilhos (Figura 6).

Definida como um local de lazer e grande número de visitantes, a praça é cercada por ruas de tráfego significativamente elevado e não possui nenhuma barreira de controle efetivo à saúde dos seus usuários. O que garante uma atenuação acústica no local é o distanciamento das vias, que faz com que os níveis de pressão sonora partam da 69 dB nas áreas lindeiras às vias, chegando a 54 dB no centro da praça no período diurno conforme a Figura 6.

Analisando a Figura 6 e comparando com o recomendado pela ABNT NBR 10151:2019 [16] para a categoria Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo, constatou-se que as faixas lindeiras à todas as vias superam os 65 dB recomendados pela norma, mas com o distanciamento, os níveis de pressão sonora são mitigados, fazendo com que a área esteja enquadrada dentro dos parâmetros impostos.

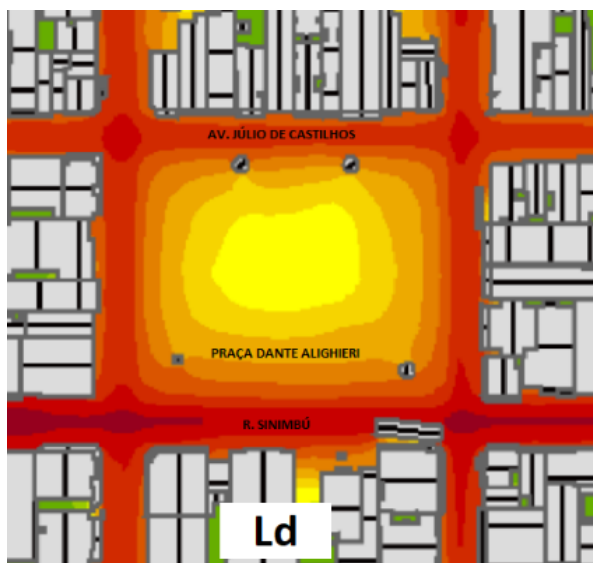


Figura 6: Análise Praça Dante Alighieri.

A vegetação existente talvez ocasione em uma pequena alteração nos níveis de pressão sonora da Praça Dante Alighieri, mas esta foi

desconsiderada no presente estudo por não possuir extensão e densificação suficiente conforme estudo de Florêncio [11].

Ao Sul, a praça Dante Alighieri é margeada pela Rua Sinimbú, a via com maior número de veículos na região. Esta, como demonstrado na Figura 18, possui níveis de pressão sonora média bastante elevados, na classe dos 70 dB para o período diurno.

Ao Norte, o acesso à praça é feito pela Avenida Júlio de Castilhos. Esta possui características singulares em relação as demais vias da região. Pista de mão dupla com apenas uma pista de rodagem para cada região separadas por canteiros centrais. A via possui calçadas largas e possui um tráfego intenso de pedestres.

Os níveis sonoros médios no período diurno nas áreas lindeiras à Av. Júlio de Castilhos são de 66 dB, conforme a Figura 6. A via possui um tráfego de veículos médio menor que as ruas vizinhas, mas possui pavimentação em paralelepípedos, o que agrava os níveis sonoros [11].

Escola Presidente Vargas (Figura 7) é uma instituição estadual que comporta cerca de 670 estudantes do ensino fundamental e EJA. Está localizada na Rua Visconde de Pelotas na esquina com a Rua Bento Gonçalves. Ao lado da escola, na Rua Visconde de pelotas, funciona o Museu Municipal de Caxias do Sul.

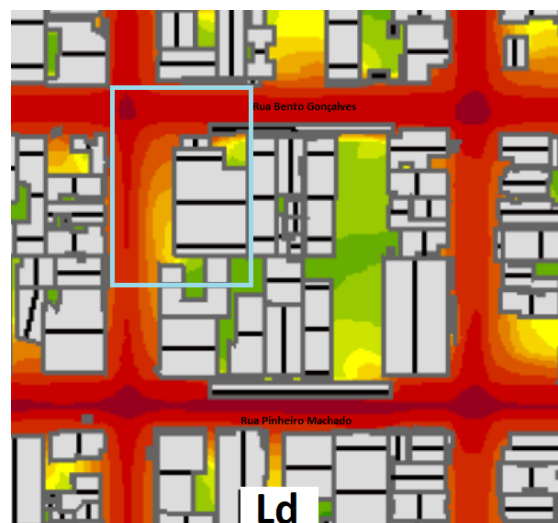


Figura 7: Análise acústica ambiental urbana da Escola Presidente Vargas.



