ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Comparação entre dois programas de mapeamento sonoro na implantação de edifícios

Comparison between two sound mapping programs in building implementation

Viviane Suzey Gomes de Melo
Universidade Federal de Santa Maria | Santa Maria | Brasil | viviane.melo@ufsm.br
Diego Rafael Vaz Pereira
Universidade Federal de Santa Maria | Santa Maria | Brasil | diegovazp@gmail.com
Lucas Eduardo Pereira Silveira
Universidade Federal de Santa Maria | Santa Maria | Brasil | lucas.silveira@eac.ufsm.br

Resumo

O ruído de tráfego rodoviário tem sido uma das principais fontes de poluição e incômodo em ambientes urbanos, afetando a saúde e o bem-estar dos usuários. O uso de ferramentas computacionais tem sido cada vez mais comum para estimativa dos níveis sonoros incidentes nas fachadas de edifícios, para definição dos materiais construtivos, uma vez que medições sonoras próximas ao nível do solo não são suficientes para andares elevados, cujo campo sonoro pode ser bastante diverso. Este artigo visa apresentar a performance de dois programas de mapeamento sonoro a partir de medições *in situ* para valores do ruído incidente nas fachadas do Museu do Conhecimento da UFSM. A metodologia adotada para as medições acústicas se baseia na norma ABNT NBR 10151:2019, cujos pontos de medição localizam-se nas vias no entorno do Museu. Nas simulações adotou-se, para os dois programas, o mesmo conjunto de dados de entrada e o método de cálculo adotado foi o RLS-90. Os resultados encontrados para os níveis de ruído incidente nas fachadas do Museu, entre os dois programas utilizados, divergiram de 0 a 5 dB, apresentando uma dispersão que pode ser considerada aceitável para *software* de mapeamento sonoro, apontando para uso crescente de simulações acústicas para implantação de edifícios para definição dos materiais construtivos de fachadas.

Palavras-chave: Ruído de tráfego rodoviário. Medições acústicas. Simulações acústicas. Mapeamento sonoro.

Abstract

Road traffic noise has been one of the main sources of pollution and discomfort in urban environments, affecting the health and well-being of users. The use of computer tools is increasingly common to estimate the sound levels incident on the facades of buildings, to define construction materials once sound measurements close to the level are not sufficient to assess the levels in elevated areas. This article aims to present the performance of two sound mapping software based on in situ measurements for noise values incident on the facades of the UFSM Knowledge Museum. The methodology adopted for the acoustic measurements is based on the ABNT NBR 10151:2019 standard, whose measurement points are located on the roads in the

Como citar:
MELO, V. S. G., PEREIRA, D. R. V., SILVEIRA, L. E. P. Comparação entre dois programas de mapeamento sonoro na implantação de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

Museum environment. In the simulations, for both programs, the same set of input data is used, and the RLS-90 calculation method is adopted. The results found for the noise levels incident on the facades of the Museum diverge from 0 to 5 dB between the two programs, presenting a dispersion that can be considered acceptable for sound mapping software, suggesting the increasing use of acoustic simulations for the implementation of buildings to define the construction materials of facades.

Keywords: Road traffic noise. Acoustic measurements. Acoustic simulations. Sound mapping.

INTRODUÇÃO

O ruído ambiental pode afetar as pessoas de várias formas, tanto no trabalho quanto em ambientes de ensino, além dos espaços de lazer, dentre outros. Em ambientes de ensino, alunos precisam de um local com conforto acústico adequado para conseguir absorver o aprendizado. A importância de se ouvir o discurso do professor e entender, com clareza, o que é transmitido torna-se necessário para garantir bom desempenho educacional dos discentes. A inteligibilidade da fala pode ser afetada pelas próprias características da sala de aula, além da presença de ruídos interno e externo [1], causados por equipamentos, conversas, arrastar de cadeiras, ruído de transportes, entre outros.

Segundo Vasconcelos [2] no campus sede da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) circulam, diariamente, mais de 30 mil pessoas, além de estudantes, professores, servidores e trabalhadores terceirizados, há um grande movimento de visitantes e pacientes do Hospital Universitário.

De acordo com os estudos de Pascotini [3] o município de Santa Maria, no Rio Grande do Sul, possui 0,51 carros por habitante. No campus Sede da UFSM, além da circulação de veículos (motocicleta, automóveis e transportes públicos), há um fluxo regular de passagem de aeronaves, com níveis elevados de ruído, devido à proximidade do Campus aos limites da base aérea de Santa Maria (BASM), que abriga o aeroporto municipal.

