

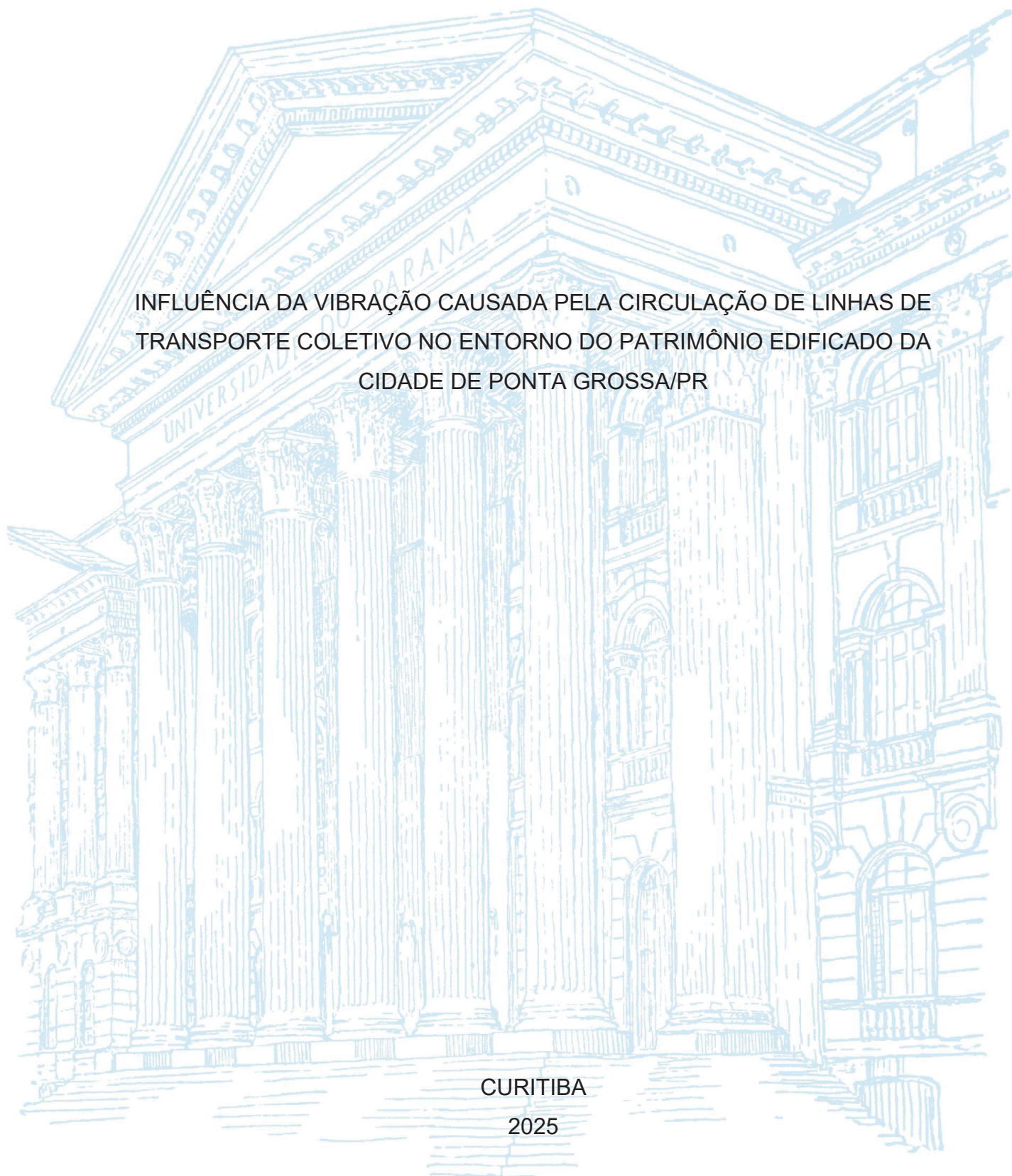
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EMANUELE DE ALMEIDA

INFLUÊNCIA DA VIBRAÇÃO CAUSADA PELA CIRCULAÇÃO DE LINHAS DE
TRANSPORTE COLETIVO NO ENTORNO DO PATRIMÔNIO EDIFICADO DA
CIDADE DE PONTA GROSSA/PR

CURITIBA

2025



EMANUELE DE ALMEIDA

INFLUÊNCIA DA VIBRAÇÃO CAUSADA PELA CIRCULAÇÃO DE LINHAS DE
TRANSPORTE COLETIVO NO ENTORNO DO PATRIMÔNIO EDIFICADO DA
CIDADE DE PONTA GROSSA/PR

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Planejamento Urbano, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Planejamento Urbano

Orientador: Prof. Dr. Diego Fernandes Neris
Coorientadora: Prof. Dra. Andressa Gobbi

CURITIBA

2025

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Almeida, Emanuele de

Influência da vibração causada pela circulação de linhas de transporte coletivo no entorno do patrimônio edificado da cidade de Ponta Grossa/PR / Emanuele de Almeida. – Curitiba, 2025.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano.

Orientador: Diego Fernandes Neris

Coorientador: Andressa Gobbi

1. Patrimônio histórico – Ponta Grossa (PR). 2. Danos estruturais. 3. Tráfego urbano. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano. III. Neris, Diego Fernandes. IV Gobbi, Andressa. V. Título.

Bibliotecário: Leticia Priscila Azevedo de Sousa CRB-9/2029

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação PLANEJAMENTO URBANO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **EMANUELE DE ALMEIDA** intitulada: **INFLUÊNCIA DA VIBRAÇÃO CAUSADA PELA CIRCULAÇÃO DE LINHAS DE TRANSPORTE COLETIVO NO ENTORNO DO PATRIMÔNIO EDIFICADO DA CIDADE DE PONTA GROSSA/PR**, sob orientação do Prof. Dr. DIEGO FERNANDES NERIS, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 18 de Dezembro de 2024.



DIEGO FERNANDES NERIS
Presidente da Banca Examinadora



ELVIDIO GAVASSONI NETO
Avaliador Externo (DEPARTAMENTO DE CONSTRUÇÃO CIVIL - UFPR)



JORGE TIAGO BASTOS
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)



ANDRESSA GOBBI
Coorientador(a)

RESUMO

Diversos são os problemas cotidianos das cidades, estes que são acentuados com o passar dos anos, haja vista a demanda por infraestrutura e espaço, problemas que podem ser observados no dia a dia de cada cidadão que vive a urbe. Um desses problemas é a incomodidade causada pela vibração de veículos pesados no entorno do patrimônio histórico o qual impacta não somente na qualidade de vida dos seus ocupantes, mas também pode ocasionar problemas estruturais nesses edifícios. O aumento da demanda por espaços e infraestruturas de serviços atualmente gera impactos, principalmente em edificações construídas com técnicas construtivas específicas, as quais, dependendo dos seus métodos construtivos e materiais se degradam pela ação de ondas vibracionais causadas por veículos pesados. O objetivo central deste trabalho hierarquizar os níveis de suscetibilidade relacionados aos possíveis impactos causados pela vibração do trânsito de ônibus no entorno de patrimônios históricos de Tombo Estadual na cidade de Ponta Grossa. Portanto, foram selecionadas sete edificações de Tombo Estadual no município de Ponta Grossa/PR para compreender as possíveis influências das vibrações causadas pela circulação de ônibus no entorno desses bens. Para o estudo foram utilizadas informações da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, através da lista de bens tombados e do Plano de Mobilidade Urbana municipal, além de dados do Departamento de transportes referentes às linhas de ônibus que circundam essas edificações. Para o estudo de suscetibilidade das edificações foi realizada uma pesquisa por meio de questionário com profissionais atuantes na área de restauro de edificações históricas para obtenção de informações relacionadas aos elementos e materiais construtivos, haja vista a falta de normativa específica para tal. Com base nas informações coletadas, foi desenvolvido um método para identificação da suscetibilidade das edificações a partir da tecnologia construtiva e do fluxo de veículos do transporte coletivo em seu entorno. Os achados indicam a alta suscetibilidade dos materiais tradicionais a vibrações e o impacto significativo em edificações próximas a vias de tráfego intenso, oferecendo uma base relevante para futuras estratégias de conservação do patrimônio histórico frente aos desafios urbanos.

Palavras-chave: Vibração urbana; Efeito induzido pelo tráfego; Método de análise de suscetibilidade; Danos ao patrimônio histórico; Suscetibilidade de edifícios históricos.

ABSTRACT

Quotidian urban issues are often accentuated with time passing, as does the demand for infrastructure and additional space. The nuisance caused by the vibration of heavy vehicles in the surroundings of historical buildings is one of these issues. Not only does such vibration impact on life quality of citizens, but it also may occasion structural damage to heritage architecture. The increasing demand for space and service infrastructure impacts mainly buildings with specific constructive techniques, which might degrade through the action of vibrational waves caused by heavy vehicles. The main goal of this paper hierarquize susceptibility levels related to possible impacts caused by vibration in bus traffic around state-listed historical heritage sites in the city of Ponta Grossa. In this dissertation, seven heritage state protected buildings have been chosen, all inside the urban perimeter of Ponta Grossa, a medium Brazilian city. These buildings have been analyzed on the influence of the vibration caused by bus circulation in the surrounding areas. The list of protected buildings, additional information from the local city hall and the transportation department have been used for this analysis, as well as data from the local Mobility Plan. Heat maps have been produced, illustrating the number of daily trips on each bus line. Additionally, professionals that operate on the field of building restoration have been interviewed, as to obtain information related to the susceptibility degree of diverse elements and constructive methods, for the lack of specific legislation on the matter. With use of the information obtained, analysis methods have been developed by the author as o identify the susceptibility of the buildings, based on their characteristics. The methods made possible to identify the fragilized spots on historical buildings related to bus circulation in their surroundings. The results indicate high susceptibility of traditional building methods to vibration and significant impact on buildings near to intense traffic. Therefore, this paper offers relevant basis for the development of more profound strategies for historical heritage building conservation over urban challenges.

Keywords: Urban vibration; Traffic-induced effect; Susceptibility analysis method; Damage to historical heritage; Susceptibility of historic buildings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema dos processos iniciais.....	15
Figura 2 – A resposta de vibração em diferentes velocidades	24
Figura 3 – Esquema da busca pelo referencial teórico	31
Figura 4 – Temas buscados para o referencial teórico	33
Figura 5 – Esquema do levantamento inicial	34
Figura 6 – Mapa de localização das edificações selecionadas	35
Figura 7 – Mapa de zoneamento da cidade de Ponta Grossa	36
Figura 8 – Esquema para a contagem volumétrica	37
Figura 9 – Esquema da pesquisa por questionário	39
Figura 10 – Esquema do tratamento de dados obtidos.....	41
Figura 11 – Resultado da pergunta 1 do questionário.....	43
Figura 12 – Resultado da pergunta 2 do questionário.....	44
Figura 13 – Resultado da pergunta 3 do questionário.....	45
Figura 14 – Resultado da pergunta 4 do questionário.....	46
Figura 15 – Resultado da pergunta 6 do questionário.....	46
Figura 16 – Fachada principal do Hospital 26 de outubro	48
Figura 17 – Mapa de calor Hospital 26 de outubro.....	50
Figura 18 – Fachada da Mansão Vila Hilda.....	51
Figura 19 – Mapa de calor Mansão Vila Hilda	52
Figura 20 – Fachada principal da Estação Paraná.....	53
Figura 21 – Mapa de calor Estação Paraná	55
Figura 22 – Fachada principal da Estação Saudade.....	56
Figura 23 – Mapa de calor Estação Saudade.....	58
Figura 24 – Fachada de esquina do Colégio Regente Feijó	59
Figura 25 – Mapa de calor Colégio Regente Feijó	61
Figura 26 – Fachada principal do Antigo Fórum da Comarca de Ponta Grossa.....	62
Figura 27 – Mapa de calor Antigo Fórum da Comarca de Ponta Grossa	63
Figura 28 – Fachada do Edifício Guilherme Neumann.....	64
Figura 29 – Mapa de calor Edifício Guilherme Neumann.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Bens Tombados, seleção de objetos de estudo.....	34
Quadro 2 – Especificações Hospital 26 de outubro.....	49
Quadro 3 - Especificações Mansão Vila Hilda.....	52
Quadro 4 – Especificações Estação Paraná	54
Quadro 5 – Especificações Estação Saudade.....	57
Quadro 6 – Especificações Colégio Regente Feijó	60
Quadro 7 – Especificações Antigo Fórum da Comarca de Ponta Grossa	62
Quadro 8 – Especificações Edifício Guilherme Neumann.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Faixa de zonas de influência	23
Tabela 2– Pesquisa de referencial teórico.....	32
Tabela 3 – Linhas de ônibus Hospital 26 de outubro	49
Tabela 4 - Linha de ônibus Mansão Vila Hilda	51
Tabela 5 – Linhas de ônibus Estação Paraná	54
Tabela 6 – Linhas de ônibus Estação Saudade	56
Tabela 7– Linhas de ônibus Colégio Regente Feijó	59
Tabela 8 – Linhas de ônibus Edifício Guilherme Nenumann.....	64
Tabela 9 – Média dos valores de suscetibilidade por elemento de uma construção .	66
Tabela 10 – Média dos valores de suscetibilidade por material construtivo	66
Tabela 11 – Grau de suscetibilidade por idade	67
Tabela 12 – Grau de suscetibilidade por volume de viagens por dia.....	68
Tabela 13 – Grau de suscetibilidade por recuo	68
Tabela 14 – Suscetibilidade das edificações com base na percepção dos profissionais.....	69
Tabela 15 - Suscetibilidade das edificações com base em determinações	70

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 MÉTODO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 O PLANEJAMENTO URBANO RELACIONADO AO PATRIMÔNIO HISTÓRICO EM PONTA GROSSA/PR	16
2.2 O PLANEJAMENTO URBANO E O PATRIMÔNIO	17
2.3 VIBRAÇÃO CAUSADA PELO MEIO URBANO	19
2.4 PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE COLETIVO URBANO	27
3 MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	31
3.2 IDENTIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES	33
3.3 PESQUISA VIÁRIA	36
3.4 PESQUISA <i>SURVEY</i>	38
3.4.1 Cruzamento de dados	41
4 RESULTADOS	43
4.1 PESQUISA <i>SURVEY</i>	43
4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS OBJETOS DE ESTUDO	47
4.2.1 O Hospital 26 de outubro	48
4.2.2 Mansão Vila Hilda	50
4.2.3 Estação Paraná	53
4.2.4 Estação Saudade	55
4.2.5 Colégio Regente Feijó	58
4.2.6 Edifício do Antigo Fórum da Comarca de Ponta Grossa	61
4.2.7 Edifício Guilherme Neumann	63
4.3 CRITÉRIOS DE ESTABELECIMENTO DO NÍVEL DE SUSCETIBILIDADE DAS EDIFICAÇÕES	66
4.4 GRAU DE SUSCETIBILIDADE DAS EDIFICAÇÕES	68
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	72

REFERÊNCIAS.....75

APÊNDICE A81

APÊNDICE B86

1 INTRODUÇÃO

O acelerado desenvolvimento urbano, e o crescimento desordenado das cidades contribui para a sua destruição quando não se respeitam os tecidos e as formas urbanas, fato este, relacionado ao aumento da utilização do automóvel, o qual acarreta no surgimento de mudanças nas dinâmicas urbanas (Gevú; Varela; Niemeyer, 2020).

O adensamento causado por esse desenvolvimento contribui para os problemas conhecidos atualmente, como o surgimento de ilhas de calor e de incomodidade causada pelo tráfego de veículos que ocasionam vibração no meio urbano (Brito; Soares; Nazari, 2013).

A vibração ambiental é pouco considerada nas análises urbanas, sobretudo aquela relacionada às edificações históricas, onde os efeitos advindos dessa vibração podem abordar uma análise classificatória tanto em relação à sua incomodidade como danos às edificações induzidos pela vibração (Brito; Kamimura; Santos, 2015).

A urbanização traz consigo marcas do passado, as quais influenciam as configurações das cidades e as atividades urbanas, essas características da evolução urbana trazem uma linguagem própria e a função dos pesquisadores é ouvi-la e compreender o que ela tem a transmitir.

Levando em consideração esse avanço na urbanização, o município de Ponta Grossa, em decorrência da sua localização estratégica, teve uma avançada evolução urbana, principalmente nos entornos das linhas férreas, as quais possibilitaram o crescimento do comércio local e o início da vida urbana intensa (Gomes, 2009). A ferrovia foi um importante elemento para o crescimento da cidade, contribuindo para urbanização, em relação às suas formas de ocupação e do crescimento econômico (Madalozzo, 2015).

Tendo em vista os problemas elencados, este trabalho apresenta o levantamento de transporte coletivo, caracterizados aqui como os veículos pesados, na proximidade das edificações estudadas na cidade de Ponta Grossa/PR. Além disso, relaciona os sistemas construtivos e a sua suscetibilidade em relação às manifestações patológicas que possam vir a aparecer nesses imóveis.

Para isto foi utilizado um Sistema de Informação Geográfica (SIG) por meio da ferramenta QGIS, onde foram inseridos os dados obtidos de acordo com a sua

finalidade a fim de produzir um mapeamento dos locais onde houvesse maior suscetibilidade e maior tráfego de veículos, relacionando-os com as edificações e as suas características. Foi realizada de forma a complementar os dados teóricos, a coleta de dados por meio de pesquisa realizada através de questionário online com empresas e profissionais que atuam na área do Patrimônio Histórico realizando obras ou projetos de Restauro em edifícios de todos os níveis de tombamento ou históricos e não tombados.

Por fim, com base nessa pesquisa através de questionário, com o auxílio de normativas, foram formulados critérios relacionados aos graus de suscetibilidade das edificações históricas, de acordo com seus métodos e materiais construtivos, de modo a definir um parâmetro de análise da suscetibilidade de cada edificação estudada.

1.1 JUSTIFICATIVA

De acordo com Gevú, Varela e Niemeyer (2020), no Brasil não existem normas específicas para avaliação de danos causados às edificações pelo impacto das vibrações geradas pelo tráfego rodoviário, o que torna escasso estudos nessa área.

Em relação a normas estrangeiras, Zini, Betti e Bartoli (2021) citam a ISO 4866:2010, a DIN 4150-3:1999, a UNI 9916:2014, Mendes (2018) em complementação menciona a BS 7385-2 (1993) e NP 2074 (2015).

Diversas normas Nacionais e Internacionais fornecem o fluxo de trabalho operacional a ser aplicado para o tráfego análise de vibrações induzidas, sugerindo ao mesmo tempo diferentes limites de segurança para cada tipologia estrutural. No entanto, heterogeneidade de abordagens destaca que algumas controvérsias continuam a cercar esta questão, e mais esforços são necessários à comunidade científica para aprofundar este tema (Zini; Betti; Bartoli, 2021, p. 2. Tradução nossa).

Tendo em vista os limites de velocidade de pico¹, caracterizados pela velocidade de um veículo e a vibração que ele pode emitir, que estão indicados nas normativas estrangeiras e as experiências em campo, entende-se que os ruídos e

¹ Velocidade máxima de vibração na direção medida em x, y e z, capaz de causar algum dano estrutural através de ondas vibracionais (DIN 4150-3, 2016).

vibrações causados pelo tráfego dos veículos dependendo da condição das vias podem provocar danos estruturais em edifícios tradicionais (Santos, 2020).

Esses limites são considerados prejudiciais a estrutura de uma edificação quando chegam a 5 mm/s (Chiostrini, Marradi e Vignoli, 1995). A velocidade capaz de atingir esse limite de velocidade de pico, relacionado a edificações históricas é de 40 km/h em relação à uma edificação sem recuo (Zhu *et al.*, 2023).

Haja vista a falta de limitação de trânsito na cidade de Ponta Grossa/PR, e a indicação na Carta Patrimonial de Washington, de problemas relacionados pelo livre tráfego de veículos pesados nos Centros Históricos, que deveriam ser regulamentados limitando o tráfego no entorno destas edificações protegidas, foi constatado, por meio deste estudo, um grande número de circulação de linhas de ônibus no entorno das edificações históricas no Município.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Hierarquizar os níveis de suscetibilidade relacionados aos possíveis impactos causados pela vibração do tráfego de ônibus no entorno de patrimônios históricos de tombos Estaduais na cidade de Ponta Grossa.

1.2.2 Objetivos específicos

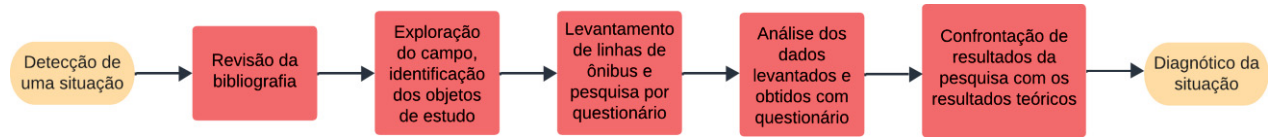
- Compreender os possíveis impactos urbanos causados pela vibração produzida pela circulação de linhas de ônibus no entorno do patrimônio histórico;
- Desenvolver metodologia de análise comparativa dos sistemas construtivos de diferentes edificações históricas;
- Relacionar os sistemas construtivos e como eles estão suscetíveis às manifestações patológicas causadas pela vibração causada por esses veículos ao longo do tempo.

1.3 MÉTODO

A estrutura metodológica da pesquisa seguiu um fluxo de, sendo detectado o problema, posteriormente foi iniciada a busca por informações referentes ao tema, por meio do referencial bibliográfico, para então ser explorado o campo através da seleção das edificações e identificação destas, coletando informações relativas aos

seus métodos construtivos e inserção no contexto urbano. Além de buscar, por meio de questionário, informações relativas à experiência de profissionais que atuam na área de restauro a fim de contribuir para a discussão levantada.