A fachada do museu possui um reduzido recuo frontal em relação à rua, o que, segundo a Figura 19, o expõe a níveis sonoros médios de 63 dB durante o período de funcionamento.

A fachada oeste Escola Presidente Vargas está locada no terreno com um recuo maior que o Museu municipal, segundo evidenciado na Figura 7, o que agrega em uma moderação nos níveis de pressão acústica incidentes nas fachadas, porém, estes ainda se encontram elevados para o período de funcionamento da escola, chegando um valor médio de 60 dB.

A fachada norte da escola está voltada à Rua Bento Gonçalves, próximo a uma parada de ônibus que atende diversas linhas. Esta fachada não possui afastamento da via, a principal razão que faz com que este esteja exposta, segundo Figura 19, a uma grandeza sonora de 72 dB, valor muito superior aos 50 dB recomendados pela ABNT NBR 10151:2019 para zonas escolares [16].

Dentre os pontos maiores níveis de pressão acústica, destaca-se o cruzamento da Rua Pinheiro Machado com a Rua Borges de Medeiros (Figura 8), chegando a atingir 84 dB no período diurno. Esta característica também é observada na Rua Bento Gonçalves junto à Rua Marechal Floriano.

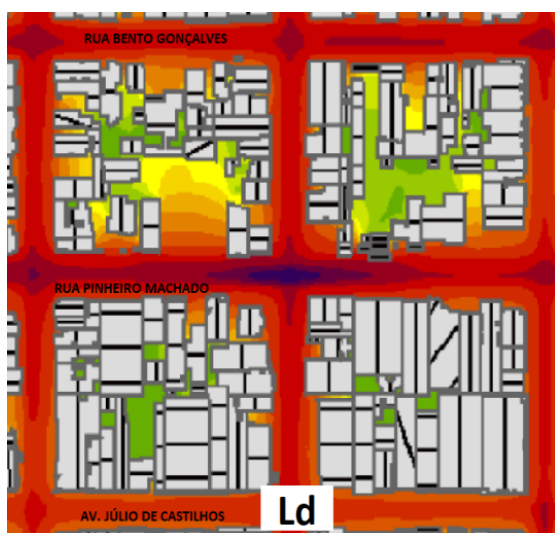


Figura 8: Análise acústica ambiental urbana do pior local observado.

Através de pesquisa de campo, verificou-se o local em questão está localizado ao fim de um

pequeno declive e antes de um forte aclive na Rua Pinheiro Machado. Em pontos como este, é comum que ocorra uma aceleração dos veículos visando ganhar mais velocidade e força para atingir o topo da elevação geográfica.

Para que seja mantida uma velocidade constante do veículo em trechos com aclividade, é preciso aumentar a potência do motor do veículo aumentando seu número de RPM, reduzindo a uma marcha mais curta [1].

Em situações como esta, os altos níveis de pressão sonora tem como principais fontes o motor e o escapamento de gases. Veículos pesados, tendem a aumentar a potência do motor, algumas vezes até próximo ao valor máximo de modo a conseguir vencer a aclividade. Para os veículos leves, esta situação ocorre menos frequentemente, pois muitas vezes não se faz necessário o aumento na potência [1].

Incrementar na aceleração com uma marcha mais baixa, agrega em uma maior rotação do motor, e consequentemente maiores níveis de barulho. Ainda, em aclives acentuados, ocorre uma redução da velocidade média dos veículos, fazendo com que o tempo de exposição ao som seja superior ao normal [1].

5 CONSIDERAÇÃO FINAIS

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 acima do recomendado pelas normas de controle e pela OMS.

A preocupação com controle dos níveis sonoros externos é recente no Brasil. Algumas cidades como o município de São Paulo se empenham para fazer um diagnóstico dos problemas e apresentar medidas corretivas e ações eficazes de planejamento. Caxias do Sul, ainda não mostrou preocupação com este tema. Porém, o presente estudo demonstrou a existência de problemas sonoros em níveis similares aos de grandes cidades. A pesquisa também observou

que é possível a análise e a correção dos maiores problemas acústicos.

Os objetivos do presente estudo, foram todos atingidos, conforme descrição a seguir:

O objetivo específico “determinar o nível sonoro L_{dn} da região central de Caxias do Sul” foi alcançado com a elaboração e calibração dos mapas de ruído diurno e noturno, assim, fica determinado o nível sonoro em toda a área estudada.