Com a preocupação em identificar os níveis de ruído presentes na UFSM alunos e pesquisadores do curso de Engenharia Acústica da UFSM realizam, periodicamente, medições de ruído ambiental em pontos estratégicos da cidade universitária. Com a implantação de uma nova edificação no Campus, neste caso, a implantação de um edifício que pretende abrigar o Museu do Conhecimento, que busca desenvolver e divulgar à comunidade de Santa Maria trabalhos nas áreas de artes, ciências humanas, comunicação, educação e música, iniciou-se esta pesquisa com medições e simulações acústicas no entorno do Museu. O local escolhido para implantação desse prédio é mais afastado dos pontos de maior movimentação de pessoas e transportes da universidade, embora se encontre próximo ao centro de convenções e ao hospital veterinário.

Para uma região ou uma edificação específica, estudos que medem os impactos dos ruídos podem ser desenvolvidos. Com a elaboração de mapas de ruído, utilizando parâmetros acústicos, é possível uma melhor visualização da propagação do som e sua mensuração. Essa ferramenta ajuda na percepção do som através de imagem e escala

de cores, o qual suas respectivas intensidades são rotuladas por nível de pressão sonora a partir da aplicação da norma brasileira regulamentadora NBR 10151 [4].

Este artigo visa apresentar a performance de dois programas de mapeamento sonoro a partir de medições *in situ* para valores do ruído incidente nas fachadas (L_{inc}) do Museu do Conhecimento da UFSM. E na construção dos mapas de ruído, que consiste em fazer o planejamento prévio de pontos de medição de níveis de pressão sonora e posterior comparação, análise e simulação dos dados obtidos na coleta e aferição de valores utilizando os programas SoundPLAN Essential 5.1 e CadnaA.

O *software* SoundPLAN Essential 5.1 é uma versão comercial compacta do programa de modelagem em acústica criado em 1986. A versão básica 5.1 é conveniente para pequenos e médios projetos, inclui os módulos de propagação de ruído rodoviário, ferroviário, industrial e o módulo de saída gráfica em planta. É compatível com arquivos DXF (CAD), SHP (*Shapefile*), GIS (Sistemas de Informações Geográficas) e *OpenStreetMap* (OSM). Além de não limitar o número de fontes ou a área simulada, permite a análise de um cenário por projeto [5].

Outro programa comercial, utilizado em mapeamento sonoro, concorrente do SoundPLAN Essential 5.1, é o CadnaA, desenvolvido pela empresa Datakustik, é uma ferramenta de modelagem acústica para desenvolvimento de projetos de diferentes escalas como mapas acústicos [6]. Lançado inicialmente em 1990, ele é utilizado para avaliar e prever a propagação de ruído em ambientes urbanos, sendo muito versátil, oferecendo módulos especializados para ruído rodoviário, ferroviário, industrial e aéreo, suportando os mesmos tipos de arquivos que o SoundPLAN Essential 5.1.

MÉTODO

O método adotado para realização deste trabalho prevê a realização de medições ambientais de som residual e ruído de transportes, para calibração dos modelos de simulação nos programas SoudPLAN Essential 5.1 e CadnaA.

2.1 MEDIÇÕES ACÚSTICAS

A caracterização das vias no entorno do edifício é realizada através de medições de ruído ambiental oriundos do tráfego de veículos, monitorado por, no mínimo 10 minutos [8], para realização deste trabalho optou-se por realizar as medições por 15 minutos em cada ponto selecionado no entorno da edificação.

Para a obtenção dos valores de ruído de tráfego, foram realizadas medições em conformidade com a norma NBR 10151 [4] para procedimentos e critérios acústicos, e em conformidade com a norma internacional ISO 1996-2 [8], que especifica métodos para realizar o monitoramento de ruído ambiental, equações e posicionamento de instrumentação. As normas sugerem adotarmos os pontos de medição no centro de cada via, junto ao meio fio, ou no acostamento, para o posicionado de instrumentos de medições, no caso deste estudo um sonômetro de primeira classe modelo 2270 da Brüel & Kjaer®. De acordo com a NBR 10151 [4] a altura do microfone de medição deve estar entre 1,2 m e 1,5 m. A fim de simular a altura média humana, adotou-se a altura

de 1,5 m para o registro das medições. Recomenda-se, ainda, um afastamento com distância de no mínimo 2 m de fachadas e 1 m de objetos próximos, além de medição perpendicular ao sentido do fluxo de veículos.