Figura 1 – Esquema dos processos iniciais



FONTE: A autora, 2024.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O PLANEJAMENTO URBANO RELACIONADO AO PATRIMÔNIO HISTÓRICO EM PONTA GROSSA/PR

Para que haja ordenamento das cidades no que diz respeito ao desenvolvimento, infraestrutura, serviços e transporte, em 2001 foi instituída a Lei nº 10.257, denominada Estatuto da Cidade que estabelece normas de ordem pública. A Lei supracitada contém instrumentos para melhor funcionamento das cidades, onde, em suas diretrizes gerais, no Art 2º, visa:

A garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações. Esses instrumentos passam a complementar o Plano diretor das cidades com mais de 20 mil habitantes, fazendo com que haja um controle e uma continuidade dessas políticas públicas que se estendem para além de mandatos políticos (Brasil, 2001).

Levando em consideração a importância do patrimônio edificado e a sua relação com a urbanidade, o Plano Diretor da cidade de Ponta Grossa (Lei Municipal nº 14.305/2022) discorre sobre a forma não planejada de ocupação urbana a qual é resultado do desenvolvimento da cidade. Destaca-se ainda a precariedade no setor dos serviços urbanos, a topografia acidentada da cidade e a falta de ligações entre as ocupações da cidade, resultando em uma sobrecarga da malha viária, além dos problemas advindos do cruzamento de tráfegos, decorrentes da falta de planejamento e da espontaneidade do município (Ponta Grossa, 2022).

Dentre esses problemas ainda há o livre acesso de veículos pesados que, de acordo com a Lei Municipal nº 14.311/2022 que dispõe sobre o Plano de Mobilidade Urbana do Município de Ponta Grossa, contém na Seção II, Do Transporte de Cargas, discorre o seguinte:

Art. 28. São diretrizes para a regulamentação e fiscalização dos transportes de carga que atendam às necessidades do comércio em geral e que não comprometam a integridade das infraestruturas viárias e a fluidez do tráfego:

I - **restrição** de acesso de veículos de grande porte nas áreas centrais, e em **áreas objeto de estudo futuro**.

II - criação de uma política de controle para carga e descarga, definindo horários e locais específicos para as referidas atividades (grifo nosso).

Em decorrência da falta de restrição e o aumento da utilização de transporte motorizado, aliado ao acelerado desenvolvimento dos modais e o lento desenvolvimento tecnológico em relação à composição das vias, ocorrem impactos, os quais atingem diretamente as edificações (Brito; Soares; Nazari, 2013).

Além disso, com o adensamento urbano cada vez maior e a alta demanda por mobilidade é possível observar o aumento nas redes de tráfego rodoviário e ferroviário, aumentando assim a carga mecânica tanto das edificações como da infraestrutura das cidades brasileiras (Santos, 2020).

Onde “as marcas deixadas pelos diferentes modais de transportes que atuam sobre o espaço podem permanecer com o passar do tempo e, em alguns casos, influenciar a construção da identidade dessa mesma cidade” (Brito; Freitas, 2023, p. 10).

2.2 O PLANEJAMENTO URBANO E O PATRIMÔNIO

A cidade é composta por elementos, sendo alguns geograficamente visíveis e de caráter amplo, facilmente identificadas na paisagem urbana, esses elementos fundamentam a existência da humanidade, sendo categorizadas como elementos de herança do território, denominados como rugosidades (Alves, 2016).

Essas heranças podem ser caracterizadas como rugosidades, termo que vem ao encontro do conceito da memória, onde a memória é carregada por grupos vivos, e está permanentemente em evolução, suscetível ao esquecimento e vulnerável aos usos e manipulações, tendo em vista que a história seria a “reconstrução sempre problemática e incompleta do que não existe mais” (Nora, 1993, p. 9).

A necessidade de memória acaba se tornando uma necessidade da história, onde a memória “se apoia inteiramente sobre o que há de mais preciso no traço, mais material no vestígio, mais concreto no registro, mais visível na imagem” (Nora, 1993).

A rugosidade, como parte da herança do planejamento urbano, principalmente relacionada aos centros históricos e às configurações urbanas do passado, cria paisagens, com tudo aquilo que “resta do processo de supressão, acumulação, superposição, com que as coisas se substituem e acumulam em todos os lugares”, trazendo uma memória física das divisões de trabalho do passado e

“dos restos dos tipos de capital utilizados e suas combinações técnicas e sociais com o trabalho”, preservando assim, o patrimônio (Santos, 2066, p.92).

Sendo o patrimônio entendido como um objeto preservado, “definido como conjunto de bens, direitos e obrigações vinculados a uma pessoa, a sociedade, ao estado ou a uma entidade ou organização” (Souza, 2019, p. 6). A memória está correlacionada ao patrimônio e à humanidade, reconhecendo ações do passado, esbarrando no conceito de rugosidades, significando herança para a sociedade (Alves; Holanda; Alves, 2022).

Neste contexto, entende-se que a cidade tem as suas marcas, independente do seu processo evolutivo, por meio de suas construções, modo de viver e adaptação de padrões (Dropa *et al.*, 2012). Por isso, no Brasil, “as políticas de proteção ao patrimônio histórico ficaram conhecidas pela palavra tombamento”, termo este originário do ato de inventariar bens patrimoniais, herdados dos costumes da Coroa Portuguesa, as quais tinham esses inventários inscritos no livro localizado na torre do Tombo, e que, atualmente garantem a esses bens proteção, através de atos administrativos (Nobre, 2019, p.08).

Em relação à proteção patrimonial relacionada aos problemas advindos da vibração urbana, Inoue (2018) discorre sobre as Cartas Patrimoniais, fazendo um comparativo entre elas, em especial à Carta de Washington que teve como atualização os “Princípios de Valletta”, documento que discorre sobre a proteção do patrimônio histórico.

Os Princípios de Valletta, no que diz respeito à mobilidade urbana, indicam que as infraestruturas que comportam o trânsito urbano precisam de planejamento, de forma que não danifiquem o “tecido histórico” ou o seu entorno, incentivando a criação de vias arteriais, de circulação rápida (CIVVIH, 2011, p.11. Traduzido por João Campos).

Tornando importante o estímulo da circulação pendonal, devendo ser delimitado o tráfego de veículos nessas localidades, além de reduzir os estacionamentos públicos, sendo ainda necessário incentivar o transporte público não poluente e sustentável, além disso, ordenar a cidade para que as rodovias evitem os percursos que se aproximem de áreas de proteção patrimonial (CIVVIH, 2011).

No entanto, para que haja uma eficácia na proteção desses bens tombados, deve haver política pública que atue no campo da proteção legal desses edifícios,

elemento essencial para garantir a conservação dessas edificações, no entanto a ausência desses instrumentos por meio de normas específicas dificulta a atuação da administração pública em efetivar esta proteção (Kowalska-Koczwara; Stypuła, 2016).

2.3 VIBRAÇÃO CAUSADA PELO MEIO URBANO

A vibração é causada pelas cargas dos veículos automotores que geram ondas que se propagam no solo, chegando eventualmente às fundações de edificações adjacentes às vias e causando um impacto vibratório, sendo essas vibrações causadas principalmente por veículos pesados, como ônibus e caminhões (Hunaidi, 2000).

De acordo com Gevú, Varela e Niemeyer (2020), o surgimento dos automóveis, o crescimento urbano, alinhado com a evolução das estruturas viárias nas cidades, configura um dos problemas encontrados no espaço urbano. Um dos efeitos do adensamento urbano é a incomodidade, que é causada pela energia vibratória gerada pelo meio urbano, relacionada principalmente com a exclusão de definição de diretrizes de planejamento que prevejam distanciamento das edificações do alinhamento predial (Brito; Soares; Nazari, 2013).

Com o desenvolvimento e expansão das infraestruturas de transportes nas cidades, as construções ficaram sujeitas aos diversos agentes causadores de manifestações patológicas. No caso dos patrimônios históricos, o processo de degradação por estes fatores deve ser avaliado para evitar o agravamento de danos. O aumento do tráfego rodoviário e a implementação de vias ferroviárias nas grandes cidades, despontaram um aumento de ondas vibratórias no solo que têm levado a uma série de preocupações nas últimas décadas devido aos danos e distúrbios causados nos edifícios e seus residentes (Mendes, 2018, p.1. Tradução nossa).

O acúmulo de circulação de veículos automotores gera impactos significativos nos edifícios históricos, dentre eles pode-se destacar a poluição causada pela vibração e ruído, tendo em vista o rápido desenvolvimento da infraestrutura rodoviária a qual resulta em um impacto decisivo na durabilidade de edifícios históricos (Kowalska-Koczwara; Stypuła, 2016).

A Carta de Washington, um dos elementos da coleção de Cartas Patrimoniais, de orientações discutidas mundialmente sobre o patrimônio histórico,

apresenta o conflito gerado pela circulação de veículos e sugere a sua regulamentação, por meio da limitação ao tráfego rodoviário, já que esse impacto pode gerar “fissuras, rachaduras em revestimentos, deslocamento de telhas e até comprometimento estrutural” (IPHAN, 2014, p. 20). Destaca-se que a transmissão das ondas vibratórias pelo solo depende de sua composição e estratificação e do tipo de fonte geradora (Santos, 2020).

Vindo ao encontro da limitação de tráfego e ordenamento urbano, os Princípios de Valletta discorre sobre aspectos e conceitos, sendo um deles a zona de amortecimento (*buffer zone*) (Inoue, 2018). Discriminada como Zona de proteção, que tem o papel de “defesa dos valores culturais da área protegida contra o impacto das atividades produzidas na envolvente”, sendo esse impacto físico, visual ou social (CIVVIH, 2011, p.3).

Esses impactos causados pela vibração, de acordo com a ISO 4866 (1990) podem gerar uma frequência de cisalhamento em edifícios baixos, de 3 a 12 m de altura é de 4 Hz a 15 Hz e as vibrações transmitidas em sua grande maioria são transmitidas pelo solo. Portanto deve-se levar em consideração o solo como condutor dessa vibração, a qual pode causar recalques, que estão relacionados com a uniformidade do solo, compactação, grau de saturação e estado de tensão interna, sendo o solo arenoso o mais vulnerável em situações extremas (ISSO 4866,1990). A ISO 4866 (1990) define ainda que o tráfego de veículos causa uma vibração na frequência de 1 Hz a 80 Hz, os quais são equivalentes a um Pico de Velocidade de Partícula de 0,2 mm/s a 50 mm/s.

Foi constatado por Resende (2011), que o tráfego de ônibus emite vibrações semelhantes aos veículos de carga, e que a velocidade afeta os impactos de vibração, onde quanto maior a velocidade, mais dano é causado, o peso do elemento também influencia no impacto e as vibrações “resultam em deformações acentuadas no terreno, com riscos para as estruturas das galerias e dos arrimos” (Resende, 2011, p.38). As vibrações de tráfego podem ser caracterizadas por um cenário fonte-receptor, do contato de veículos com as irregularidades nas superfícies, induzindo cargas que geram estresse e ondas que se propagam no solo, podendo chegar às fundações dos edifícios (Hunaidi, 2000).

Para medir essas ondas vibracionais podem ser utilizados alguns parâmetros definidos em normas, uma delas é a norma britânica BS 7385-1 (1990), que trata sobre a avaliação e medição da vibração em construções, descrevendo os

danos causados pela vibração como estéticos, pequenos e grandes. Sendo o estético sobre fissuras de pequenas dimensões ou o aumento das rachaduras existentes em construções de tijolos e blocos de concreto por exemplo. Os pequenos com o aparecimento de fissuras maiores e deslocamento de elementos. Já os grandes com danos estruturais, como fissuras em pilares, afrouxamento de juntas ou aumento significativo em fissuras em alvenarias (British Standard 7385-1, 1990).

As vibrações geram danos, os quais podem ser decorrentes de dois tipos de vibração, as de curto prazo, onde as vibrações são transitórias e as de longo prazo com vibrações contínuas, sendo esta última passível de produzir danos por fadiga nas estruturas após vários ciclos, por meio de ressonância estrutural (Zini; Betti; Bartoli, 2021).

As ondas vibratórias causadas pelo tráfego rodoviário são contínuas por um período de oito horas ou mais, sendo de longo prazo e recorrentes, causando vibração em direções vertical e horizontal (Urushadze; Pirner, 2020). Podendo afetar a integridade e a conservação de edifícios históricos, em decorrência de padrões de ondas complexos que são transmitidos aos edifícios, causando efeitos que ainda permanecem parcialmente escondidos (Grosso; Basso, 2014).

Em relação à classificação de edificações submetidas a essas condicionantes, a BS 7385-1 (1990) as classifica pelo tipo de construção, tipo de fundação, de solo e por fator de importância política, além do estado de conservação da edificação. As categorias dessas edificações são divididas em dois subgrupos, sendo o primeiro o grupo de edifícios antigos ou centenários e todos os edifícios modernos construídos em estilos tradicionais utilizando tipos de materiais, métodos e mão de obra tradicionais, o segundo se refere a todas as edificações com técnicas construtivas atuais com estruturas interligadas, projetadas e calculadas (ibidem).

Além da classificação da vibração e das edificações, pode-se classificar os danos causados pela vibração aos edifícios históricos em dois tipos, sendo os danos arquitetônicos e estruturais, onde os danos estruturais afetam a função ou o uso da edificação e os danos arquitetônicos atingem os elementos mais frágeis e estéticos, sendo “mais irritantes do que perigosos e começam em um nível muito mais baixo de movimento do que danos estruturais” (Chiostri; Marradi; Vignoli, 1995, p.70).

Em relação aos elementos de uma edificação atingidos pela vibração, são considerados alguns fatores. Para a avaliação das fundações são consideradas as

classes A, B e C, onde a classe A se refere a estacas de concreto armado e metálicas amarradas, sapatas e blocos, estacas de madeira amarradas e muros de arrimo, de classe B as estacas de concreto não amarradas, sapatas corridas e estacas de madeira isoladas, a classe C se refere a paredes de contenção leves, embasamento em pedras e construções sem fundações (ISO 4866,1990).

Também são considerados elementos indiretos, como os solos, que são classificados por rochas sólidas ou areias cimentadas, solos compactos e com estratificação horizontal, solos pouco compactados, superfícies com potencial de escorregamento (planos inclinados), solo argiloso e solo compactado (ISSO 4866, 1990). Para que possam ser avaliados todos esses fatores, Kowalska-Koczwara e Stypuła (2016) destacam que para se fazer um diagnóstico da influência das vibrações em edifícios históricos devem ser seguidos alguns passos, os quais serão elencados a seguir:

- Análise histórica;
- Documentação de rachaduras com fotos e inventário de rachaduras;
- Medições *in loco* da influência dinâmica no edifício histórico a partir da fonte de vibração existente;
- Avaliação da influência vibracional no edifício histórico com base nos resultados das vibrações;
- Avaliação da influência vibracional no edifício histórico com base em cálculos numéricos (se o edifício histórico não estiver sujeito à regulamentação padrão, por ex., com base na porcentagem adotada de esforço do material da construção);
- Proposta de soluções técnicas para reduzir as vibrações no caso em que os valores medidos (de acordo com o critério de avaliação) possam influenciar no desgaste acelerado ou dano à estrutura do edifício histórico.

Tendo em vista dados obtidos através desses ensaios, quando realizados, a norma alemã DIN 4150-3 (2016) define valores de referência para cada tipo de construção que são calculados em mm/s, sendo de 80 mm/s para estruturas em concreto armado, de 60 mm/s para estruturas em concreto e rocha e de 40 mm/s para estruturas em alvenaria. Para edificações históricas é considerado que o limite

de 2 mm/s é capaz de agravar os danos já presentes nas estruturas (DIN 4150-3, 2016).

Em relação a estes limites de vibração a BS 7385-2 (1993) indica que as estruturas abaixo do solo suportam níveis mais elevados de vibração e são muito resistentes a danos, a menos que estejam em condições muito precárias e indica valores de vibração referentes ao surgimento de danos estéticos. Sendo considerado que as estruturas reforçadas de edifícios industriais e comerciais suportam um pico de velocidade de partícula de 50 mm/s, estruturas leves residenciais ou comerciais suportam de 15 mm/s a 20 mm/s (British Standard, 1993).

É importante investigar as ligações entre os níveis de vibração gerados pelo tráfego rodoviário e a possibilidade do dano causado às edificações históricas, tendo em vista que as irregularidades na pavimentação ao momento de passagem de um veículo pesado, de cerca de 20 mm de amplitude são capazes de gerar velocidades de partículas de até 5 mm/s, apresentando danos arquitetônicos graves nas edificações (Chiostrini; Marradi; Vignoli, 1995).

Portanto, ao avaliar a influência da vibração em uma estrutura, é essencial determinar se o edifício está situado em uma “zona de influências dinâmicas” (Tabela 1), sendo estas, variáveis, dependendo da atividade desenvolvida no entorno de uma edificação relacionado com a distância dessa fonte de vibração, além do percurso de propagação da vibração e das características dinâmicas específicas de cada estrutura (Kowalska-Koczwarra; Stypuła, 2016).

Tabela 1– Faixa de zonas de influência

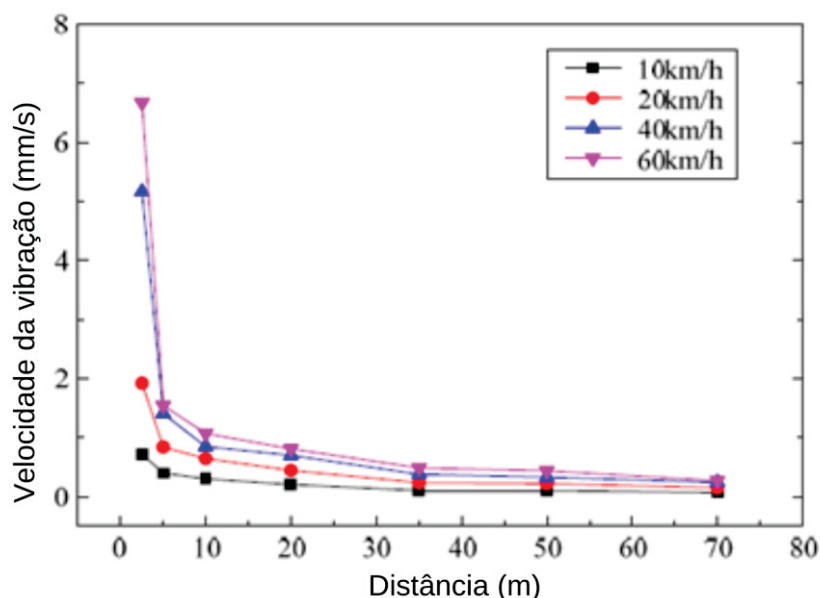
Faixa de zonas de influências dinâmicas	
Fonte de vibração	Alcance da zona de influência dinâmica
Ferrovia	15 - 50 m
Trem elétrico	15 - 25 m
Metrô	40 m
Cravação de estacas de fundação	40 - 60 m
Compactação do solo por rolo vibratório	20 - 60 m
Cravação de estaca - bate estacas	30 m
Cravação de chapa com martelo de impacto	20 m

FONTE: Adaptada de Kowalska-Koczwarra; Stypuła, 2016.

As vibrações causadas por veículos pesados, de acordo com Zhu *et al.* (2023) se mostram mais sensíveis à mudança na velocidade, tendo em vista o “efeito de choque”, sendo que a energia gerada é atenuada durante a sua propagação, portanto, quanto mais longe a fonte de vibração, menor é a intensidade

da vibração no ponto em que ela é medida. De acordo com o autor, quando a distância da vibração excede a 20 m (Figura 2) a energia vibratória tende a diminuir, tendo em vista que “a velocidade de vibração se atenua extremamente rápido em curta distância” (Zhu *et al.*, 2023, p. 8).

Figura 2 – A resposta de vibração em diferentes velocidades



FONTE: Adaptada de Zhu *et al.*, 2023.

De acordo com a Figura 2, em relação ao tráfego rodoviário, obteve-se uma distância de segurança (20 m), sendo a distância de segurança diretamente correlacionada à velocidade de deslocamento, haja vista o valor crítico de vibração de 0,15 mm/s indicado em normas (Zhu *et al.*, 2023).

O dano causado pelo atrito entre o veículo e a estrada pode ocasionar em dano estrutural, podendo atingir elementos horizontais, sendo o dano horizontal o mais perigoso, pois impacta as estruturas pelo solo, advindo da vibração da superfície de uma estrada, gerando ondas superficiais no subsolo, sendo que a “vibração do subsolo induzida pelo tráfego é bastante complicada devido a uma série de fatores relacionados a reflexões, fraturas, amortecimento e interações entre várias ondas que se propagam em velocidades diferentes e em frequências diferentes (Urushadze, Pirner, 2020, p.2. Tradução nossa).

Além dos danos estruturais as vibrações podem causar danos cosméticos ou arquitetônicos, constituindo uma ameaça grave para o Patrimônio, onde esses danos são acentuados por diversos fatores, como o baixo nível de manutenção de

uma edificação, as irregularidades dos pavimentos e a proximidade destes edifícios aos fluxos intensos de veículos (Zini; Betti; Bartoli, 2021).

As vibrações geradas por veículos automotores podem impactar uma estrutura de três maneiras distintas. Primeiramente, ocorre o dano direto, em que as vibrações podem induzir falhas imediatas. Em segundo lugar, há o dano por fadiga, que resulta da repetição de níveis de estresse menores, acumulando efeitos ao longo do tempo. Por último, o disparo, que é provocado pela “concentração de estresse que ocorre naturalmente, há uma alta probabilidade de que, com o aumento do número de veículos pesados, as vibrações coincidam com um pico de estresse causando danos” (Chiostrini; Marradi; Vignoli, 1995, p. 71).