Os resultados das medições apresentaram valores de pressão sonora além do ideal. Todos os quatorze pontos de medição em campo apresentaram níveis de pressão sonora acima do limite recomendado pela ABNT NBR 10151:2019. Os mapas de ruído obtidos no estudo, devidamente calibrados e validados, apresentam graficamente os níveis acústicos de toda a região estudada e os resultados mostraram-se alarmantes, visto que as zonas lindeiras à maioria das vias apresentam valores acima dos recomendados pela norma.

Os pedestres, motoristas e demais pessoas em meio externo estão submetidas a níveis de barulho 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.

A coleta de dados, e simulação no software *SoundPLANessential*, mostrou-se um procedimento replicável a outros estudos. Mas a inexistência de uma norma nacional, desenvolvida conforme as características da morfologia urbana brasileira, agrega em uma dificuldade maior para a obtenção do modelo de cálculo correto, e variações de métodos utilizados em estudos realizados por autores diferentes, que seguem diretrizes de outros países e regiões.

Para o objetivo específico de “comparar os dados obtidos em simulação com os reais a fim de validar o modelo” foi necessário comparar os dados sonoros obtidos nas medições de campo, devidamente calibrados pelo *itt Performance/Unisinos*, com os valores obtidos nos receptores posicionados na mesma

localização geográfica do mapa. Foram testadas algumas configurações de parâmetros de simulação, até que obterem-se valores com variação inferior a ± 2 dB entre o real e o simulado, garantindo assim uma validação do modelo de cálculo e dos resultados do mapa.

Em “avaliar os níveis de ruído e o desenho urbano conforme norma técnica ABNT NBR 10151:2019 e literatura” optou-se por realizar uma análise de pontos estratégicos, comparando os valores com os limites impostos pela norma e foram apresentadas teorias da razão da ocorrência do problema.

Assim, com todos os objetivos secundários atingidos, ficou expressa a realização do objetivo principal da pesquisa de elaborar e analisar um mapa de ruídos de uma região do Bairro Centro do município de Caxias do Sul.

REFERÊNCIAS

- [1] ABREU, Giselle Kristina Mendonça. Planejamento Urbano e atividades econômicas: Balanço das experiências da cidade de São Paulo, São Paulo: USP, 2017.
- [2] SHEBALJ, Vera Lucia de campos Corrêa. Desempenho acústico no pós-uso. 1ª edição, São Paulo: Leud, 2017.
- [3] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Cidades, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/caxias-do-sul>
- [4] SANTOS, Luís Conde; VALADO, Fátima. O Mapa de Ruído Municipal como Ferramenta de Planejamento. Acústica 2004. Guimarães, Portugal, 2004.
- [5] GARAVELLI, Sérgio Luiz. Contaminação acústica em águas claras devido ao tráfego rodoviário. XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, Porto Alegre, 2018.
- [6] BISTAFA, Sylvio R.. Acústica aplicada ao controle de ruído. 2ª edição, São Paulo: Blucher, 2011.
- [7] ARAÚJO, Ernando Soares. Avaliação do ruído ambiental gerado pelo tráfego de veículos no trânsito do Setor Leste Universitário, em Goiânia/GO,. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2021.
- [8] UNIÃO EUROPEIA. DIRETIVA 2002/49/EC do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de junho de 2002, relativa à Avaliação e Gestão do Ruído Ambiente.



Official Journal of the European Communities, p.12-25, 2002.

[9] POZZER, Talita; PIERRARD; Juan Frías; HOLTZ, Marcos. Desafios de fazer mapas de ruído de grandes cidades brasileiras - Estudos realizados para elaboração do mapa piloto de São Paulo. XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, Porto Alegre, 2018^a.

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

[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] GEOCAXIAS. Geopúblico de Caxias do Sul, Caxias do Sul: Prefeitura Municipal de Caxias do Sul, 2019. Disponível em: <https://geopublico.caxias.rs.gov.br/geocaxias/inicio>

[13] 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.

[14] INMET. Normais climatológicas do Brasil (1981-2010). Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. Brasília, 2018.

[15] MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL. Lei complementar nº 638, de 29 de novembro de 2020 – PLANO DIRETOR MUNICIPAL. Prefeitura de Caxias do Sul, 2020.

[16] 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.

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