Após analisar as vias no entorno do edifício é possível escolher os pontos a serem medidos, segundo o manual da Proacústica da NBR 10151 [9], na seleção dos pontos de medição deve-se evitar fontes sonoras alheias ao sistema fonte (ruído rodoviário) e objeto de avaliação (Museu do Conhecimento), como ponto de ônibus, lombadas, defeitos nas vias, entre outros. Além disso, a norma NBR 10.151 não define uma distância entre os pontos, mas eles não podem ser colocados em uma sombra acústica, como um muro ou dentro da área do empreendimento a ser avaliado. Para atendimento dessas recomendações, utilizando a ferramenta do *software* Street view do Google Earth é possível realizar a análise das vias de circulação e do terreno do Museu ao nível do solo. Após essa análise, quatro locais são escolhidos como pontos de medição.

A Figura 1 apresenta as vias selecionadas para os pontos de medição no entorno do edifício, recém-construído, que abriga o Museu do Conhecimento. Na Figura 2 é apresentado a indicação desses pontos para geração dos mapas de ruído.

Cumpre destacar que, para termos uma simulação condizente com o que foi monitorado em campo, é preciso que todos os pontos de medição sejam dispostos igualmente no programa computacional e com a mesma altura, de 1,5 m. Para a caracterização dos pontos foi determinado em 15 minutos o tempo de medição.

Figura 1: Foto do museu do conhecimento e imagem via satélite com os pontos de medição



(a) Ponto 1 **(b) Ponto 2**

(c) Ponto 3 **(d) Ponto 4**

Fonte: os autores.

Figura 2: Imagem de satélite contendo a localização dos quatro pontos de medição



Fonte: os autores.

2.1 SIMULAÇÕES

Utilizou-se, inicialmente, a plataforma *OpenStreetMap*, que permite ao usuário localizar e exportar as coordenadas geográficas e ruas de um local específico e, em alguns casos, os prédios existentes no local [10], nesse caso utilizando o endereço do Museu do Conhecimento foi obtido um arquivo .DXF com as coordenadas, ruas e prédios existentes. O resultado do procedimento pode ser visto na Figura 3.

Figura 3: Captura das ruas e prédios importados do *OpenStreetMap*



Fonte: os autores.

A etapa de simulação inicia-se com a seleção do modelo de simulação a ser adotado, nesse caso o RLS-90, e a importação dos arquivos da etapa anterior para o *software*. Com os arquivos dentro do software pequeno ajustes na base são realizados, como a largura das ruas e checagem se todos os prédios do local de medição estão alinhados e com altura correta.

O simulador SounPLAN, para ruído de tráfego, trabalha com as diretivas, essas também chamadas de modelos de predição de ruído, que consistem em métodos de cálculo baseados em modelos matemáticos que descrevem a propagação sonora ao ar livre. Onde são consideradas a: caracterização da fonte sonora (características acústicas das fontes e nível de potência sonora), características geométricas da área (topografia, muros, edificações) e características meteorológicas, fenômenos acústicos (reflexão e difração).