A vibração gerada pelo tráfego rodoviário se dá em função também do pavimento existente, onde a geração de energia vibratória aumenta quando há irregularidades na via, em relação aos pavimentos irregulares, como os prismáticos (paralelepípedos) à base de rochas ígneas (granitos), são estes os que geram mais energia vibratória (Gevú; Varela; Niemeyer, 2020).

O efeito das vibrações é apresentado através de lesões ou trincas presentes nos panos da edificação, esses danos são causados em edificações históricas, mas não só nelas, ocorrendo também em edifícios modernos, estes últimos apresentam mais resistência, tendo em vista as suas técnicas construtivas e emprego de materiais, como estrutura contraventada (Resende, 2011).

Segundo Resende (2011), em Ouro Preto há um grande impacto da vibração automotora nas edificações históricas, este fato está aliado à presença de vias estreitas, o tipo de terreno, tipo de veículo, qualidade da pavimentação da via e tipo de ocupação do solo. Outro fato que contribui para a presença dessa vibração é a topografia local, a qual é acidentada e demanda maior força do veículo para vencer grandes inclinações das vias, gerando maior atrito no solo e propagando a vibração através da pavimentação (Ibidem).

Em edifícios históricos, pode chegar a ser significativo o efeito das acelerações verticais, ou seja, aquela vibração propagada através do solo para estruturas que compõem a edificação, porque estas, quando atuam para cima, reduzem o efeito das forças devido ao peso da estrutura, que são normalmente favoráveis à resistência da estrutura em face de cargas horizontais (Resende, 2011).

Além disto, as vibrações afetam as fundações as quais transmitem as suas ondas longitudinalmente e transversalmente, onde o dano não pode ser detectado

de imediato, no entanto, essa exposição à vibração à longo prazo pode levar a danos significativos (Bongiovanni *et al.*, 2011).

Os danos podem comprometer a integridade física dos edifícios, pela desagregação de materiais devido à fricção, pela fadiga estrutural ou pelo surgimento de recalques diferenciais na fundação, onde pode-se observar os sinais de risco à estas estruturas pela composição do seu entorno, como elementos de pavimentação de ruas com rachaduras, ou deslocamento, “muros trincados, de tubulações rompidas; ou seja, uma série de lesões que têm uma causa comum: as vibrações provocadas por veículos automotores e, em outra escala, por vibrações sonoras (Resende, 2011, p.18.).

As vibrações são responsáveis pela deterioração de edifícios históricos, porém outros efeitos prejudiciais são ignorados, ainda há o fato de que esses edifícios podem não ser estruturalmente sólidos e a degradação que ocorre por essa vibração ou por outros fatores pode já estar acontecendo sem ser perceptível, sendo que os danos mesmo que arquitetônicos/cosméticos podem ser significativos (Grosso; Basso, 2014).

Um elemento pode se deteriorar por uma amplitude de pico na velocidade de 5 mm/s, a qual é capaz de induzir danos em partes não estruturais de um edifício, ocasionando em danos arquitetônicos ou cosméticos, enquanto 50 mm/s pode causar danos em partes estruturais (Bongiovanni *et al.*, 2011). A norma alemã DIN 4150 indica para edifícios residenciais comuns o valor limite de 10 mm/s, já para edificações monumentais é sugerido o limite de 2mm/s pois os danos podem surgir e se agravar devido ao caráter cíclico da carga (Bongiovanni *et al.*, 2011).

De acordo com a ISO 4866:1990, a relação da construção com a excitação dinâmica causada por essa vibração leva a efeitos cumulativos os quais devem ser considerados em níveis elevados e tempos de exposição longos, tendo o dano por fadiga como uma possibilidade de degradação do bem.

As frequências naturais fundamentais de um edifício ou de partes do edifício influenciam a sua resposta e necessitam de ser conhecidas para permitir a aplicação dos vários métodos de avaliação de vibrações. Isto pode ser conseguido através da análise espectral da resposta de baixo nível à excitação ambiente ou pelo uso de excitadores. Quando não for realizada uma análise completa da resposta e for necessária uma avaliação da severidade potencial da vibração, podem ser utilizadas expressões

empíricas que relacionam a altura de um edifício com o período fundamental (ISO 4866:1990).

Grosso e Basso (2014) indicam que as vibrações são responsabilizadas com mais frequência em relação à degradação de edifícios, mesmo naqueles que se encontram com um nível de sensibilidade maior em relação à fragilidade da sua estrutura, decorrente da falta de manutenção, onde os danos cosméticos podem ser significativos e que não há dados comprovados relativos aos danos de longa duração nesses edifícios.

De acordo com Kowalska-Koczwara e Stypuła (2016) há três formas principais de proteger edificações históricas das vibrações, agindo na fonte da vibração, promovendo isolamento dessa vibração, no caminho da propagação, criando barreiras físicas impedindo que essas ondas cheguem até o elemento e no próprio edifício através de sistemas de isolamento nos pisos, sendo a primeira a mais adequada se tratando de edifícios históricos.

O tráfego de ônibus emite vibrações semelhantes aos veículos de carga, a velocidade afeta os impactos de vibração, onde quanto maior a velocidade mais dano é causado, o peso do elemento influencia no impacto e as vibrações “resultam em deformações acentuadas no terreno, com riscos para as estruturas das galerias e dos arrimos” (Resende, 2011).

Grosso e Basso (2014) corroboram Resende (2011) no que diz respeito ao tráfego intenso, onde o trânsito frequente de veículos pesados, além de obras de construções nas proximidades destas edificações podem induzir vibrações que excedem a intensidade causada pelo tráfego normal, sendo responsável pelos danos cosméticos e em componentes estruturais secundários ou primários.

2.4 PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE COLETIVO URBANO

A relação entre transporte e estrutura urbana é fundamental na formulação de políticas urbanas e nos planos de sistemas de transporte. O crescimento da cidade e os padrões de uso do solo dependem desse planejamento, onde os planos diretores e de mobilidade urbana devem quantificar e localizar a demanda, considerando as expansões urbanas e a oferta de serviços centrais, para priorizar as necessidades de transporte dos cidadãos (Araújo *et al.*, 2011).

A Lei n.º 14.311 de 24 de julho de 2022 que aprova a lei que dispõe sobre o Plano de Mobilidade Urbana do Município de Ponta Grossa, estabelece que:

Art. 15. São diretrizes da política de Circulação Viária e de Transportes:

[...]

X - urbanizar adequadamente as vias da rede estrutural e corredores de transportes, de modo a garantir a segurança dos cidadãos e a preservação do patrimônio histórico, ambiental, cultural, paisagístico, urbanístico e arquitetônico do Município (Ponta Grossa, 2022).

Dispõe ainda em sua seção III que trata da Qualificação da Paisagem urbana que:

Art. 18. A Estratégia de Qualificação da Paisagem Urbana tem como objetivo a requalificação dos espaços públicos de circulação do Município através de **ações que garantam a preservação dos valores culturais, históricos e paisagísticos**, promovendo suas potencialidades bem como a plena utilização dos logradouros públicos com conforto e segurança e o bem-estar dos usuários da cidade.

Parágrafo único. Integra o Patrimônio Cultural, para efeitos desta Lei, o conjunto de bens imóveis de valor significativo - edificações isoladas ou não, ambiências, parques urbanos e naturais, praças, sítios e paisagens, assim como manifestações culturais - tradições, práticas e referências, denominados de bens intangíveis, que conferem identidade a estes espaços (grifo nosso). (Ponta grossa, 2022).

O transporte urbano se caracteriza pelo deslocamento, que pode ocorrer por diversos motivos, envolvendo as ações rotineiras da vida urbana ou por necessidades específicas, podendo ocorrer de diversos modos, onde o transporte coletivo é um deles (Ferraz *et al.*, 2024).

O serviço do transporte coletivo torna-se essencial no meio urbano, tendo em vista que este influencia nas dinâmicas urbanas, possibilitando investimentos comerciais, correlacionados com o uso e ocupação do solo de determinada área, estimulando a oferta de serviços e infraestruturas e determinando a localização destes elementos (Araújo *et al.*, 2011).

Para o dimensionamento do transporte coletivo urbano (TCU) deve-se considerar a demanda, ou seja, o volume de passageiros que se deslocam entre um determinado percurso, onde este volume é considerado pelo órgão gestor na

elaboração dos itinerários, tendo em vista que a demanda tem poder de influência sobre a oferta (FIPE, 2022).

Além da demanda deve-se considerar a conectividade, que de acordo com Ferraz *et al.* (2024) é relacionada com a facilidade de deslocamento entre dois pontos, que depende da distribuição da rede de linhas de transporte coletivo e a sua interligação física e tarifária, a qual minimiza maiores deslocamentos por outros meios de transporte e diminui os custos, haja vista a integração tarifária do transporte público.

De acordo com o Relatório 10 do Plano de Mobilidade Urbana da cidade de Ponta Grossa, para se obter um diagnóstico das rotas de transporte coletivo do município foram realizadas pesquisas de velocidade de retardamento e atraso em interseções, utilizando-se de um GPS registrando o percurso das viagens sendo possível detectar o tempo em que o veículo fica parado, o tempo de deslocamento e a velocidade média bruta e líquida (URBTEC, 2019).

Ferraz *et al.* (2024) discorrem que a distribuição e a quantidade de viagens diárias realizadas pelo transporte coletivo dependem de alguns fatores, como:

Nível de desenvolvimento socioeconômico da cidade; tamanho da cidade e características de ocupação e uso do solo; clima; cultura/tradição no uso da bicicleta e do transporte coletivo; existência ou não de políticas de restrição ao uso do carro, tarifa e qualidade do transporte público e semipúblico; facilidade para locomoção de bicicleta e a pé; grau de uso da tecnologia da comunicação [...] (Ferraz, 2024, p.115).

Segundo a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, o Plano de Mobilidade Urbana da cidade de Ponta Grossa possui pontos equivocados, onde é feito o cálculo da rota linha por linha, indicando a necessidade de “considerar que um ônibus precisa atender a mais de uma linha”, caracterizando o reaproveitamento de frota (FIPE, 2022, p.16).

A distribuição espacial, por sua vez, representa a forma como os usuários utilizam os serviços de TCU, ao longo do itinerário de uma dada linha, definindo sua origem e destino. Indica a movimentação dos passageiros num percurso, tendo como principais parâmetros operacionais o fator de renovação e a matriz de origem e destino. Essa matriz, conhecida como matriz O/D, corresponde a representação gráfica do fluxo dos passageiros, permitindo identificar o início e o fim de seu deslocamento. Esta

representação pode ser aplicada para uma linha, região e até cidade, sendo instrumento importante no macro e microplanejamento do TCU (FIPE, 2022 p.19).

Os padrões de qualidade sugeridos para o transporte coletivo por meio do ônibus urbano indicam que uma distância maior do que 500 metros na parada do usuário até o seu destino é considerada uma distância ruim, sendo insatisfatória a realização do restante do percurso a pé. Se considerada a frequência de atendimento o intervalo de menos de 30 minutos é considerado adequado e em relação ao tamanho destes veículos os usuários preferem a disponibilização de ônibus maiores e indicam a preferência na conectividade entre pontos e linhas por meio de integrações físicas e tarifárias (Ferraz *et al.*, 2024).

As linhas de transporte coletivo maiores do que o necessário ocasiona em perda de eficiência operacional, as quais estão interligadas com o traçado das linhas, onde “itinerários tortuosos e sinuosos aumentam a distância percorrida e conduzem velocidades médias mais baixas, devido à reduzida velocidade nas conversões. Com isso, a frota necessária é maior” (Ferraz *et al.*, 2024, p. 152).

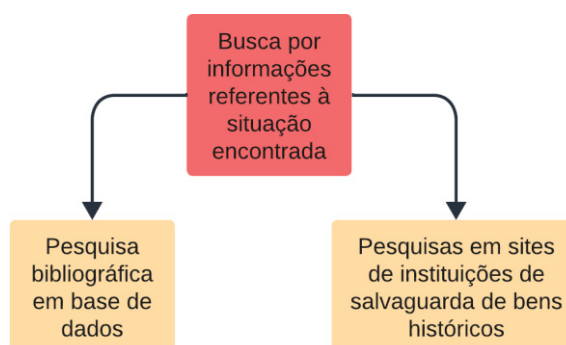
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A estrutura metodológica da pesquisa objetiva a exploração do campo de modo a entender a dinâmica da cidade de Ponta Grossa em relação às configurações do transporte coletivo e a sua incidência no entorno do patrimônio histórico edificado de tombo Estadual.

Como pode ser observada na Figura 3, iniciou-se a pesquisa buscando referencial teórico dos temas correlacionados ao objeto de estudo, como forma de compreender as condicionantes que devem ser levadas em consideração no momento da escolha e análise dos objetos de estudo. O levantamento bibliográfico levou em consideração as normas, trabalhos correlacionados e as publicações de instituições de salvaguarda de bens históricos como o IPHAN e a Coordenação Estadual de Patrimônio Histórico e Artístico do Paraná.

Figura 3 – Esquema da busca pelo referencial teórico



FONTE: A autora, 2024.

Como resultado dessa busca foram levantados os temas que norteiam a pesquisa, como edificações históricas, planejamento e mobilidade urbana, vibração causada por veículos automotores. A pesquisa ocorreu por meio de bases de dados reconhecidas de busca de artigos, teses, dissertações e demais documentos que fossem úteis na formulação da pesquisa, foi feita uma ampla busca pelos temas que possuem relação com esta dissertação.

O referencial teórico foi abordado sob diferentes perspectivas, conduzindo, contudo, a resultados convergentes, como pode ser observado na Tabela 2. São poucas as referências que possam caracterizar o objeto a ser estudado, devido ao baixo número de publicações.

Buscando flexibilizar mais os resultados, não foi utilizada a determinação de períodos específicos, sendo feita uma ampla busca de todo o material já publicado, haja vista a escassez de acervo específico.

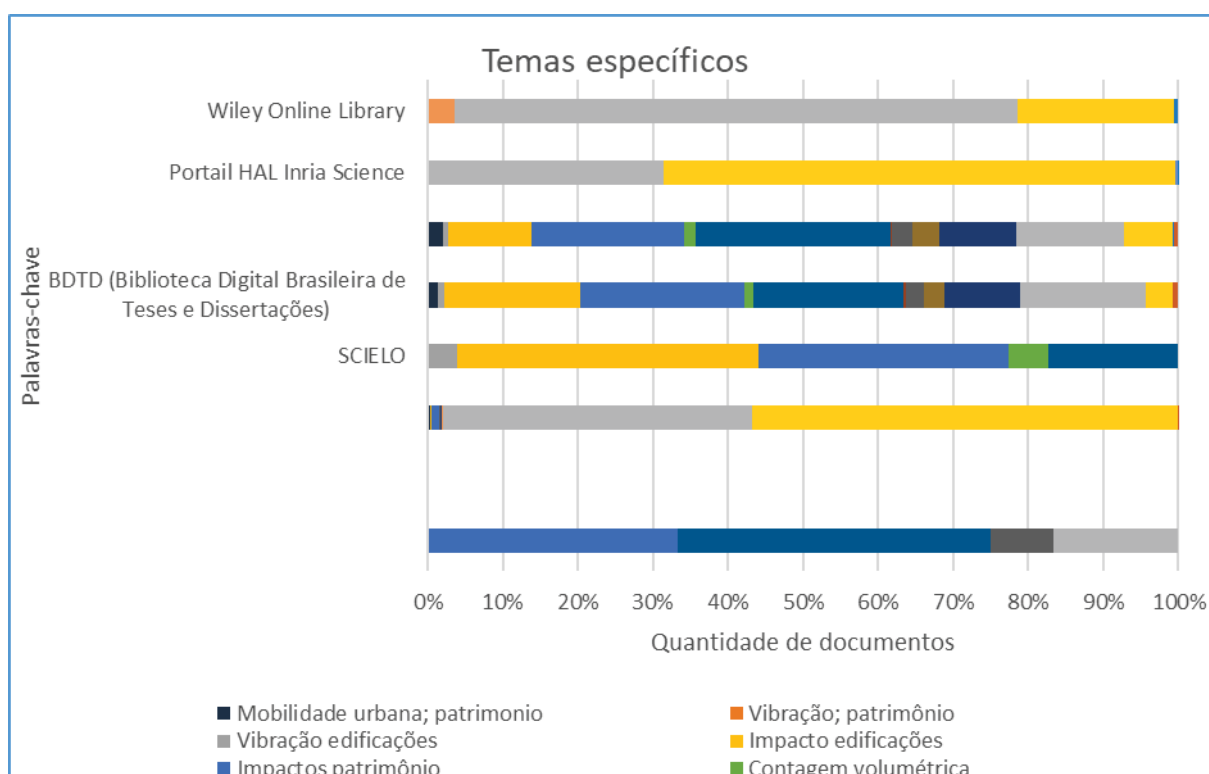
Tabela 2– Pesquisa de referencial teórico

Portal CAPES				SCIELO	BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações)		Portail HAL Inria Science	Wiley Online Library	Science Direct
Grupo de assuntos	Dissertação	Tese	Artigo	Artigo	Dissertação	Tese	Arquivos diversos	Arquivos diversos	Arquivos diversos
Mobilidade urbana; patrimônio	0	0	484	0	65	33	0	0	0
Vibração; patrimônio	0	0	6	0	1	0	0	0	0
Vibração edificações	0	0	14	3	34	10	0	0	0
Impacto edificações	0	0	407	30	840	178	0	1	2
Impactos patrimônio	4	0	1569	25	1.003	326	0	62	623
Contagem volumétrica	0	0	35	4	56	25	0	0	5
Peso de veículos	5	0	185	13	921	416	0	6	54
Vibração; trânsito	0	0	4	0	13	2	0	0	
Veículo; patrimônio	1	0	72	0	115	45	0	0	8
Mobilidade; patrimônio	0	0	82	0	124	56	0	0	8
Patrimônio histórico; impacto	0	0	337	0	460	163	2	23	196
Trepidação; centro histórico	0	0	0	0	0	0	0	0	
Carta patrimonial de Washington	0	0	5	0	4	1	0	329	15
vibration tests; historical buildings	0	0	232	0	0	1	0	62.949	14694
historical buildings	2	0	69.074	0	768	230	573	1.304.549	355.111
vibration measurements	0	0	95.411	0	166	103	1.241	362.033	807.231
dommages aux bâtiments historiques	0	0	5	0	0	0	7	60	99
vibration; bus; historical heritage	0	0	0	0	0	0	0	884	219
;Limited traffic zones, urban noise	0	0	41	0	0	2	2	8.999	11.317
Roteirização do transporte coletivo	0	0	1		35	10	0	0	0

FONTE: A autora, 2024.

Os dados obtidos na pesquisa pelo referencial são demonstrados de forma mais expressiva na Figura 4, o qual permite observar a diferença de resultados encontrados nas diversas plataformas consultadas por tema, elencando apenas os temas específicos, excluindo-se os mais abrangentes, tendo em vista o grande número de publicações genéricas encontradas com palavras-chaves mais comuns.

Figura 4 – Temas buscados para o referencial teórico



FONTE: A autora, 2024.

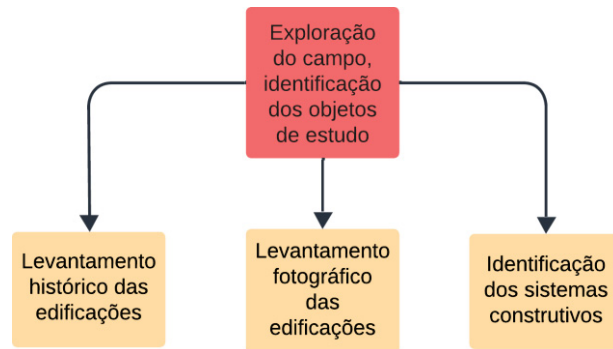
Tendo em vista o tema escolhido e os assuntos a serem discutidos, há a presença de mais publicações estrangeiras do que nacionais sobre o tema discutido, que trata da vibração causada por veículos automotores no entorno de edificações históricas, demonstrando a importância de publicações nacionais que visem à conscientização do problema elencado de forma mais acessível.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

Após o levantamento dos dados teóricos, referentes a publicações e normas técnicas e entendido o problema a ser discutido, foi feita a identificação das edificações, e as áreas que foram estudadas, conforme o esquema demonstrado na Figura 5.

As informações referentes a alguns elementos puderam ser observadas *in loco* nas vistorias realizadas, além de ser levadas em consideração informações obtidas através de profissionais da área e anotações presentes nos inventários de tombamento dessas edificações.

Figura 5 – Esquema do levantamento inicial



FONTE: A autora, 2024.

Atualmente existem mais de 60 edificações tombadas a nível Municipal em Ponta Grossa e de 7 a nível Estadual, além de uma edificação nos dois níveis de tombamento. O presente estudo se delimita as 7 edificações históricas elencadas no Livro do Tombo Estadual, de acordo com a relação de bens tombados disponibilizada pelo Departamento de Patrimônio Histórico do Município (Quadro 1).

O quadro 1 demonstra cada edificação de acordo com a sua localização geográfica (coordenadas), endereço, ano de construção e zoneamento urbano, definido pela lei de uso e ocupação do solo do município, além do ano de sua construção.

Quadro 1 - Bens Tombados, seleção de objetos de estudo

Item	Designação	Endereço	Nº	Ano de construção	Zona	Processo	Coordenadas	Tipo de via
TOMBADOS PELO COMPAC (nível municipal) E PELA CEPHA (nível estadual)								
1	Hospital 26 de Outubro	Rua Joaquim Nabuco	59	1931 (94 anos)	ZM2	05/2001	25°05'42.6"S 50°09'05.4"W	Local
TOMBADOS PELA CEPHA (nível estadual)								
Item	Designação	Endereço	Nº	Ano de construção/idade	Zona	Processo	Coordenadas	Tipo de via
2	Mansão Vila Hilda	Rua Julia Wanderley	936	1920 (105 anos)	ZT	03/1990	25°05'30.7"S 50°09'43.5"W	Local
3	Casa da Memória (Conjunto das Estações)	Rua Benjamin Constant	318	1894 (131 anos)	ZEPA	04/1990	25°05'44.8"S 50°09'20.0"W	Arterial
4	Estação Saudade (Conjunto das Estações)	Praça João Pessoa	s/n	1900 (125 anos)	ZEPA	04/1990	25°05'36.8"S 50°09'11.4"W	Arterial
5	Colégio Estadual Regente Feijó	Rua do Rosário	194	1927 (98 anos)	ZCH	13/1990	25°05'34.6"S 50°09'34.6"W	Coletora
6	Edifício do Fórum da Comarca de Ponta Grossa	Rua Engenheiro Schamber	654	1928 (97 anos)	ZCH	14/1990	25°05'49.2"S 50°09'31.3"W	Local
7	Edifício Guilherme Neumann (PROEX)	Praça Mal. Floriano Peixoto	129	1933 (92 anos)	ZCH	15/1990	25°05'51.1"S 50°09'33.7"W	Local

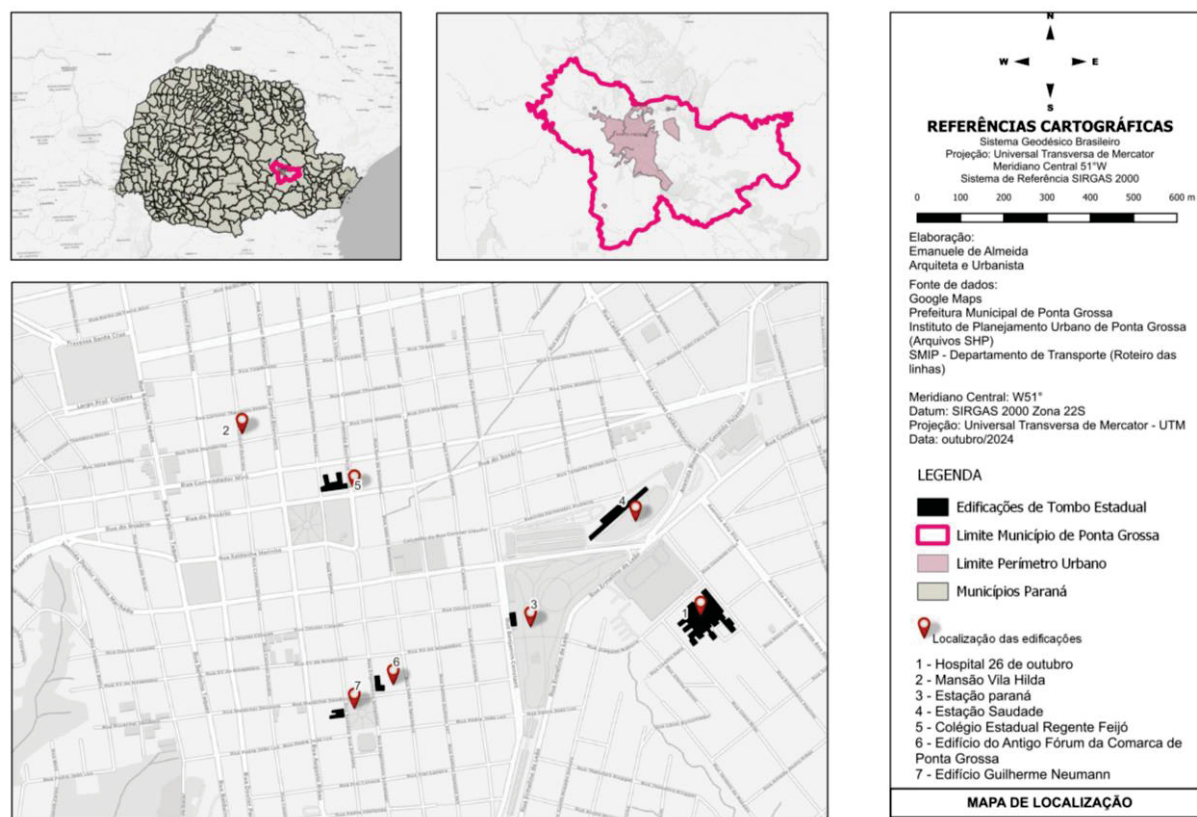
FONTE: adaptado da Secretaria Municipal de Cultura, 2020.

A idade das edificações varia entre 92 e 131 anos, de acordo com os dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Cultura, porém, maior parte dessas edificações, 6 ao total, foram tombadas no mesmo ano, sendo o Hospital 26 de outubro com tombo posterior.

Para o estudo, foram consideradas apenas as edificações de tombo Estadual devido a sua relevância política e social, além de limitar os objetos de estudo em volume e área geográfica, a fim de se obter dados mais precisos sobre estas edificações, como forma de estudar uma proposta metodológica para esse tipo de pesquisa.

O mapa da Figura 6 indica a localização do Município de Ponta Grossa no Estado do Paraná, a delimitação do Município e o perímetro urbano, além da localização das edificações e a proximidade entre si. As edificações de tombamento em nível Estadual estão destacadas em preto no mapa e se concentram em sua maior parte no centro da cidade.

Figura 6 – Mapa de localização das edificações selecionadas

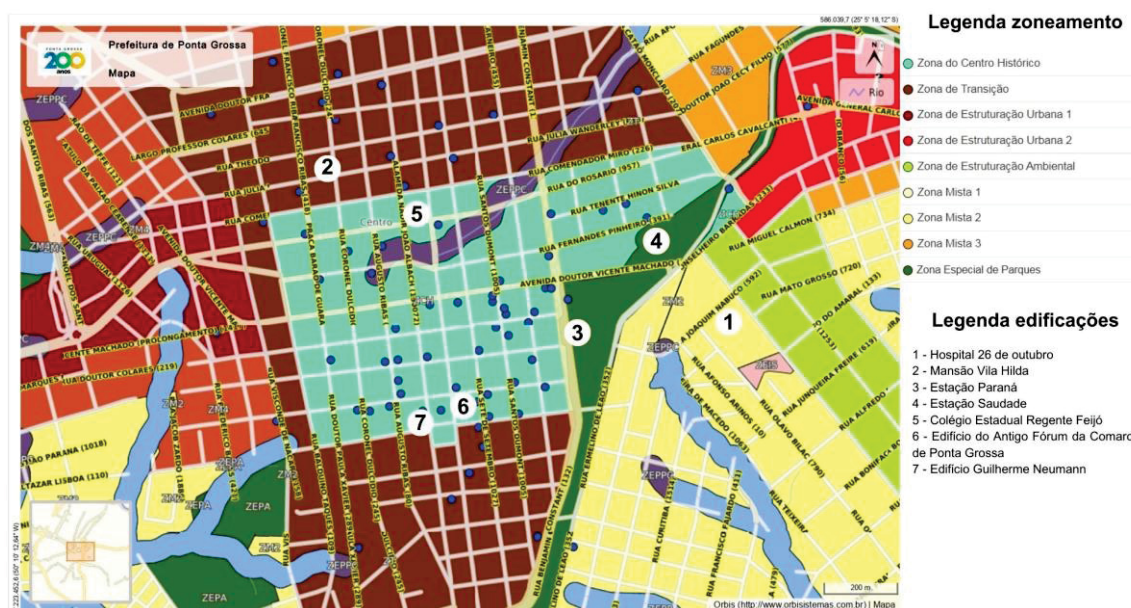


FONTE: A autora, 2024.

De acordo com o zoneamento municipal do ano de 2024 (Figura 7) as edificações do Colégio Regente Feijó, Edifício do Antigo Fórum da Comarca de

Ponta Grossa e Edifício Guilherme Neumann encontram-se na chamada Zona Centro Histórico (ZCH), o Hospital 26 de outubro encontra-se na Zona Mista 2 (ZM2), a Estação Paraná e Estação Saudade em Zona Especial de Parques (ZEPA) e a Mansão Vila Hilda em Zona de Transição (ZT). Apesar de não contemplar nenhuma edificação, ainda é possível observar em roxo no mapa da Figura 7 a Zona Especial de Preservação Permanente (ZPPC), que cruza parte da Zona Centro histórico.

Figura 7 – Mapa de zoneamento da cidade de Ponta Grossa



FONTE: Adaptado de Prefeitura municipal de Ponta Grossa, 2024.

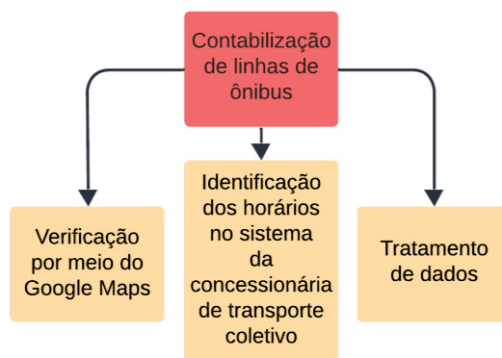
Os círculos em azul escuro no mapa da Figura 7 indicam todas as demais edificações históricas da cidade de tombos Municipal e Estadual. Todas as edificações estudadas encontram-se no Centro da cidade de Ponta Grossa e possuem proximidade entre si.

3.3 PESQUISA VIÁRIA

Em momento posterior à identificação e categorização dos patrimônios históricos, conforme indicado na Figura 8, foi realizada a identificação das vias que confrontam com as edificações com o objetivo de diagnosticar os pontos de concentração de maior fluxo de veículos do transporte público com base em seus respectivos pontos de ônibus.

Foi possível desenvolver essa etapa através do arquivo em *Shapefile* (vetor de formato aberto) utilizado na aprovação do Plano de Mobilidade Urbana (2022) contemplando as linhas de transporte coletivo no site da prefeitura Municipal de Ponta Grossa para posterior tratamento de dados.

Figura 8 – Esquema para a contagem volumétrica



FONTE: A autora, 2024.

Para o levantamento de fluxo de veículos de transporte público, foi levado em consideração o mapa e os horários do transporte coletivo nas vias de impacto direto à essas edificações, onde esses dados foram extraídos do site da concessionária de transporte coletivo do Município e do *Google Maps*.

Para a análise do impacto das vibrações de veículos pesados no entorno das 7 edificações históricas de tombamento Estadual na cidade de Ponta Grossa/PR, foi realizado o levantamento das linhas de ônibus no entorno dessas edificações, de forma a analisar por meio de tráfego fixo e permanente de veículos pesados do transporte público.

Foi considerado como crítico o recuo de menos de 20 metros das edificações até a faixa de rolamento das vias onde circulam os veículos de transporte coletivo levantados, onde essa distância foi estabelecida por Zhu *et al.* (2023) como distância segura em relação aos danos que possam vir a ocorrer em edificações históricas advindas da vibração causada por esses veículos pesados.

Os dados obtidos foram lançados no *software* QGis de modo a elaborar mapas indicando maior incidência de linhas com base no volume diário de circulação do transporte coletivo nas proximidades das edificações que são objeto deste estudo.

Em relação às edificações, foram relacionados o tipo da construção, materiais construtivos, a fundação e a idade da edificação, conforme os critérios estabelecidos pela ISSO 4866:1990.

A ISO 4866:1990 classifica as construções de acordo com a sua estrutura, definição e classe, categoria de estrutura, de fundação e o tipo de solo, considerando o grupo da estrutura, a fundação e a natureza do solo. A categoria da estrutura depende da idade da edificação e os seus materiais e métodos, a categoria das fundações leva em consideração a sua metodologia construtiva, o tipo do solo considera a sua composição e estado físico.

Constatadas as características construtivas das edificações foi feita uma análise *in loco* das ruas mais próximas aos objetos de estudo para a verificação do da sua categorização, de acordo com as normas brasileiras de trânsito e transporte, definindo-as como vias estruturais, coletoras, locais ou especiais.

Foi desconsiderada ainda, a pavimentação das vias adjacentes às edificações, por limitações relacionadas à complexidade de análise desses elementos e a sua composição, podendo ser estudado o elemento em pesquisas futuras, tendo em vista que a pavimentação é um dos elementos que implica no dano que possa vir a ser causado nessas edificações, conforme bibliografia encontrada.

Por fim, os dados obtidos através do levantamento de quantitativo de linhas e viagens por dia de cada linha de ônibus foram lançados no QGis gerando mapas de calor, permitindo a análise dos objetos de estudo.

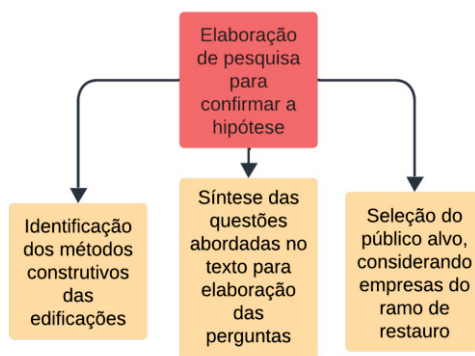
3.4 PESQUISA SURVEY

A pesquisa via questionário foi motivada pela dificuldade em achar bases teóricas diversas acerca do nível de suscetibilidade de edificações às trepidações causadas pelos veículos pesados, onde as fontes encontradas acabaram por se repetir, levando à decisão da elaboração de um questionário para o desenvolvimento de uma metodologia empírica de estudo da suscetibilidade.

A pesquisa foi realizada de forma online, através de perguntas objetivas e descritivas que levam em consideração a experiência pessoal e profissional de cada indivíduo com relação à suscetibilidade dessas edificações perante as trepidações causadas pelo tráfego pesado.

De acordo com o ilustrado no esquema (Figura 9) iniciou-se a elaboração do questionário entendendo as diversas tipologias de construção, compreendendo todos os dados obtidos no referencial teórico para que se possa prosseguir na seleção do público-alvo da pesquisa.

Figura 9 – Esquema da pesquisa por questionário



FONTE: A autora, 2024.

A pesquisa por meio de questionário foi direcionada para empresas já estabelecidas e com experiência na execução de obras de restauro, colhendo o máximo de dados possível, onde os profissionais responderam um questionário elaborado no *Google Forms*, contendo 7 perguntas objetivas e descritivas, sendo 6 obrigatórias (objetivas) e 1 opcional (descritiva).

O método utilizado para a elaboração do questionário foi o *Survey*, onde, segundo Babbie (1999), a pesquisa objetiva a construção de uma teoria, derivação de hipóteses teóricas, operacionalização de conceitos e o teste empírico das hipóteses, sendo um tipo de investigação, podendo ser definida como forma de coletar dados a partir de opiniões de grupos de indivíduos.

Este questionário está intitulado como “Influência da vibração urbana no patrimônio edificado”, pode ser verificado na íntegra no APÊNDICE A. A seguir serão apresentadas as estruturas principais das perguntas e suas respectivas justificativas.

1. Em quais modalidades de intervenção histórica você já trabalhou?

Esta pergunta tem três opções de respostas sendo: Projeto de Restauro; Execução de Obra de Restauro; Acompanhamento de Obra de Restauro e Outro. Esta última opção abre um campo para a descrição e essa pergunta se faz necessária para entender qual a intensidade de intervenções que o profissional já

trabalhou, onde cada resposta apresenta um nível de conhecimento prático diferente sobre o assunto.

2. Em quantas intervenções em Patrimônio Histórico você já trabalhou? (projetos e execução).

A pergunta de número dois demonstra a variedade de experiências de cada indivíduo, onde os dados serão tratados de acordo com a especialidade de cada pessoa.

3. Qual elemento construtivo é mais influenciado pela trepidação causada por veículos automotores em edificações históricas?

Esta pergunta objetiva entender quais elementos estão mais suscetíveis aos danos causados pela vibração nas edificações, levando em consideração a sua estrutura, sistema construtivo, fundação, solo e pavimento.

4. Dentre as estruturas mencionadas, classifique a sensibilidade em relação à hipótese do dano da vibração de veículos automotores ou outros ruídos urbanos em cada método construtivo em que já tenha trabalhado (1 menos sensível a danos e 5 mais sensível a danos estruturais ou estéticos).

Esta questão traz cinco opções de resposta para cada metodologia construtiva, onde o entrevistado poderá ponderar o nível de sensibilidade à vibração de veículos pesados no entorno de cada tipo de construção que tenha executado ou projetado.

5. Você considera que a idade destas edificações contribui para o seu desgaste estrutural advindo da vibração causada por estes veículos automotores?

A idade das edificações pode ser um fator de extrema importância dadas as circunstâncias do seu desgaste no tempo que pode fazer com que estas edificações com maior tempo de vida útil tenham mais sensibilidade, sobretudo pelo seu método construtivo.

6. Em alguma das suas experiências em obras, ou projetos de restauro/reabilitação, você percebeu indícios de que essa vibração urbana atinge negativamente estas edificações?

O ponto principal da pesquisa é verificar se a vibração influencia negativamente na estrutura dessas edificações históricas é percebida, portanto é imprescindível que seja ouvido o maior número de pessoas possível que atue na área a fim de se obter dados que embasem a discussão.

7. Caso tenha respondido "sim" ou "talvez" na pergunta anterior, de que forma foi essa percepção?

A percepção acaba sendo diferente dentre as metodologias construtivas, portanto se faz necessário entender de que forma isso ocorre com base na experiência do entrevistado.

O questionário tem a finalidade de obtenção de resultados reais, no que diz respeito à influência dessa vibração urbana nas edificações em que o profissional que responderá a pesquisa já tenha trabalhado na área em pelo menos uma metodologia construtiva indicada no questionário.

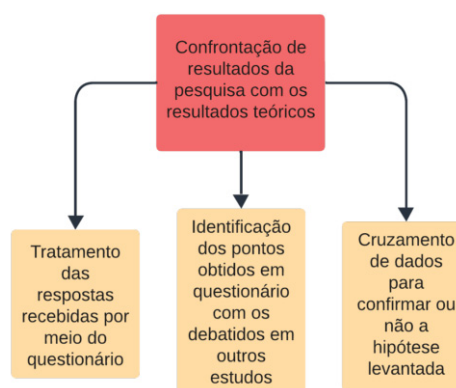
3.4.1 Cruzamento de dados

Para o cruzamento de dados de volume de viagens de ônibus do transporte coletivo e da avaliação dos patrimônios (com base nas entrevistas), foi utilizada a ferramenta SIG através do *software* QGIS, produzindo mapas que apresentam o envolvimento entre as variáveis.

A pesquisa tem um caráter experimental e exploratório, coletando informações ainda desconhecidas para a análise e diagnóstico, utilizando-se de ferramentas para coleta dos dados relacionados ao problema identificado para ampliar estudos futuros e mais direcionados sobre o problema apontado.

Com base nos dados obtidos, conforme indicado na Figura 10, foram feitos os tratamentos dessas informações de acordo com a metodologia aqui exposta em cada etapa do processo a fim de confrontar estes e identificar ou categorizar edificações mais suscetíveis aos danos urbanos do cotidiano de acordo com as suas características.

Figura 10 – Esquema do tratamento de dados obtidos



FONTE: A autora, 2024.

O estudo segue um método científico caracterizado como abordagem empírica, onde é necessária a comprovação prática de algo, por meio de estudos e avaliações físicas de determinadas situações pertinentes ao assunto, além de experimental que consiste em determinar um objeto de estudo, selecionando as variáveis e observando casos semelhantes já consolidados e existentes. Também apresentou resultados quantitativos e qualitativos, onde, a partir da delimitação de campo, foi feita a observação a qual tem o objetivo de confirmar ou contestar as informações levantadas.

4 RESULTADOS

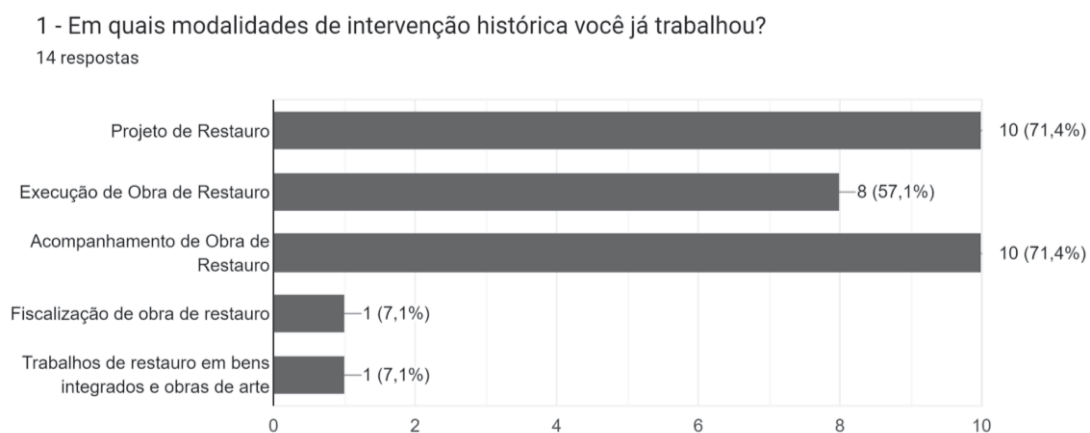
4.1 PESQUISA SURVEY

Foi disponibilizado um questionário por meio do *Google Forms* o qual obteve um total de 14 respostas, que foram direcionadas a profissionais que atuam na área de restauro de edificações históricas.

O questionário foi enviado a profissionais encontrados por meio de indicações de colegas de profissão e por busca geral na internet utilizando o termo “arquitetura restauro” e selecionando empresas e profissionais que atuam na área.