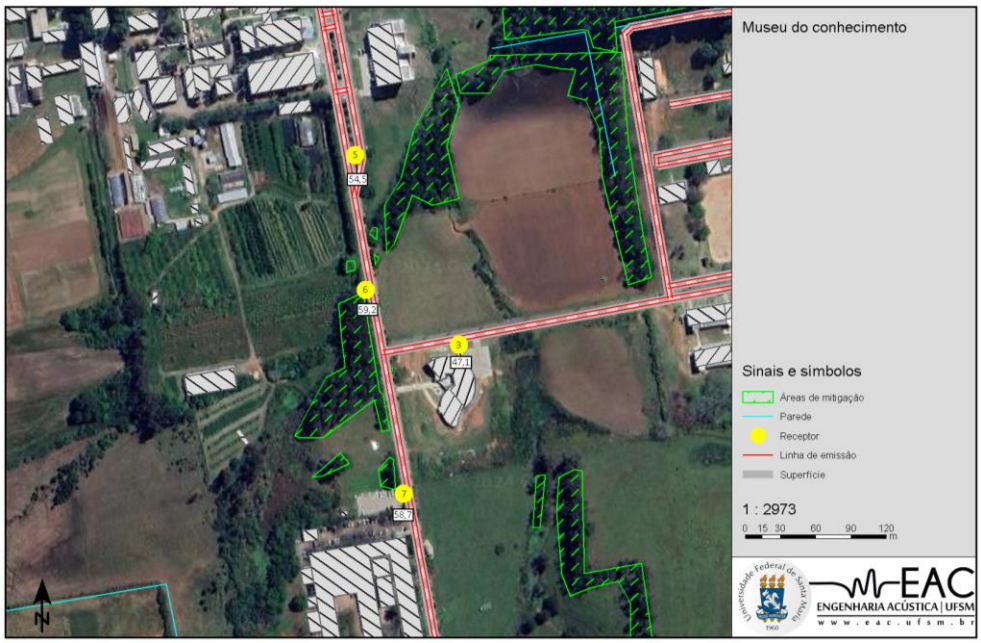
Análogo ao SoundPLAN Essential 5.1, o CadnaA utiliza modelos similares para o cálculo das propagações da onda sonora no ambiente, ao importar a base em DFX com o entorno do museu, que contém as curvas topográficas, prédios e ruas do ambiente no entorno do edifício e pontos de medição o *software* permite inserir os valores, em dB, ponderado em A, das fontes sonoras, nesse caso as ruas. Para ter certeza de que a base está fiel à realidade é inserido, nos mesmos locais dos pontos de medições efetuados ao redor do Museu, receptores que calculam os valores de ruído ambiente nesses pontos do mapa, assim é possível calibrar a base do CadnaA com os valores obtidos pela medição.

A escolha do modelo ideal deverá ser realizada de acordo com a exigência da norma vigente do local de estudo ou, caso não houver, será baseado naquele que mais se adequa à realidade local ou a partir da quantidade de dados disponíveis para sua modelagem. Atualmente não temos em vigor no Brasil uma legislação específica para medição do ruído rodoviário, mas podemos citar alguns modelos de predição de ruído de tráfego utilizados em outros países, como: FHWA, CNOSSOS-EU, RLS-90, RLS-19, NMPB 96, NMPB 08, ISO 9613-2, dentre outros. Neste artigo os modelos de predição utilizados para elaboração do mapa de ruído são: CNOSSOS-EU e RLS-90 por terem maior precisão e estabilidade.

A Figura 4 ilustra a planta de situação do edifício com a calibração do mapa de ruído no *software* SoundPLAN Essential 5.1, a partir dos resultados oriundos das medições, ao obter o valor utilizando a simulação de pontos isolados.

Após toda a etapa de calibração da base, é definido o tamanho e precisão da simulação e os prédios de interesse para o cálculo do nível de pressão sonora de incidência nas fachadas para a aplicação de normas de classificação da classe de ruído presente no entorno do empreendimento, neste estudo sendo apenas o Museu do Conhecimento.

Figura 4: Resultado da calibração do mapa de ruído a partir dos resultados obtidos nas medições, no *software* SoundPLAN Essential 5.1



Fonte: os autores.

2 RESULTADOS

Medições *in loco* foram realizadas para um total de quatro pontos para obter o registro da paisagem sonora em que o Museu se encontra, sendo que para cada um desses pontos a medição durou 15 minutos. Os resultados contendo a contagem de veículos (no período de 1 hora) e as medições de $L_{Aeq,\ 15\ min}$, com e sem sobrevoou de aeronaves, podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Contagem de veículos (por 1 hora) e medições de $L_{Aeq,\ 15\ min}$, com e sem passegem de aeronaves, para quatro pontos no entorno do Museu do Conhecimento

	Com passagem de avião				**Sem passagem de avião**			
	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
Veículos leves	25	24	0	18	14	8	1	7
Pessoas	5	3	3	0z	4	2	0	0
Veículos pesados	0	3	3	1	0	0	0	1
Motos	2	3	1	5	1	1	0	0
Aviões	1	2	1	4	x	x	x	X
$L_{Aeq,\ 15\ min}$ (dB)	**59**	**64**	**54**	**62**	**54**	**59**	**47**	**59**

Fonte: os autores.

A fachada do Museu foi dividida em sete partes, de A a G, com objetivo de facilitar a comparação dos valores simulados entre os dois programas de simulação, utilizando o maior valor incidente em cada fachada, em ambos. A Tabela 2 apresenta a dos valores

obtidos nas simulações de fachada do Museu do Conhecimento, com a separação dessas sete partes.