A primeira pergunta do questionário está relacionada com a experiência de cada profissional, onde, de acordo com a Figura 11, dentre os 14 participantes, 71,4% destes trabalhou com projeto e acompanhamento de obras de restauro, seguido de 57,1% profissionais que executaram alguma obra de restauro, sendo 7,1% profissionais que trabalharam ou com fiscalização de obra de restauro ou com trabalhos diversos, como restauro de bens integrados e obras de arte.

Figura 11 – Resultado da pergunta 1 do questionário



FONTE: A autora, 2024.

Destaca-se que a primeira pergunta poderia ter mais de uma resposta, portanto demonstra que os profissionais os quais contribuíram com a pesquisa, em sua maioria possuem experiência em não só uma modalidade. A última alternativa era aberta a profissionais que atuam em outras áreas, tendo como retorno a participação de um profissional que atuou em restauro de bens integrados e obras de arte, demonstrando a diversificação das respostas obtidas.

A pergunta seguinte está relacionada ao quantitativo de obras (Figura 12), projetos ou acompanhamentos em que cada profissional trabalhou, tendo em sua

maioria trabalhado entre 1 e 3 intervenções em bens tombados, com 7 respostas (50%), seguido de profissionais que atuaram entre 10 e 20 intervenções, com 4 respostas (28,6%), mais de 20, com duas respostas (14,3%) e entre 7 e 10 com uma resposta (7,1%), sucessivamente. A opção para quem trabalhou de 4 a 6 intervenções não obteve nenhuma resposta.

Figura 12 – Resultado da pergunta 2 do questionário



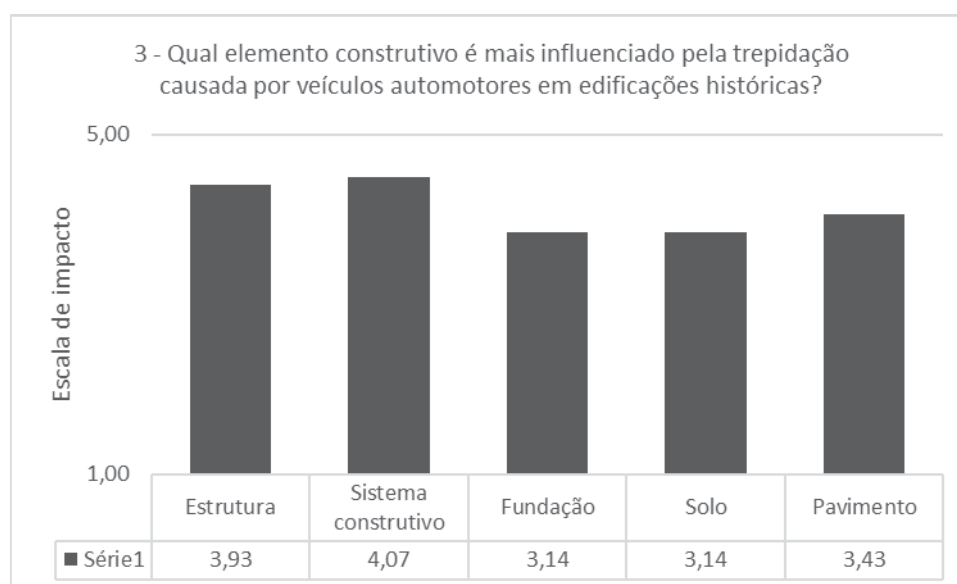
FONTE: A autora, 2024.

A questão demonstra a expertise elevada de cerca de 50 % dos profissionais que contribuíram por meio do questionário, tendo esses, trabalhado em mais de 4 intervenções, podendo essa experiência ser diversa e enriquecedora no ponto da discussão levantada.

A terceira pergunta (Figura 13) visa compreender quais elementos construtivos são mais influenciados pela trepidação causada por veículos automotores em edificações históricas, sendo a Estrutura, Sistema construtivo, Fundação, Solo ou pavimento, onde foram indicados os níveis de influência de cada um. A classificação desses elementos foi dimensionada para uma escala de 1 a 5, sendo 1 pouco influenciada e 5 muito influenciada.

A partir desses resultados, foi filtrada a média na escala entre todas as 14 respostas nesses elementos onde foram obtidas as escalas gerais de 4,07 para sistema construtivo, 3,93 para estrutura, 3,43 para pavimento e 3,14 para fundação e solo, como pode ser observado na Figura 13, que apresenta os resultados das médias dos valores encontrados.

Figura 13 – Resultado da pergunta 3 do questionário



FONTE: A autora, 2024.

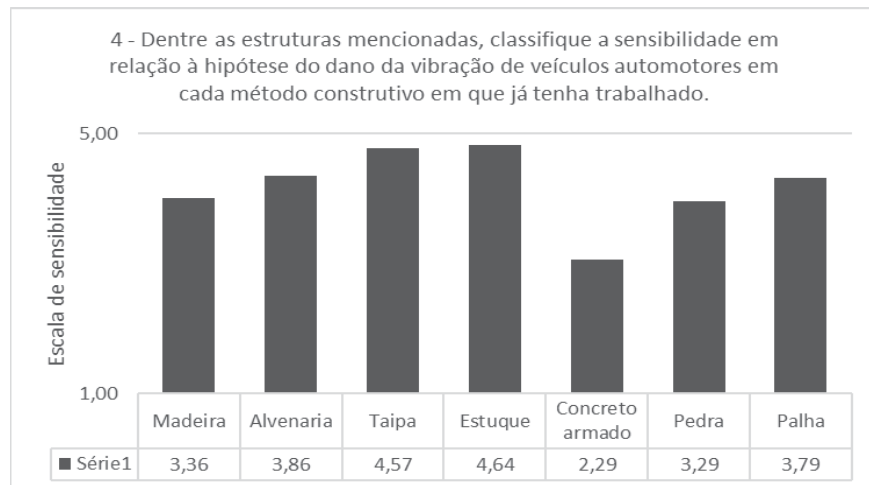
Portanto é possível concluir que, segundo os profissionais que responderam o questionário, dentre os elementos mais influenciados pela vibração estão a estrutura e o sistema construtivo, sendo a estrutura o que sustenta a edificação e o sistema construtivo aquele que caracteriza um período histórico e um método de construção.

A quarta pergunta discorre sobre a sensibilidade em relação ao dano da vibração de veículos automotores em cada método construtivo em que o profissional já tenha trabalhado, a escala de sensibilidade vai de 1 a 5, sendo 1 as menos sensíveis e 5 as mais sensíveis (Figura 14).

A pesquisa obteve o retorno de 42,90% de sensibilidade na escala 4 em construções de madeira, 50% de sensibilidade na escala 4 em construções em alvenaria, 78,60% de sensibilidade em nível 5 de construções em estuque, 42,90% de sensibilidade em nível 2 em construções em concreto armado, 35,70% de sensibilidade em nível 3 em construções em pedra e 35,70% de sensibilidade em nível 5 em construções em palha (APÊNDICE B).

Em relação às 14 respostas obtidas, foi feita a média entre os níveis de sensibilidade em cada tipo de estrutura de construção destas edificações históricas, onde foi possível concluir que, dentre as indicadas, a mais sensível em relação à vibração de veículos automotores pesados é o estuque e a taipa, seguido por alvenaria cerâmica de vedação e palha, madeira e pedra e concreto armado.

Figura 14 – Resultado da pergunta 4 do questionário

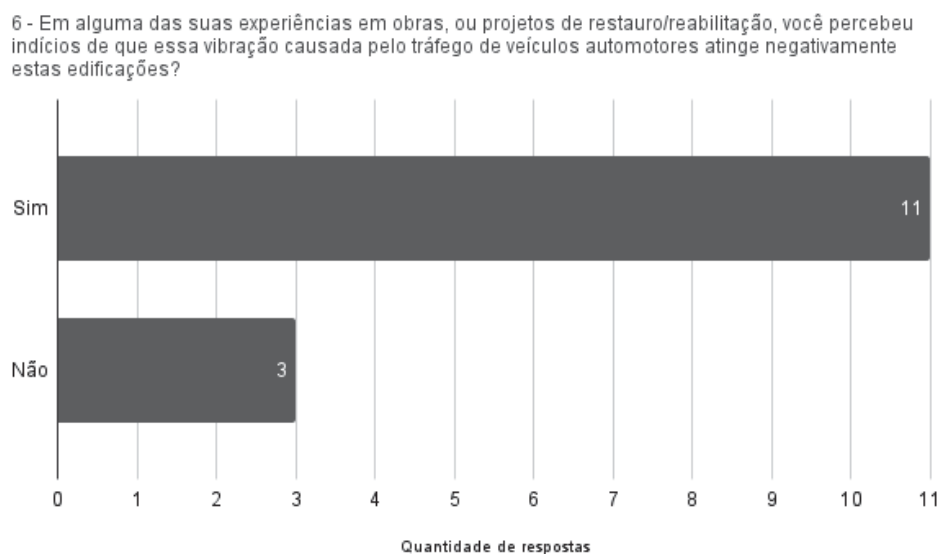


FONTE: A autora, 2024.

Outro ponto levantado no questionário foi sobre a idade das edificações históricas, se ela contribui para o desgaste estrutural advindo da vibração causada pelos veículos automotores, onde 78,60% dos profissionais que responderam o questionário concordam com o aumento do dano relativo à idade, 14,30% discordam e 7,10% não souberam afirmar.

A ultima pergunta objetiva está relacionada à vivência de cada profissional em sua atuação, sobre a sua percepção da vibração dos veículos automotores e se ela atinge negativamente as edificações históricas (Figura 15).

Figura 15 – Resultado da pergunta 6 do questionário



FONTE: A autora, 2024.

Tendo em vista as 14 respostas, 78,60 % dos profissionais responderam que perceberam indícios dessa vibração causada por veículos automotores e que elas

atingem negativamente as edificações de alguma maneira e 21,40% indicaram que não vivenciaram esse fato em intervenções que tenham atuado.

A última pergunta foi considerada opcional, tendo em vista a resposta positiva ou negativa da pergunta de nº 6, tendo 11 respostas as quais indicam que, com as vibrações são evidenciadas as trincas em argamassas em alguns sistemas construtivo, como de alvenaria de tijolos, pedras e barro, além da desagregação de argamassas em construções de barro e estuque, sendo que mesmo as novas construções podem sofrer com as vibrações.

Além desses elementos construtivos, o telhado pode sofrer com essa vibração, ocorrendo a movimentação das telhas, deslocamento de elementos de madeira que se encontram apenas apoiados. Os elementos de vedação, como esquadrias de madeira sofrem com essa vibração tendo em vista o deslocamento de peças que tendem a desalinhar nos seus encontros.

Os profissionais indicaram ainda que além do aumento de trincas existentes, podem ocorrer o aparecimento de novas, e ainda surgimento de problemas mais sérios relacionados à estrutura dessas edificações, como recalques de fundação.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS OBJETOS DE ESTUDO

Com o auxílio do *Google Maps*, foi feito o levantamento das linhas de ônibus por ponto localizado nas proximidades das edificações estudadas, sendo feita a conferência dessas linhas e as viagens diárias no site da concessionária de transporte coletivo da cidade de Ponta Grossa, as quais foram discutidas separadamente por edificação.

Para a produção dos mapas de calor, foi utilizada a ferramenta QGis, onde foram lançadas as rotas das linhas de transporte coletivo obtidas em arquivo *shapefile* através de banco de dados da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa. Como houve uma alteração nas rotas dos ônibus em momento posterior à aprovação do Plano de Mobilidade Urbana, que foi utilizado como base ao traçado das linhas disponíveis no site da prefeitura, foi feito o ajuste manual dessas linhas por meio das rotas obtidas através do *Google Maps*. As linhas utilizadas foram apenas as que incidem diretamente nas edificações estudadas, sendo excluídas aquelas que não foram analisadas.

O mapa de calor foi produzido considerando as sete edificações, porém com recortes pontuais, onde através dos dados de quantidade de viagens por dia

lançadas em cada linha, e uma distância adotada de raio de influência de 20 metros, de acordo com a bibliografia encontrada, gerando um mapa gráfico através da ferramenta Kernel, dentro do QGis, que calcula os dados por meio de interpolação em relação à intensidade pontual de um dado lançado pelo usuário, determinando um nível entre uma região, que foi considerado aqui como “mais suscetível” e “menos suscetível”, onde a suscetibilidade maior está representada em uma cor mais quente no mapa.

Para os dados relacionados às edificações, foram utilizados os inventários das edificações, dados obtidos através de levantamento em campo, além da experiência prática da autora com esses elementos.

4.2.1 O Hospital 26 de outubro

O primeiro exemplar, Item 1 do Quadro 2, é um imóvel tombado tanto pelo Município quanto pelo Estado, se trata do Hospital 26 de outubro, (Figura 16). Localizado na Rua Joaquim Nabuco, 59, no centro da cidade, é um edifício de estilo eclético, com recuos frontais e laterais e grandes jardins arborizados, possui cerca de 15 metros de altura em sua fachada principal. Foi possível, através de uma análise visual, constatar que a estrutura da edificação é elevada, onde é feita a circulação de ar pelas seteiras localizadas no embasamento da edificação, possui bases salientes, pisos de madeira e de ladrilho ou cerâmica, possui paredes de alvenaria cerâmica de vedação, madeira e divisórias.

Figura 16 – Fachada principal do Hospital 26 de outubro



FONTE: A autora, 2023.

O Hospital 26 de outubro está paralelo a um shopping, a sua rua frontal possui grande volume de trânsito de veículos de passeio e de carga, além das linhas de ônibus circular nesta via e na via paralela. Atualmente, de acordo com dados levantados pelo *Google Maps*, passam 3 linhas de ônibus no entorno da edificação, compreendendo a linha Princesa via Coronel Claudio, Jardim Giana, e Cachoeira.

A Tabela 3 demonstra as linhas que influenciam diretamente a edificação, além do *headway*, que demonstra o intervalo médio entre passagens de cada linha indicada, além do volume diário de viagens, somando as saídas do terminal e do bairro.

Tabela 3 – Linhas de ônibus Hospital 26 de outubro

Linha	Headway (min)	Viagens/dia
202 - Princesa via Coronel Claudio	17	62
68 - Jardim Giana	23	35
212 – Cachoeira	22	48
Total		145

FONTE: A autora, 2024.

O volume diário levantado de acordo com as linhas e com os horários disponibilizados no site da concessionária de transporte coletivo urbano da cidade de Ponta Grossa é de 145 viagens por dia, divididos entre as 3 linhas que passam no ponto de ônibus mais próximo que fica a cerca de 13 metros da edificação (Quadro 2).

Quadro 2 – Especificações Hospital 26 de outubro

Designação	Fundação	Sistema construtivo	Idade da edificação (anos)	Qtde. de linhas de ônibus	frequência média (viag/d)	Pavimentação	Calçadas	Recuo (m)	Altura da edificação (m)
Hospital 26 de Outubro	Alvenaria de pedra	Estrutura em alvenaria cerâmica	93	3	145/d	Asfalto	Paralelepípedo	10	15

FONTE: A autora, 2024.

A Figura 17 demonstra a influência das linhas de ônibus que passam paralelas à edificação, sendo um tráfego leve, mas que incide diretamente sobre grande área de projeção da edificação, causando mais impacto nas fachadas principais, paralelas às vias, devido à edificação estar situada em uma esquina de acesso ao shopping e de retorno à avenida principal.

REFERÊNCIAS CARTOGRÁFICAS

Sistema Geodésico Brasileiro
 Projeção: Universal Transversa de Mercator
 Meridiano Central 51°W
 Sistema de Referência SIRGAS 2000

0 50 100 150 m

Elaboração:
 Emanuele de Almeida
 Arquiteta e Urbanista

Fonte de dados:

Google Maps
 Prefeitura Municipal de Ponta Grossa
 Instituto de Planejamento Urbano de Ponta Grossa (Arquivos SHP)
 SMIP - Departamento de Transporte (Roteiro das linhas)

Meridiano Central: W51°
 Datum: SIRGAS 2000 Zona 22S
 Projeção: Universal Transversa de Mercator - UTM
 Data: outubro/2024

LEGENDA

Ponto_onibus

Edificações de Tombo Estadual

Mapa de calor-Incidência de linhas de ônibus

Maior incidência

Menor incidência

Terminais de ônibus

MAPA DE CALOR - HOSPITAL 26 DE OUTUBRO

FONTE: A autora, 2024.

É possível observar a área de influência da circulação das linhas de ônibus circular em um raio de 20 metros, considerada a distância crítica de influência direta da vibração sobre os elementos arquitetônicos e estruturais de um edifício histórico, onde a edificação absorve uma vibração leve em quase toda a sua área de projeção.

4.2.2 Mansão Vila Hilda

Com recuos e jardins, a Mansão Vila Hilda (Figura 18), Item 2 do Quadro 2, possui estilo eclético e atualmente abriga a sede de um museu municipal, após a desocupação da edificação pela Secretaria de Cultura, a qual procedeu a reforma do imóvel no ano de 2023. A edificação está situada em uma quadra onde passam poucos veículos, não sendo rota principal para os pontos mais acessados da cidade e localizada em vias que não alimentam avenidas principais, possuindo um fluxo de veículos baixo, comparado a outras localidades.

Figura 18 – Fachada da Mansão Vila Hilda



FONTE: A autora, 2024.

A edificação possui uma composição marcada por um porão de acesso inferior, escadarias que dão acesso ao primeiro pavimento da edificação, um segundo pavimento e um mirante ao topo e possui apenas uma linha de transporte coletivo em seu entorno imediato, sendo marcada pela passagem apenas do sentido bairro centro da linha da Vila Liane. A Tabela 4 demonstra as linhas que influenciam diretamente a edificação.

Tabela 4 - Linha de ônibus Mansão Vila Hilda

Linha	Headway (min)	Viagens/dia
207 - Vila Liane	25	44

FONTE: A autora, 2024.

O volume diário levantado de acordo com as linhas e com os horários disponibilizados no site da concessionária de transporte coletivo urbano da cidade de Ponta Grossa é de 44 viagens por dia, divididos entre saídas de bairro e de terminal sendo que a rota da linha em questão passa na Rua Coronel Dulcídio (Quadro 3). A rua onde está situada a edificação possui pavimentação em asfalto e calçadas em paralelepípedo e a edificação possui um recuo em relação à rua de aproximadamente 8 metros e altura total, considerando a borda ornamentada da fachada principal, desconsiderando o mirante, em aproximadamente 20 metros.

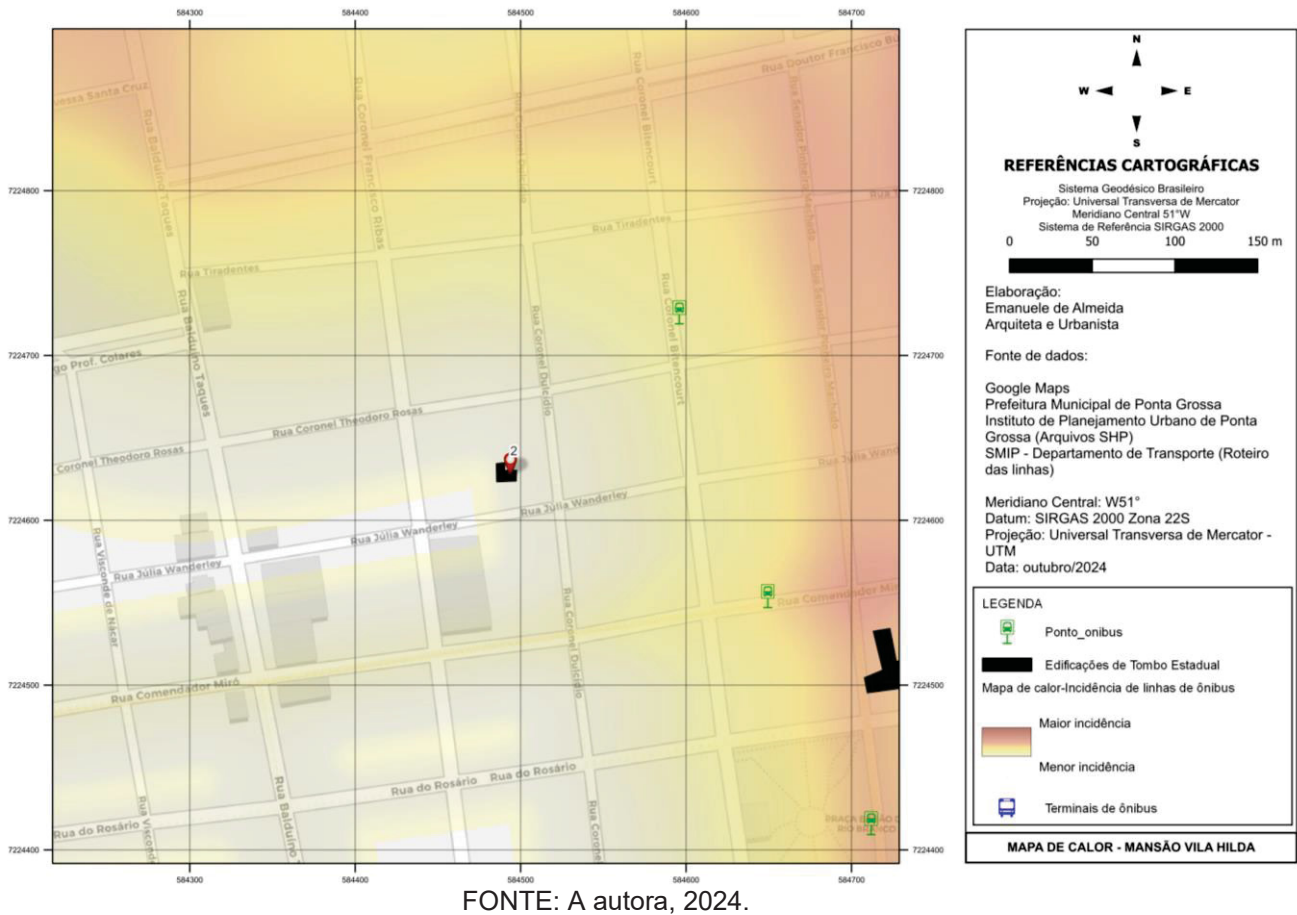
Quadro 3 - Especificações Mansão Vila Hilda

Designação	Fundação	Sistema construtivo	Idade da edificação (anos)	Qtde. de linhas de ônibus	frequência média (viag/d)	Pavimentação	Calçadas	Recuo (m)	Altura da edificação (m)
Mansão Vila Hilda	Alvenaria em pedra	Estrutura em alvenaria cerâmica	104	1	44/d	Asfalto	Paralelepípedo	8	20

FONTE: A autora, 2024.

A Figura 19 apresenta o mapa de calor indicando que a edificação é levemente atingida por apenas uma linha, a qual possui a rota bairro-centro, passando pela Rua Coronel Dulcídio.

Figura 19 – Mapa de calor Mansão Vila Hilda



FONTE: A autora, 2024.

A vibração incide na edificação por completo, levando em consideração a distância segura de 20 metros e o seu recuo de aproximadamente 8 metros, absorvendo as vibrações residuais e acumulativas durante o dia.

4.2.3 Estação Paraná

A Estação Paraná (Figura 20), Item 3 do Quadro 2, está situada à rua Benjamin Constant, 318, no centro da cidade de Ponta Grossa, possuindo proximidade com a Estação Arte e o Terminal Central de ônibus.

Figura 20 – Fachada principal da Estação Paraná



FONTE: A autora, 2023.

A Estação Paraná, se encontra em estado avançado de degradação devido ao seu tempo sem uso, possuindo algumas manifestações patológicas relacionadas à cobertura, comprometendo a estrutura do telhado.

Em relação a esta edificação, com base em conhecimentos práticos da autora, atuando no projeto de restauro da edificação, é possível observar, devido à proximidade com o Terminal de transporte público, a trepidação relacionada a passagem próxima, não só de veículos de passeio, como principalmente de ônibus. Destaca-se que existe atualmente um ponto de ônibus nas proximidades que pode gerar impacto na frenagem de parada diversas vezes ao dia.

De acordo com dados levantados pelo Google Maps, passam 9 linhas de ônibus na rua em frente à edificação, compreendendo o Jardim Vila Velha, Guaíra, Princesa via Coronel Claudio, Jardim Giana, Cachoeira, Barreto, Vila Belém, São Gabriel e Oficinas - Terminal Central.

A Tabela 5 demonstra as linhas que influenciam diretamente a edificação, além do *headway*, que demonstra o intervalo médio entre passagens de cada linha

indicada, além do volume diário de viagens, somando as saídas do terminal e do bairro.

Tabela 5 – Linhas de ônibus Estação Paraná

Linha	Headway (min)	Viagens/dia
170 - Jardim Vila Velha	38	14
214 – Guaíra	32	90
202 - Princesa via Coronel Claudio	17	62
68 - Jardim Giana	23	35
212 – Cachoeira	22	48
209 – Barreto	35	59
135 – 79 - Vila Belém	24	43
79 - São Gabriel	23	51
69 - Oficinas_Terminal Central	15	191
Total		593

FONTE: A autora, 2024.

O volume diário levantado de acordo com as linhas e com os horários disponibilizados no site da concessionária de transporte coletivo urbano da cidade de Ponta Grossa é de 593 viagens por dia, divididos entre as 9 linhas que passam no ponto de ônibus mais próximo que fica a cerca de 20 metros da edificação (Quadro 4). A rua que coleta esse tráfego de veículos possui pavimento asfáltico e as calçadas são compostas por paralelepípedos, sendo o recuo frontal da edificação em relação à rua de aproximadamente 3,40m.

Quadro 4 – Especificações Estação Paraná

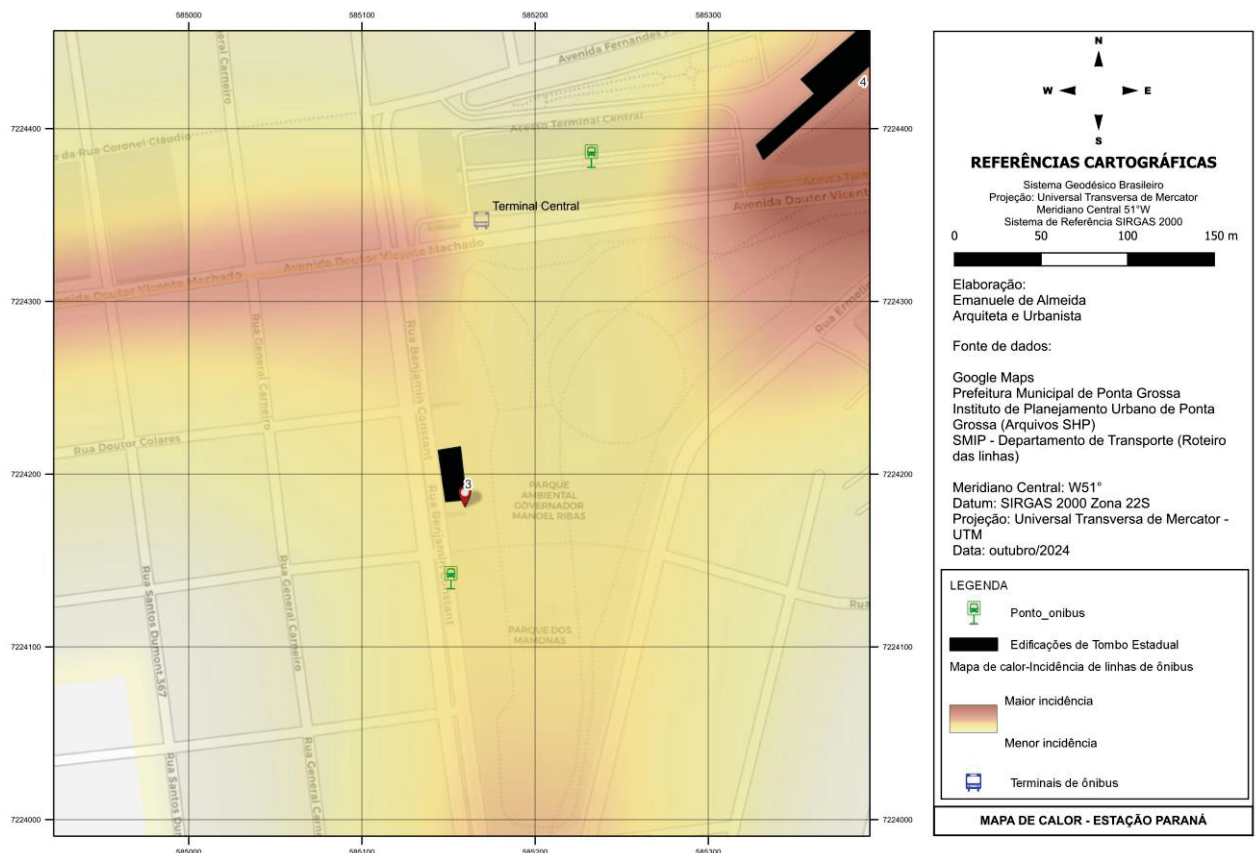
Designação	Fundação	Sistema Construtivo	Idade da edificação (anos)	Qtde. de linhas de ônibus	frequência média (viag/d)	Pavimentação	Calçadas	Recuo (m)	Altura (m)
Estação Paraná (Casa da Memória)	Alvenaria em pedra	Pedra, tijolo maciço e madeira	130	9	593/d	Asfalto	Paralelepípedo	3,40	12

FONTE: A autora, 2024.

A Estação Paraná, devido à sua proximidade com o Terminal Central e a estar em uma via de acesso a este terminal, absorve grande parte da vibração das linhas de ônibus que chegam ao sul e a oeste, além das linhas que saem do terminal ao norte e a leste, conforme pode ser observado pelo mapa de calor da Figura 21.

A edificação fica em localização privilegiada, no centro da cidade, sendo ponto de desenvolvimento urbano tendo em vista as atividades que ocorriam decorrentes da utilização da ferrovia para locomoção e transporte de insumos.

Figura 21 – Mapa de calor Estação Paraná



FONTE: A autora, 2024.

Devido a sua proximidade com as principais rotas de entrada e saída do terminal o impacto da vibração causada por estes veículos pode ser acumulativo durante o dia, incidindo em todas as suas fachadas e impactando a edificação por completo, se considerada a distância segura de 20 metros, tendo em vista o seu recuo frontal de aproximadamente 3,40 m.

4.2.4 Estação Saudade

A Estação Saudade (Figura 22), Item 4 do Quadro 2, que fica situada junto à Praça João Pessoa s/n, no centro, complementa a composição das três estações tombadas em conjunto (Estação Saudade, Estação Paraná e Estação Arte).

Esta, fica distante das outras duas edificações que compõem esse conjunto, considerada como a chegada mais nobre dentre as três estações e também a mais nova entre as três.

Figura 22 – Fachada principal da Estação Saudade



FONTE: A autora, 2023.

A edificação passou por processo de restauração no ano de 2019 e atualmente abriga uma unidade do Sesc e possui proximidade com o terminal central de ônibus, porém com recuo proporcionado pela praça que circunda a edificação o que diminui os impactos que possam ocorrer devido à essa proximidade.

De acordo com dados levantados pelo *Google Maps*, passam 29 linhas de ônibus na rua em frente à edificação, compreendendo as linhas e os intervalos médios de cada uma, listadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Linhas de ônibus Estação Saudade

Linha	Headway (min)	Viagens/dia
112 - Jardim Conceição	21	43
188 - 31 de março	20	61
50 - PLR UTFPR	44	10
162 – Pimentel	29	41
199 - Santa Lucia	27	42
206 - Marina I	26	58
208 – Baraúna	32	34
219 - Central _ Uvaranas	9	247
48 - Jardim Atlanta	30	16
205 - Nucleo Pintangui _ Rio verde	22	106
169 - Santo Antonio	21	48
119 - Monteiro Lobato	18	47
95 - Santa Luzia Terminal Central	34	30
60 - Jardim Maracanã	29	28
110 – UTFPR	28	14

Linha	Headway (min)	Viagens/dia
140 - Vila XV	18	49
75 - Parque dos pinheiros	25	45
202 - Princesa via Coronel Claudio	17	62
68 - Jardim Giana	23	35
103 - Vila Margarida	33	32
Rio Pitangui	35	25
189 - Vila Rica	32	30
192 - Shangrilá_Terminal Central	17	45
195 - Ronda Peixoto	20	47
196 - Santa Terezinha	32	60
197 - Santa Paula	14	118
198 - Santa Monica	14	109
200 - Ronda Antunes Duarte	24	48
203 - Parque Nossa Senhora das Graças	11	104
204 – Palmeirinha	29	74
207 - Vila Liane	25	44
211 - Catarina Miró	23	48
213 – Esplanada	19	40
215 - Leila Maria	37	30
218 - Central_Nova Russia	10	220
Total		2.090

FONTE: A autora, 2024.

O volume diário levantado de acordo com as linhas e com os horários disponibilizados no site da concessionária de transporte coletivo urbano da cidade de Ponta Grossa é de 2.090 viagens por dia, divididos entre as 29 linhas que passam nos dois pontos de ônibus mais próximos, onde o ponto de ônibus mais próximo fica a 150 metros medido em linha reta da edificação até o ponto e o segundo a cerca de 235 metros (Quadro 5).

A edificação possui um recuo da rua mais próxima de cerca de 52 metros e está ao lado de um terminal de ônibus coletivo, o qual possui entradas e saídas pela rua em frente à edificação, por faixas exclusivas de ônibus, além das faixas comuns para veículos diversos.

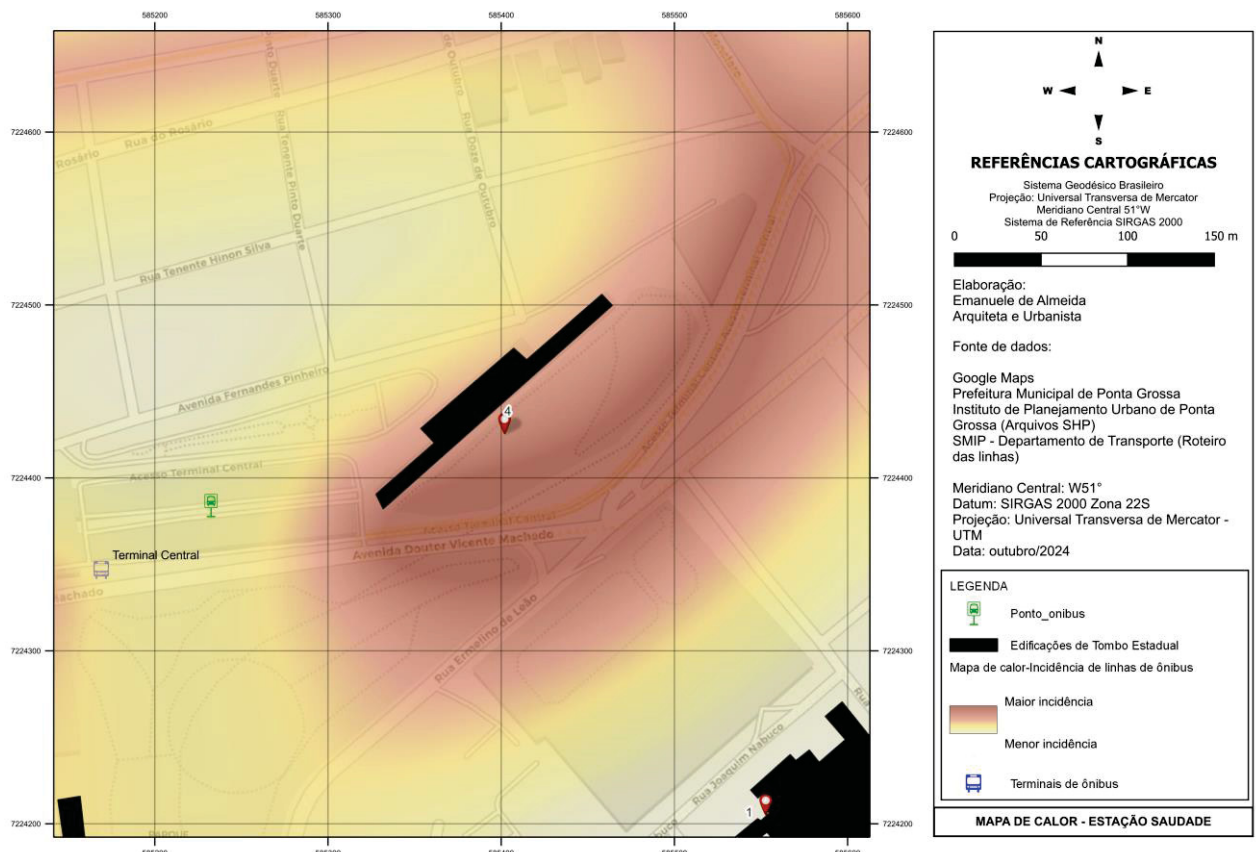
Quadro 5 – Especificações Estação Saudade

Designação	Fundação	Sistema Construtivo	Idade da edificação (anos)	Qtde. de linhas de ônibus	frequência média (viag/d)	Pavimentação	Calçadas	Recuo (m)	Altura (m)
Estação Saudade	Alvenaria em pedra	tijolo maciço, estuque e madeira	124	29	2.090/d	Asfalto	Paralelepípedo	52	12

FONTE: A autora, 2024.

A estação Saudade é a edificação mais atingida dentre todas, pois possui cerca de 2.090 passagens por dia de ônibus de diversos tamanhos, onde, apesar da sua distância da via ser de mais de 20 metros pode absorver uma vibração acumulada devido à sua frequência e intensidade. A Figura 23 apresenta o mapa de calor da edificação

Figura 23 – Mapa de calor Estação Saudade



FONTE: A autora, 2024.

Apesar do recuo de cerca de 52 metros da via onde circulam os ônibus a edificação é uma das mais impactadas, pois recebe alto volume de linhas de ônibus ao longo do dia.

4.2.5 Colégio Regente Feijó

Em meio ao centro da cidade está situado o Colégio Regente Feijó (Figura 24), Item 5 do Quadro 2. De estilo eclético e cor rosada ocupa uma quadra completa, possui diversos blocos, alguns deles de construção posterior à sua inauguração.

Figura 24 – Fachada de esquina do Colégio Regente Feijó



FONTE: A autora, 2024.

A edificação possui dois pavimentos com pé direito alto e é de uso educacional, sendo em partes alinhado à calçada e tendo a sua fachada principal com recuo e jardim. A entrada principal é marcada por uma escadaria que dá acesso ao hall principal e distribui os fluxos às salas de aula. A edificação é em alvenaria cerâmica estrutural e possui pisos em madeira, e apesar do tombamento há uma ampliação aos fundos da edificação que não é original à época.

De acordo com dados levantados pelo *Google Maps*, passam 26 linhas de ônibus (Tabela 7) nas ruas que circundam a edificação, possuindo três pontos de ônibus, onde o primeiro está a cerca de 8 metros da edificação na Avenida Bonifácio Vilela, o segundo a cerca de 77 metros na Rua Senador Pinheiro Machado e o terceiro a cerca de 50 metros na Rua Comendador Miró.

Tabela 7– Linhas de ônibus Colégio Regente Feijó

Linha	Headway (min)	Viagens/dia
50 - PLR UTFPR	44	10
48 - Jardim Atlanta	30	16
169 - Santo Antonio	21	48
119 - Monteiro Lobato	18	47
95 - Santa Luzia Terminal Central	34	30
64 - Roma via Canaã	27	50
60 - Jardim Maracanã	29	28

Linha	Headway (min)	Viagens/dia
73 - Uvaranas Nova Russia	9	76
110 – UTFPR	28	14
140 - Vila XV	18	49
103 - Vila Margarida	33	32
123 - Rio Pitangui	35	25
189 - Vila Rica	32	30
192 - Shangrilá_Terminal Central	17	45
195 - Ronda Peixoto	20	47
196 - Santa Terezinha	32	60
197 - Santa Paula	14	118
198 - Santa Monica	14	109
200 - Ronda Antunes Duarte	24	48
203 - Parque Nossa Senhora das Graças	11	104
204 – Palmeirinha	29	74
207 - Vila Liane	25	44
211 - Catarina Miró	23	48
213 – Esplanada	19	40
215 - Leila Maria	37	30
218 - Central_Nova Russia	10	220
Total		1442

FONTE: A autora, 2024.

As ruas onde se situam os pontos de parada de ônibus delimitam a quadra onde está inserida a edificação, sendo que a edificação ocupa a totalidade da quadra, tendo como volume diário levantado de acordo com as linhas e com os horários disponibilizados no site da concessionária de transporte coletivo urbano da cidade de Ponta Grossa um total de 1.442 viagens por dia (Quadro 6), divididos entre as 26 linhas que passam nos três pontos de ônibus mais próximos

Quadro 6 – Especificações Colégio Regente Feijó

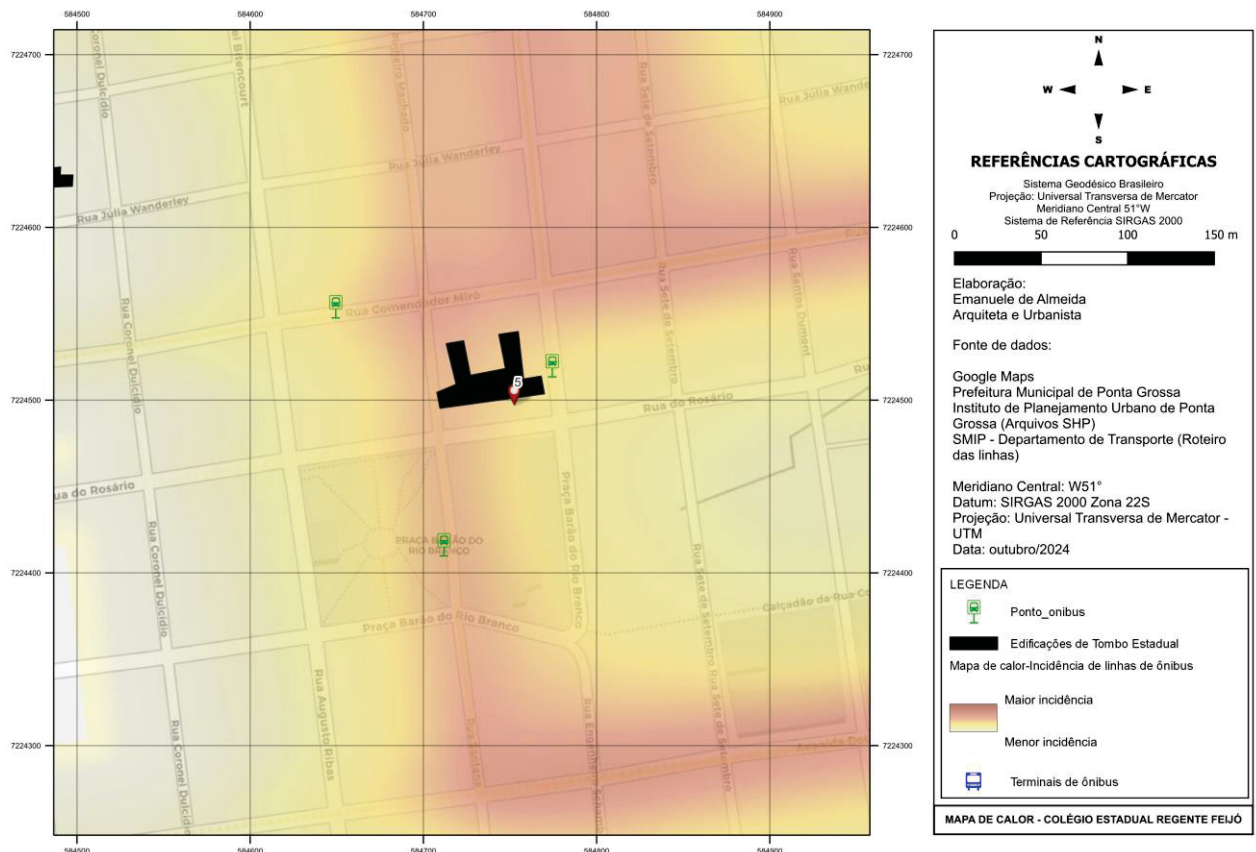
Designação	Fundação	Sistema Construtivo	Idade da edificação (anos)	Qtde. de linhas de ônibus	frequência média (viag/d)	Pavimentação	Calçadas	Recuo (m)	Altura (m)
Colégio Regente Feijó	Alvenaria em pedra	Alvenaria de tijolo maciço e madeira	97	26	1.442/d	Asfalto	Paralelepípedo	2	15

FONTE: A autora, 2024.