A calibração do modelo computacional foi baseada nos dados das medições sem ruído aeronáutico, é possível diferenciar das simulações nas Figuras 5a e 5b. A Figura 5 ilustra os valores de nível de incidência obtidos na fachada do museu, sendo o maior valor na faixa de 51 dB.

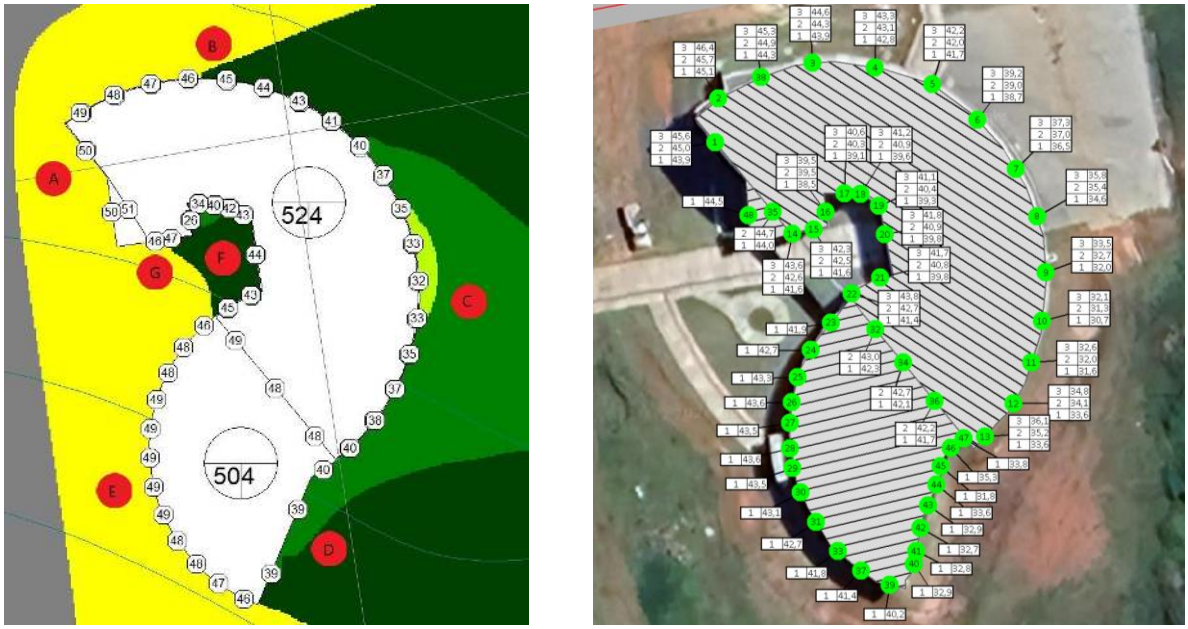
Na Figura 6 podemos observar a propagação do ruído rodoviário no entorno do Museu com o *software* SoudPLAN Essential 5.1.

Tabela 2: Valores de níveis de pressão sonora incidentes nas fachadas do Museu do Conhecimento, para os programas de simulação SoundPlan Essential 5.1 e CadnaA

Fachadas	L_{inc} – CadnaA (dB)	L_{inc} – SoundPlan Essential 5.1 (dB)	Diferenças de L_{inc} (dB)
A	51	46	5
B	49	46	3
C	40	36	4
D	40	35	5
E	49	44	5
F	44	44	0
G	47	44	3

Fonte: os autores.

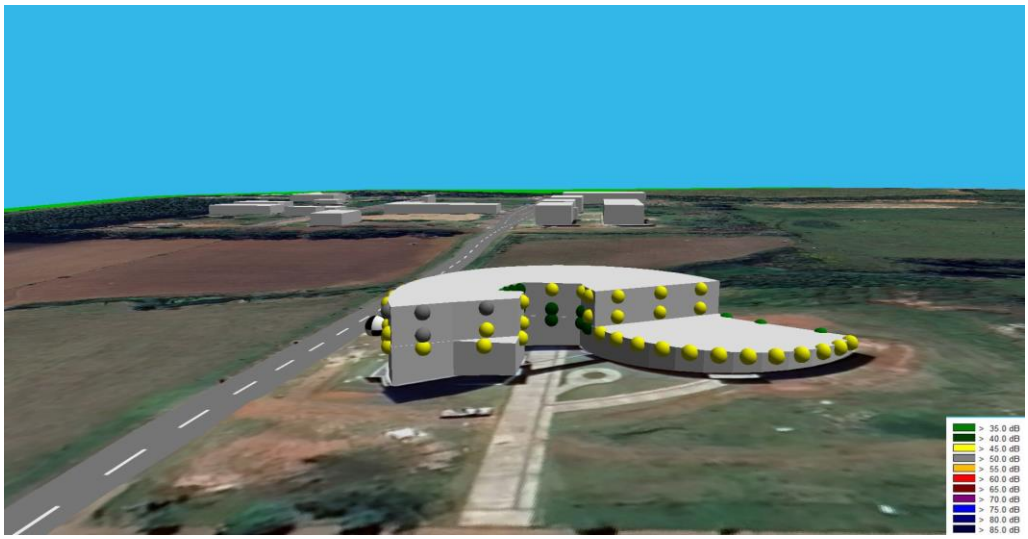
Figura 5: Resultado das simulações para calibração dos modelos computacionais, a partir das medições



(a) SoundPLAN Essential 5.1 **(b) CadnaA**

Fonte: os autores.

Figura 6: Modelo tridimensional, com receptores para cálculo dos níveis de ruído incidentes nas regiões das fachadas do Museu do Conhecimento, no CadnaA



Fonte: os autores.

Figura 6: Mapa do ruído rodoviário, no SoudPLAN Essential 5.1



Fonte: os autores.

CONCLUSÕES

Devido ao método de aferição utilizar a mesma posição de receptores referente às medições de nível de pressão sonora equivalente, realizadas *in situ*, para a calibração dos valores de emissão das ruas no mapa, a implementação na simulação permite maior certeza e confiabilidade nos resultados, pois respeita parâmetros obtidos em campanhas de medição em uma área considerável.

Cumpre destacar que trabalhar com nível de pressão sonora equivalente, com curva de ponderação A, pode limitar informações contidas nas baixas frequências, diminuindo, assim, a magnitude do ruído.

Os níveis de pressão sonora incidentes na fachada (L_{inc}), com ponderação A, para os valores encontrados na simulação com o SoundPLAN Essential 5.1 foram menores que no CadnaA. Os resultados divergiram de 0 a 5 dB, apresentando uma dispersão que pode ser considerada aceitável para *software* de mapeamento sonoro, apontando para uso crescente de simulações acústicas para implantação de edifícios para definição dos materiais construtivos de fachadas.

Diante dos resultados encontrados, propõe-se uma nova rodada de medições com a adoção de um maior número de pontos de medição e alguns mais próximos ao edifício do Museu, a fim de investigar se haverá redução da diferença apresentada entre as simulações realizadas.

REFERÊNCIAS

[1] HANS, R. F. **Avaliação de ruído em escolas,** Revista Tecnologia e tendência, v.2 n.2 p.9-20, 2003.

[2] VASCONCELOS, A. **Um convite de descanso aos olhos e ouvidos**. UFSM, Revista Arco: Santa Maria, 2015. Disponível em: https://www.ufsm.br/midias/arco/um-convite-de-descanso-aos-olhos-e-ouvidos/. Acesso em: 13 jan. 2024.

[3] PASCOTINI, A. **Análise do transporte público coletivo em Santa Maria – RS.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade. ABNT: Rio de Janeiro, 2019.

[5] SOUNDPLAN GmbH. **Manual – SoundPLAN Essential 5.1.** Alemanha, 2020.

[6] DataKustik. **Manual – CadnaA**. Alemanha, 2024.

[7] ARANI, N.; KARRABI, M. **Observation and statistical evaluation of factors affecting traffic noise: A case of tourist, pilgrimage and business area**. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering – Universidad Ferdowsi de Mashhad, Irã, 2022.

[8] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996-6**: Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of evironmental noise levels, ISO: Geneva, 2017.

[9] PROACÚSTICA. **Manual PROACÚSTICA e CETESB** – Norma ABNT NBR 10151:2019. São Paulo, 2023.

[10] OPENSTREETMAP. **O mapa mundial editável e livre**. Um projeto de produção colaborativa de dados geoespaciais abertos. OpenStreetMap Foundation (OSMF), 2024. Acesso em 12 jan. 2024. Disponível em: <https://www.openstreetmap.org/map=16/-29.7167/-53.7153>.