A edificação possui idade de 97 anos e atualmente é acometida intensamente pela vibração sobretudo por possuir 3 pontos de parada de ônibus em

seu entorno e não possuir um recuo considerado seguro, de acordo com a zona segura de 20 metros em relação ao alinhamento predial, como pode ser observado na Figura 25.

Figura 25 – Mapa de calor Colégio Regente Feijó



FONTE: A autora, 2024.

Por dia passam cerca de 1.442 viagens de ônibus em 3 das 4 vias que circundam a edificação, permitindo que a energia vibratória atinja a maior parte da estrutura da edificação, podendo trazer danos significativos não só a estrutura da edificação, mas aos alunos e funcionários do colégio.

4.2.6 Edifício do Antigo Fórum da Comarca de Ponta Grossa

O Edifício do Fórum da Comarca de Ponta Grossa (Figura 26), Item 6 do Quadro 2, situado à rua Engenheiro Schamber, 654, no centro, possui estilo eclético com dois pavimentos e um porão, a edificação é marcada por um embasamento saliente estruturado em pedras, a sua estrutura é em alvenaria cerâmica e estuque.

A edificação do Antigo Fórum possui piso de madeira e em arcos abobadados de alvenaria cerâmica, sendo o piso de madeira composto por barrotes

de madeira e acabamento duplo em madeira, com alguns espaços estruturados em laje em formato de abobadilha e ladrilho hidráulico, a ornamentação dos forros é composta por madeira e estuque.

Figura 26 – Fachada principal do Antigo Fórum da Comarca de Ponta Grossa



FONTE: A autora, 2023.

A edificação passou por processo de restauração, finalizado no fim do ano de 2023 e possui um ponto de ônibus na sua esquina. Além de estar situado em vias de tráfego moderado de veículos de diversos tipos ainda é implantado no alinhamento predial, fazendo com possa aumentar a sua suscetibilidade às ações que possam ocorrer decorrentes do tráfego de veículos pesados.

De acordo com dados levantados pelo *Google Maps*, passa 1 linha de ônibus na rua em frente à edificação, sendo esta a linha do Pronto Socorro, o ponto de parada do ônibus está situado a cerca de dois metros e cinquenta centímetros da edificação e possui uma média de passagens de 13 minutos e um total de 58 viagens por dia (Quadro 7).

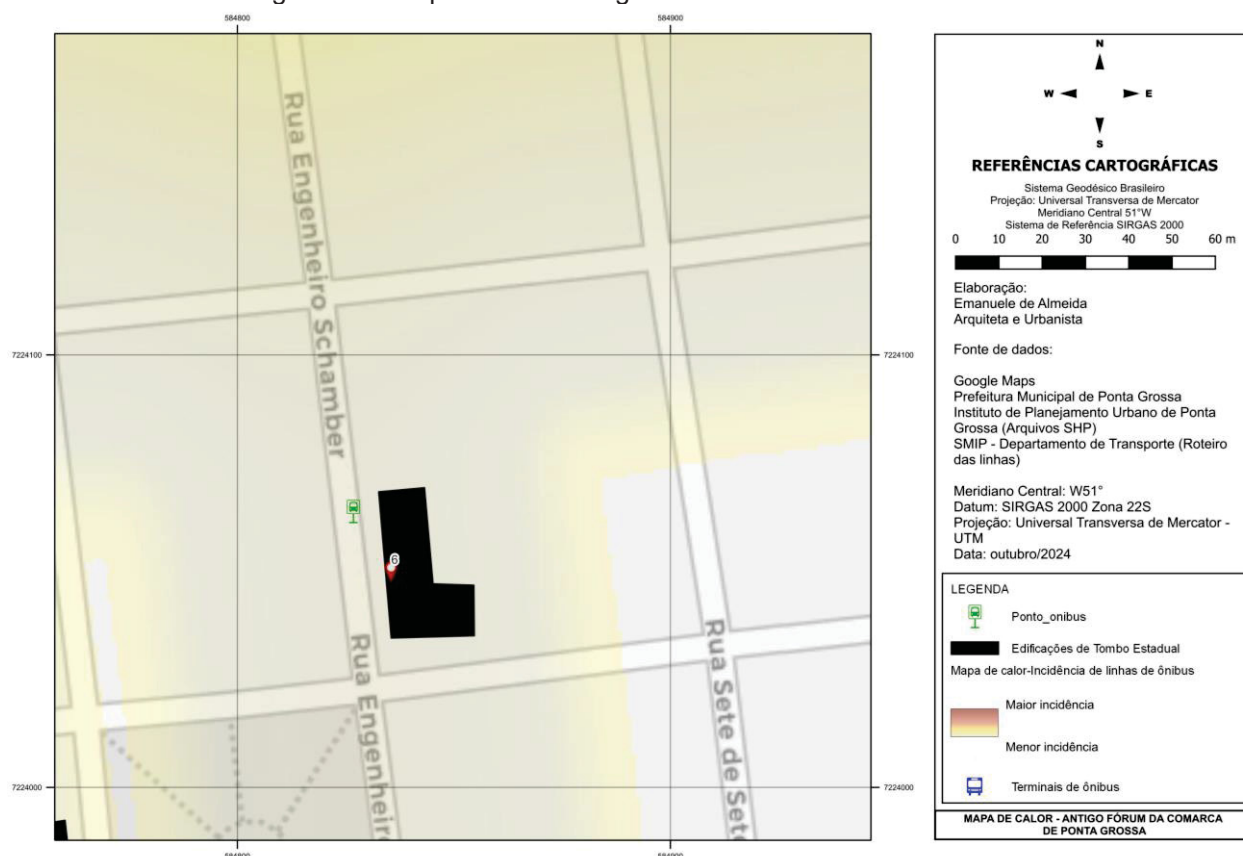
Quadro 7 – Especificações Antigo Fórum da Comarca de Ponta Grossa

Designação	Fundação	Sistema Construtivo	Idade da edificação (anos)	Qtde. de linhas de ônibus	frequência média (viag/d)	Pavimentação	Calçadas	Recuo (m)	Altura (m)
Antigo Fórum da Comarca de Ponta Grossa	Pedra	Alvenaria de tijolo Maciço, estuque e madeira	96	1	58/d	Asfalto	Pedra portuguesa	2,5	12

FONTE: A autora, 2024.

A edificação fica a cerca de 2,5 m de recuo da via, mas possui um ponto de parada de ônibus em sua fachada principal, onde apesar de possuir apenas uma linha acaba absorvendo não apenas as vibrações de passagens, mas também de frenagem que a longo prazo podem contribuir para o desgaste de elementos mais frágeis da composição da edificação (Figura 27).

Figura 27 – Mapa de calor Antigo Fórum da Comarca de Ponta Grossa



FONTE: A autora, 2024.

4.2.7 Edifício Guilherme Neumann

O edifício Guilherme Neumann, na Praça Marechal Floriano Peixoto, 129 (Figura 28) é composto por dois pavimentos e um sótão, a edificação encontra-se no alinhamento da calçada, possui um pátio interno central e cerca de 15 metros de altura.

Situado em um dos lados da praça, possui tráfego moderado de veículos devido à sua proximidade a escolas e ao batalhão do exército que está localizado ao lado direito desta edificação.

Figura 28 – Fachada do Edifício Guilherme Neumann



FONTE: A autora, 2023.

De acordo com dados levantados pelo *Google Maps*, passam três linhas de ônibus na rua paralela aos fundos da edificação, compreendendo o Parque dos Pinheiros, Vila XV, Guaíra, todos passando na rua Augusto Ribas. A parada de ônibus fica situada a cerca de 170 metros, medidos em linha reta da edificação e a rua onde passam as linhas fica a cerca de 35 metros da edificação, contendo um volume diário de viagens de 184 viagens por dia (Tabela 8), divididas entre as três linhas de ônibus.

Tabela 8 – Linhas de ônibus Edifício Guilherme Nenumann

Linha	Headway (min)	Viagens/dia
214 - Guaíra	32	90
140 - Vila XV	18	49
75 - Parque dos pinheiros	25	45
Total		184

FONTE: A autora, 2024.

Conforme indicado no Quadro 8, a edificação possui 91 anos atualmente (2024) e está recuada a 4 metros da rua Sant'ana, situada em frente à Praça Marechal Floriano Peixoto, próxima a uma escola e ao Corpo de Bombeiros, ainda, está situada ao lado da 5ª Brigada de Cavalaria Blindada, possuindo tráfego moderado de veículos, com cerca de 184 viagens por dia, distribuídas entre 3 linhas que passam na rua paralela aos fundos da edificação.

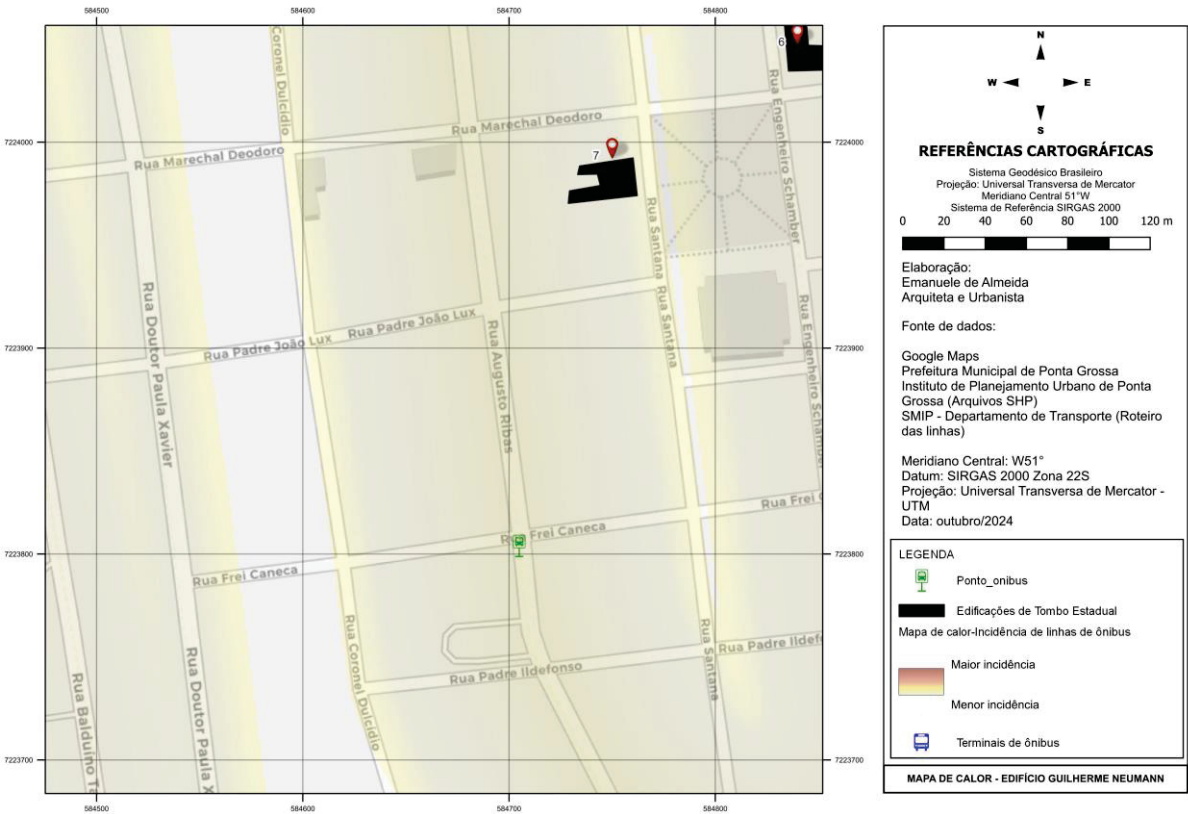
Quadro 8 – Especificações Edifício Guilherme Neumann

Designação	Fundação	Sistema Construtivo	Idade da edificação (anos)	Qtde. de linhas de ônibus	frequência média (viag/d)	Pavimentação	Calçadas	Recuo (m)	Altura (m)
Edifício Guilherme Neumann – PROEX	Alvenaria em pedra	Alvenaria de tijolo maciço e madeira	91	3	184/d	Asfalto	Pedra portuguesa	4	17

FONTE: A autora, 2024.

O Edifício Guilherme Neumann não possui linhas em suas vias adjacentes, mas é acometido pelas linhas que passam pela rua Augusto Ribas, contribuindo para a vibração na parte posterior da edificação. A Figura 29 demonstra a localização do ponto de ônibus mais próximo e a sua incidência na projeção do edifício.

Figura 29 – Mapa de calor Edifício Guilherme Neumann



FONTE: A autora, 2024.

A incidência da vibração causada pelas linhas de ônibus que circulam na rua Augusto Ribas não impacta diretamente a edificação, mas esta pode estar recebendo a energia vibratória de outros tipos de veículos, além das linhas de transporte coletivo que circulam nas vias próximas.

4.3 CRITÉRIOS DE ESTABELECIMENTO DO NÍVEL DE SUSCETIBILIDADE DAS EDIFICAÇÕES

Após a coleta das respostas obtidas através do questionário aplicado, obteve-se alguns parâmetros de análise e de pontuação relacionados às edificações estudadas, sendo estes critérios objetivos e relacionados à ponderação de elementos considerados mais suscetíveis em uma edificação histórica. Vale ressaltar que os parâmetros utilizados dizem somente às edificações históricas com tecnologias construtivas específicas (tradicionais) e que os demais sistemas devem considerar as normas referentes ao assunto.

Os dados obtidos através da pergunta número três do questionário trata sobre os elementos construtivos que são mais influenciados pela trepidação ou vibração causada por veículos automotores, sendo o peso dado de 1 a 5.

Através das 14 respostas ao questionário foi possível identificar a média do peso dado para cada elemento (Tabela 9) que pode ser impactado negativamente pela vibração causada por veículos automotores.

Tabela 9 – Média dos valores de suscetibilidade por elemento de uma construção

Estrutura	Sistema construtivo	Fundação	Solo	Pavimento
3,93	4,07	3,14	3,14	3,43

FONTE: A autora, 2024.

Em relação aos materiais construtivos foi disponibilizada a pergunta de número 4 que trata sobre a sensibilidade em relação ao dano da vibração de veículos automotores por elemento e composição, sendo estes a madeira, alvenaria, taipa, estuque, concreto armado, pedra e palha. O peso dado a cada elemento foi de 1 a 5, obtendo-se a média dentre as 14 respostas de acordo com a Tabela 10.

Tabela 10 – Média dos valores de suscetibilidade por material construtivo

Madeira	Alvenaria	Taipa	Estuque	Concreto armado	Pedra	Palha
3,36	3,86	4,57	4,64	2,29	3,29	3,79

FONTE: A autora, 2024.

Em relação a esses materiais o peso a ser dado na análise pode considerar mais de um material, tendo em vista que em sua maioria, as edificações possuem mais de um desses elementos em sua composição.

Em relação ao grau de suscetibilidade do solo (Tabela 9) foi considerado o peso padrão para todas as edificações e o elemento do pavimento não foi estudado no momento, tendo em vista que este não fez parte dos levantamentos feitos *in loco*.

Em relação à idade das edificações históricas foi feita a atribuição de um grau de suscetibilidade de 1 a 5, sendo 5 as edificações mais antigas e 1 as edificações mais novas. Para a metodologia de cálculo, foi considerada a VUP (vida útil de projeto) indicada na Norma de Desempenho 15575-1 (2024), entendendo que a norma não se aplica a edificações com sistemas construtivos específicos, tendo em vista a sua primeira publicação em 2008, mas é o parâmetro mais próximo definido em como forma de convenção geral.

A NBR 15575-1 (2024) determina que um sistema, relacionado à estrutura possui uma VUP mínima de 50 anos, sendo considerados 63 anos como nível intermediário e 75 anos como nível superior. Para a vedação externa os valores são de no mínimo 40 anos, 50 anos para um nível intermediário e 60 anos para o nível superior. A vedação interna conta com no mínimo 20 anos, 25 anos para o nível intermediário e 30 anos para o nível superior. A cobertura conta com no mínimo 20 anos de vida útil, 25 anos no nível intermediário e 30 anos no nível superior. Todos os níveis determinados considerando a periodicidade e processos de manutenção.

Portanto, para a idade das edificações, foi considerado o nível superior determinado em norma para o sistema construtivo da edificação, sendo considerada a vida útil de projeto da vedação externa de 60 anos (Tabela 11), tendo em vista que os elementos externos da edificação sofrem maior impacto gerado pelas ondas vibracionais diretas.

Tabela 11 – Grau de suscetibilidade por idade

Grau	1	2	3	4	5
Idade	60	120	180	240	300

FONTE: A autora, 2024.

Determinado, assim o grau de suscetibilidade por idade, de acordo com a Tabela 5 em intervalos de 60 anos, conforme a vida útil de projeto para este elemento, com peso 1 para edificações mais novas e peso 5 para edificações mais antigas.

Para a quantidade de viagens por dia foi estabelecido um grau de suscetibilidade de 1 a 5, de acordo com a Tabela 12, levando em consideração o volume de viagens que passam em determinado local.

Tabela 12 – Grau de suscetibilidade por volume de viagens por dia

Grau	1	2	3	4	5
Viag/dia	400	500	700	1.000	2.000

FONTE: A autora, 2024.

Considerando o número de viagens por dia, levando em consideração que uma única linha pode chegar em até 200 viagens por dia, foi considerado o montante de até 400 viagens por dia com grau 1, equivalente a passagem de duas linhas com alto volume por dia, sendo menos suscetível e para 2.000 viagens por dia ou mais foi considerado o grau 5, sendo o de maior suscetibilidade.

Em relação aos recuos das edificações, foi considerado o grau de 1 a 5, sendo 1 o grau de suscetibilidade mais leve e 5 o mais crítico. Levando em consideração o recuo considerado pela zona segura de 20 metros o limite de recuo determinado será levado em consideração para o cálculo dos demais níveis que seguirão um intervalo de 5 metros, que acontece quando a edificação está construída no alinhamento predial.

Tabela 13 – Grau de suscetibilidade por recuo

Grau	1	2	3	4	5
Recuo (metros)	20	15	10	5	0

FONTE: A autora, 2024.

Com base nestes dados foi possível estabelecer parâmetros de análise para cada edificação que está sendo estudada, onde os graus de suscetibilidade foram obtidos tanto da pesquisa aplicada como em outros elementos que possam induzir a importância de determinados elementos ou condicionantes de uma edificação histórica.

4.4 GRAU DE SUSCETIBILIDADE DAS EDIFICAÇÕES

Considerando as informações levantadas por edificação, relacionados com a pesquisa por meio de questionário, foram obtidos dados que permitem a classificação das sete edificações estudadas, as quais relacionam as suas características particulares com a sua situação real.

Como parâmetro de análise, foi utilizada a média definida para o grau de suscetibilidade de elementos pré-definidos no item 4.3, os quais indicam um valor utilizado para definir cada edificação de acordo com os seus componentes.

A Tabela 14 demonstra a aplicação do questionário, relacionado com os elementos de estrutura e sistema construtivo, além dos materiais utilizados, onde o valor médio é definido pela soma de todos os graus de suscetibilidade divididos pelo número de graus somados a fim de se obter uma média.

Tabela 14 – Suscetibilidade das edificações com base na percepção dos profissionais

Edificação	Elemento (fundação)	Material da fundação (rocha)	Sistema construtivo	Material para cada elemento do sistema construtivo				Valor médio
				Madeira	Alvenaria	Estuque	Pedra	
Hospital 26 de Outubro	3,14	3,29	4,07	3,36	3,86	x	x	3,54
Mansão Vila Hilda	3,14	3,29	4,07	3,36	3,86	4,64	x	3,73
Estação Paraná	3,14	3,29	4,07	3,36	3,86	x	3,29	3,50
Estação Saudade	3,14	3,29	4,07	3,36	3,86	x	3,29	3,50
Colégio Estadual Regente Feijó	3,14	3,29	4,07	3,36	3,86	x	x	3,54
Edifício do Antigo Fórum da Comarca de Ponta Grossa	3,14	3,29	4,07	3,36	3,86	x	3,29	3,50
Edifício Guilherme Neumann	3,14	3,29	4,07	3,36	3,86	x	x	3,54

FONTE: A autora, 2024.

Com base nesses dados é possível observar que alguns materiais empregados nas edificações de estudo contribuem para a possível degradação que possa vir a ocorrer pela vibração de veículos automotores, sendo o estuque o mais impactado segundo o grau de suscetibilidade dado a ele (4,64 de 5), seguido da alvenaria, madeira e pedra, respectivamente.

As edificações escolhidas possuem certa semelhança em relação aos materiais empregados na sua construção, o que permitiria a realização de estudos futuros mais incisivos relativos a outros elementos ou até mesmo ao comportamento desses elementos levado em consideração o volume de veículos por dia no entorno dessas edificações.

Em relação ao sistema construtivo, este, foi considerado o mais impactado em relação aos demais elementos construtivos, tendo em vista que, as edificações com tecnologias construtivas específicas (tradicionais) possuem sistema de amarração, tornando as edificações “enrijecidas”, de modo que quaisquer

interferências em algum ponto da edificação podem influenciar na edificação como um todo.

A estrutura da cobertura, não mencionada no corpo do questionário mas mencionada em algumas respostas dos participantes, é um dos elementos que pode vir a sofrer com esses impactos gerados em uma estrutura enrijecida, devido à sua trabalhabilidade que pode vir a se movimentar motivada pelo impacto em quaisquer pontos do sistema construtivo da edificação.

A Tabela 15 demonstra o grau de suscetibilidade relacionado à idade das edificações, à quantidade de viagens por dia das linhas de transporte coletivo do município que impactam diretamente no entorno dessas edificações, além do grau determinado pelo recuo, medido do alinhamento predial até a face da edificação. Importante salientar que essas três variáveis são independentes e não foi possível encontrar na bibliografia alguma relação entre elas para entender o grau de importância de cada e também são temáticas que vão além da área de atuação dos profissionais que responderam o questionário, por isso neste trabalho será considerado o mesmo peso para as três.

Os dados lançados relativos a esses parâmetros foram definidos no item 4.3, o qual demonstra a metodologia empregada para cada um deles. A idade da edificação foi considerada como relevante a partir dos dados obtidos no questionário aplicado, porém o questionário não definia esses parâmetros de análise, portanto foi dado o grau de suscetibilidade de acordo com parâmetros definidos pela autora e pela norma de desempenho (NBR 15575-1/2024).

Tabela 15 - Suscetibilidade das edificações com base em determinações

Edificação	Idade da edificação (anos)	Grau de suscetibilidade de por idade (1 a 5)	Qtde. viag/dia	Grau de suscetibilidade por volume de veículos (1 a 5)	Recuo (m)	Grau de suscetibilidade de relacionado ao recuo (1 a 5)	Valor médio
Hospital 26 de Outubro	93	2	145	1	10	3	2,39
Mansão Vila Hilda	104	2	44	1	20	1	1,93
Estação Paraná	130	3	593	2	3,4	4	3,13
Estação Saudade	124	3	2090	5	52	1	3,13
Colégio Estadual Regente Feijó	97	2	1442	4	2	4	3,39
Edifício do Antigo	96	2	58	1	2,5	4	2,63

Edificação	Idade da edificação (anos)	Grau de suscetibilidade por idade (1 a 5)	Qtde. viag/dia	Grau de suscetibilidade por volume de veículos (1 a 5)	Recuo (m)	Grau de suscetibilidade relacionado ao recuo (1 a 5)	Valor médio
Fórum da Comarca de Ponta Grossa							
Edifício Guilherme Neumann	91	2	184	1	4	4	2,64

FONTE: A autora, 2024.

A partir da aplicação dos dados relativos ao grau de suscetibilidade é possível observar que o volume de veículos e o recuo impactam de forma significativa nas edificações e que a idade dessas edificações é próxima gerando parâmetros de análise semelhantes em relação a este item.

Levando em consideração os itens elencados na Tabela 15, o Colégio Estadual Regente Feijó, apesar de não possuir o maior volume de viagens por dia do transporte coletivo é o mais impactado pelos seus fatores físicos, como o recuo, pois possui uma proximidade com a via onde circula um grande volume de veículos em três das quatro ruas que o circundam.

O edifício da Estação Saudade é o segundo mais impactado pelo volume de veículos circulando diariamente em seu entorno, empatado com a Estação Paraná, porém observa-se que o recuo dessa edificação possui um grau de suscetibilidade baixo. Considerando a idade elevada, elenca-se a edificação como uma das mais suscetíveis considerados os parâmetros gerais.

Já a Estação Paraná que possui as mesmas características construtivas da Estação Saudade se difere pelo recuo, além de possuir apenas cerca de 28% do volume de veículos passando em sua rua principal.

As edificações menos suscetíveis de acordo com a Tabela 15 são o Hospital 26 de outubro, a Mansão Vila Hilda, o Edifício do Antigo Fórum da Comarca de Ponta Grossa e o Edifício Guilherme Neumann.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na cidade de Ponta Grossa, foi possível, durante a pesquisa, identificar alguns pontos de divergência entre o Plano de Mobilidade Urbana proposto e a situação atual. Durante a elaboração dos mapas o maior desafio foi a compatibilização dos dados, devido às alterações de rotas dessas linhas de transporte coletivo, o que demonstra tanto a dinâmica da cidade como a alteração do Plano de Mobilidade Urbana proposto de modo a interferir mais nos objetos de estudo.

Apesar do Município dispor de artigos que tratam da proteção do patrimônio histórico não foi encontrado nenhum instrumento específico que visa a proteção desses edifícios em relação à vibração causada por veículos pesados, ou pelas linhas de transporte coletivo, objeto do presente estudo.

Além disto, outro fato que dificultou uma análise mais aprofundada destas edificações foi a falta de elementos indicados em inventários, ou até mesmo a falta de arquivos atualizados de algumas edificações, tendo em vista a idade delas, o tempo de tombamento e a falta de restauração de algumas destas edificações, que pode fornecer dados que foram modificados ao longo do tempo sem a devida atenção por seus usuários, após o seu tombamento.

Durante o contato com algumas destas edificações e em decorrência da pesquisa realizada, foi possível observar que os efeitos das ondas são perceptíveis através da vibração em momento de tráfego veículos pesados em sua proximidade. Os mapas de calor elaborados, indicam que, por mais que uma edificação possua um recuo considerado dentro da zona segura (20 m), este, pode estar sujeito a um dano devido ao volume de veículos em sua proximidade.

A pesquisa por questionário realizada demonstrou resultados que puderam ser utilizados na hierarquização do grau de suscetibilidade das edificações, podendo ser criado um parâmetro de análise para edificações de acordo com as suas características construtivas. Esses dados podem ser utilizados como base de análise para edificações com características semelhantes e podem ser complementados de modo a se ter uma ferramenta de análise ampla, considerando as especificidades da arquitetura brasileira, haja vista que não existem parâmetros de análise pautados por norma no Brasil.

Em relação aos resultados obtidos através da pesquisa por questionário com profissionais da área, foi constatado que o sistema construtivo e a fundação têm influência maior em relação a esses danos, portanto sofre mais impacto, tendo em vista que muitas edificações históricas possuem sistemas de amarração, onde a edificação se torna “monolítica” trabalhando por completo em relação aos estresses em que é submetida, agravando os problemas de elementos avulsos. A estrutura da cobertura e de pisos de madeira em edificações com sistema construtivo em estrutura de alvenaria pode se deslocar devido a essas interferências externas, o que acaba ocorrendo em algumas edificações históricas.

Tendo em vista as respostas obtidas através do questionário, é possível observar que a estrutura é o segundo elemento mais impactado, pois absorve as ondas vibracionais através da fundação que é o quarto elemento mais suscetível à vibração, junto com o solo, onde a fundação recepta a vibração através do solo e pode sofrer de recalque devido a esses impactos.

O terceiro elemento mais suscetível é o pavimento, o qual não foi levantado no presente trabalho, devido a sua complexidade, tendo em vista que todas as construções se encontram em vias com pavimento flexível. A análise desse elemento deve ocorrer de acordo com as condicionantes específicas de cada edificação e localidade, podendo este, ser abordado em estudos futuros em objetos pontuais.

Alguns materiais presentes em uma construção podem sofrer maior impacto que outros, como o estuque que foi considerado o mais impactado, devido a sua fragilidade. Geralmente o estuque é utilizado em elementos decorativos os quais sofrem com fissuras, rachaduras e deslocamento durante o tempo dependendo da frequência de ondas que possam vir a receber. O estuque pode ser utilizado também em paredes internas, recebendo a vibração através da estrutura e da alvenaria.

A alvenaria cerâmica é a segunda mais impactada pois absorve a energia vibratória da fundação e da estrutura, dissipando essas ondas aos demais elementos. A madeira presente geralmente em estruturas de pisos nas edificações históricas, é o terceiro elemento mais impactado, devido a sua capacidade de absorver as ondas vibracionais e trabalhar de modo a se “movimentar” dependendo da frequência das ondas. O deslocamento da madeira pode ocorrer trazendo danos aos pisos e coberturas destas edificações.

As pedras são as menos impactadas pois são maciças e pesadas, fazendo com que as energias vibratórias em um curto prazo não impactem diretamente a sua composição.

De modo a complementar o presente estudo, poderão ser avaliados os materiais que não foram passíveis de análise, mas que impactam as edificações, como o pavimento e o solo.

O método desenvolvido para dimensionar a suscetibilidade pode ser aplicado em edificações de forma isolada, o qual, em conjunto com as demais condicionantes e um estudo mais pontual, pode determinar intervenções e ajustes relacionados ao Planejamento Urbano de determinada área.

Por fim é possível constatar que os impactos gerados pela vibração em edificações históricas podem comprometer as suas estruturas e o poder público é responsável pela gestão da cidade de modo a mitigar esses impactos, por meio da criação de zonas seguras de tráfego e limitação da passagem de veículos de carga no entorno dessas edificações. Além da inclusão de elementos que possam absorver esses impactos em casos onde não seja possível o deslocamento de linhas de ônibus ou a limitação desses veículos de carga.

REFERÊNCIAS

ALVES, Maria do Carmo. HOLANDA, Virgínia Célia Cavalcante de. ALVES, Wellington Galvão. **Patrimônio, preservação e memória: concepções de rugosidades nos processos de patrimonialização.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.8, n.5, p. 35899-35919, 2022.

ALVES, Maria do Carmo. **Uso do território e rugosidades. Fundamentos Socioespaciais do Patrimônio Histórico do Estado do Ceará.** Tese (Doutorado em Geografia Humana) Universidade de São Paulo, 2016.

ARAÚJO, Marley Rosana Melo de; OLIVEIRA, Jonathan Melo de; JESUS, Maísa Santos de; SÁ, Nelma Rezende de; SANTOS, Párbata Araújo Côrtes dos; LIMA, Thiago Cavalcante. **Transporte Público Coletivo: Discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida.** Psicologia & Sociedade, v.23, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho.** Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2024.

BABBIE, Earl. **Métodos de pesquisas de Survey.** Tradução de Guilherme Cezarino. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.

BESCIAC, Nadia Cibele. **Plano ou planejamento? Incidências das políticas urbanas no planejamento dos municípios paranaenses a partir do Estatuto da Cidade.** Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano) Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

BIASSIO, Kathleen Alessandra Coelho de Andrade Vilela de. **Ações de Restauro e a Significação do Patrimônio Cultural. A Estação Ferroviária Ponta Grossa – PR.** Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2021.

BONDUKI, Nabil. **Intervenções urbanas na recuperação de Centros Históricos.** IPHAN. Brasília, DF, Programa Monumenta, 2010.

BONGIOVANNI, Giovanni; CLEMENTE, Paolo; RINALDIS, Dario; SALITA, Fernando. **Traffic-induced vibrations in historical buildings. Proceedings of the 8th International Conference on Structural Dynamics, EUROLYN 2011.** Belgium, 2011.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os artigos 182 e 183 da CF, estabelece Diretrizes Gerais de Política Urbana e dá outras providências.** Diário oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 11 jul. 2001.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, 1988.

BRITISH STANDARD. BS 7385-1. **Evaluation and Measurement for Vibration in Buildings: Part 1: Guide for measurement for vibrations and evaluation of their effects on buildings.** London, 1990.

BRITISH STANDARD. BS 7385-2. **Evaluation and Measurement for Vibration in Buildings: Part 2: Guide to damage levels from groundborne vibration.** London, 1993.

BRITO, Akíra Soares de; FREITAS, Nacelice Barbosa. **Planejamento e mobilidade urbana em feira de Santana – Bahia: Estrutura viária, identidade e patrimônio territorial.** Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável. Guaju, Matinhos, v.9, 2023. Edição especial.

BRITO, Luiz Antonio Perrone Ferreira de; KAMIMURA, Quésia; SANTOS, Ademir Pereira dos. **Influência da vibração gerada pelo tráfego ferroviário no meio urbano.** PARC, Pesquisa em Arquitetura e Construção. Campinas, v.5, n. 2, p. 31-39, 2015.

BRITO, Luiz Antonio. **"Avaliação Das Principais Fontes De Vibração No Meio Urbano."** Ambiente Construído, v. 14.4, p. 233-249, 2014.

BRITO, Luiz Antonio; SOARES, Álvaro Manoel de Souza; NAZARI, Bianca. **Vibração: fonte de incômodo à população e de danos às edificações no meio urbano.** Ambiente Construído, v. 13.1, p. 129-141, Porto Alegre, 2013.

CAMARA, Marcus Vinicius et al. **"Modelagem Matemática Aplicada No Planejamento De Pesquisa De Tráfego Rodoviário."** Revista Produção Online, v. 16, n. 2, 722-742, 2016.

CARTA DE WASHINGTON. **Carta Internacional para a salvaguarda das Cidades Históricas. 8ª Assembléia Geral do Icomos.** Washington, 1987. Disponível em: < <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/226>>. Acesso em: 28 fev. 2023.

CARVALHO, Henrique Ribeiro de. **Desafios da mobilidade urbana no Brasil.** IPEA, Brasília, 2016.

CASTRO, Juliana Martins de; BARACHO, Renata Maria Abrantes. **O Patrimônio Cultural Nas Cidades Inteligentes.** Em Questão, v. 26, n.3, p. 298-36, 2020.

CHIOSTRINI, Sérgio; MARRADI, Alessandro; VIGNOLI, Alberto. Evaluation of traffic-induced vibrations in historic buildings: the case of the "Galleria Vasariana" in Florence. **WIT Transactions on The Built Environment**, vol. 15, 1995.

CIVVIH, Icomos. **Princípios de Valletta para a salvaguarda e gestão de cidades e áreas urbanas históricas.** "HERANÇA": Economia Cultural e Educação para a Paz (MEC-EDUPAZ), v. 1, n. 13, Paris, 2018. Traduzido por João Campos, membro honorário do CIVVIH.

COSTA, Everaldo Batista da. **Cidades da patrimonialização global: simultaneidade totalidade urbana: totalidade-mundo.** Humanitas, 2015.

DALLEPIANE, Bernardo Zawatski; ASSMANN, Jacira. **MOBILIDADE URBANA: MODAIS DE TRANSPORTE E SUA EVOLUÇÃO**. Mostra Interativa da Produção Estudantil em Educação Científica e Tecnológica, 2017.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 4150-3**: vibration in buildings: effect in structures. Berlin, 2016.

DNIT, Departamento Nacional de infraestrutura de transportes. **Manual de estudos de tráfego**. - Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ., 723).

DROPA, Márcia Maria et al. **Patrimônio Cultural em Ponta Grossa (Paraná, Brasil): Articulações possíveis entre memória, história e turismo**. Publicatio UEPG: Ciências Humanas, Linguística, Letras e Artes, v. 20, n. 1, p. 31-42, 2012.

FARIAS, Edson Silva De. "O Lugar E a Mobilidade: A Pequena África Carioca No Anverso Da Circulação Turística." Políticas Culturais Em Revista 13.2 (2020): 57-107. Web.

FERRAZ, Antonio Clóvis Pinto "Coca"; TORRES, Isaac Guillermo Espinosa; SILVA, Antônio Nelson Rodrigues da; ROMÃO, Magaly Natalia Pazzian Vasconcelos; HIROSUE, Fernando Hideki; BASTOS, Jorge Tiago. **Transporte Público Coletivo urbano**. RiMa Editorial. São Paulo, 2023.

FERREIRA, L. M., A. S. Nowak, and M. K. El Debs. "Desenvolvimento De Equações Para a Limitação Do Peso De Veículos De Carga Em Pontes De Concreto Através Da Teoria De Confiabilidade." Revista IBRACON De Estruturas E Materiais 1.4 (2008): 421-50. Web.

FERREIRA, Maristela Alves et al. "Medidas De Transporte Urbano De Cargas Na Região Metropolitana De São Paulo Nas últimas Décadas." Transportes, Rio De Janeiro, v.31.2, 2023.

FIPE. Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas. **Modelagem de concessão dos serviços de transporte público urbano no município**. Produto 03 – Estudo para proposição da oferta futura. São Paulo, 2022.

GARCIAS, Carlos Mello; BERNARDI, Jorge Luiz. **As funções sociais da cidade**. Revista Direitos Fundamentais & Democracia, v. 4, n.4, 2008.

GEVÚ, Nayara; VARELA, Wendell; NIEMEYER, Maria Lygia. **As fachadas históricas da rua primeiro de março: O impacto das vibrações geradas pelo tráfego intenso no centro da cidade do Rio de Janeiro**. Brasília, 2020.

GOMES, Emerson Marcos et al. **Evolução urbana de Ponta Grossa-PR: uma análise entre as décadas de 1960 e 2000**. Ponta Grossa, 2009.

GOMES, Emerson Marcos et al. **Evolução urbana de Ponta Grossa-PR: uma análise entre as décadas de 1960 e 2000**. Ponta Grossa, 2009.

GROSSO, Andrea Enrico del; BASSO, Paolo. **Monitoring of vibrations for the Protection of Architectural Heritage. EWSHM - 7th European Workshop on Structural Health monitoring**, IFFSTTAR, Inria, Université de Nantes. Nantes, France, 2014.

HUNAIDI, Osama. **Traffic Vibrations in Buildings**. Nrc Publications Archive. Construction technology Update, n. 39. Canada, 2000.

IBGE. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais: Perfil dos Municípios Brasileiros**. Rio de Janeiro, 2019.

INNOCENCIO, Camila De Rezende et al. **"A Termografia E O Uso De Veículo Aéreo Não Tripulado Como Instrumentos De Auxílio No Diagnóstico De Manifestações Patológicas Em Patrimônio Cultural Edificado."** Gestão & Tecnologia De Projetos 16.3 (2021): Gestão & Tecnologia De Projetos, 2021, Vol.16 (3). Web.

INOUE, Luciana Massami. **O Patrimônio Urbano e as Cartas Patrimoniais | The Urban Heritage and the Conservation Charters**. Oculum ensaios, vol. 15, v.2, p. 271–286, 2018.

IPHAN. **Mobilidade e acessibilidade urbana em centros históricos**. (Organização de Sandra Bernardes Ribeiro), 120p, (Cadernos Técnicos:9), Brasília: IPHAN, 2014.

ISO 4866. **Mechanical vibration and shock–Vibration of Buildings–Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings** (ISO 4866: 1990), 1990.

KOWALSKA-KOCZWARA, Alicja; STYPULA, Krzysztof. **Protection of historic buildings against environmental pollution of vibrations**. E3S Web of Conferences. France, 2016.

MADALOZZO, Nisiane. **Memória social e cidade contemporânea: o velho centro ferroviário de Ponta Grossa-PR**. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2015.

MARICATO, Ermínia. **Metrópole, legislação e desigualdade**. Estudos avançados, v. 17, n. 48, p. 151-166, São Paulo, 2003.

MENDES, Fabiana Dias Lima. **Análise exploratória dos efeitos de vibrações induzidas por tráfego no património integrado de edifícios históricos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Estruturas). Faculdade de Engenharia. Universidade do Porto. Portugal, 2018.

MOTTA, Lia; THOMPSON, Analucia. **Entorno de bens tombados**. Série Pesquisa e Documentação do IPHAN n.º 4. Rio de Janeiro, 2010.

NASCIMENTO, Ederson; MATIAS, Lindon Fonseca. **Expansão urbana e desigualdade socioespacial: uma análise da cidade de Ponta Grossa (PR)**. Curitiba, Revista Raega v. 23, 2011.

NOBRE, Eduardo Alberto Cusce. **Políticas de reabilitação do Patrimônio Cultural Urbano: Avaliação da experiência dos órgãos de proteção histórica paulistanos.** Revista Programa Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – FAUUSP, São Paulo, v. 26, n. 48 e 157942, 2019.

NORA, Pierre. **Entre Memória e História: a problemática dos lugares**, in: Projeto História. São Paulo: PUC, n. 10, pp. 07-28, dezembro de 1993.

PENTEADO, Lucas Dellosso; CHRISTOFORO, André Luis; SOUZA, Léa Cristina Lucas de. **"Evolução Do Ruído Urbano No Período Pandêmico Em Uma Cidade De Médio Porte."** Ambiente Construído, v. 23, n.1, p. 77-92, 2022.

POLIDORO, Maurício; LOLLO, José Augusto de; BARROS, Mirian Vizintim Fernandes. **"Sprawl e o Modal De Transporte Motorizado: Impactos Na Cidade De Londrina, PR."** Urbe. Revista Brasileira De Gestão Urbana, v. 4, n.1, p. 33-46, 2012.

PONTA GORSSA. Lei n.º 14.305 de 22 de julho de 2022. **Dispõe sobre a Revisão do Plano Diretor de Ponta Grossa.** Ponta Grossa, 2022.

PONTA GROSSA. Lei nº 8663, de 09 de outubro de 2006. **Atualiza a Lei do Plano Diretor do município de Ponta grossa em consonância com as novas diretrizes da revisão do Plano Diretor e dá outras providências.** Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano – IPLAN, 2006.

PONTA GROSSA. **Lista dos Bens Tombados em Ponta Grossa.** Secretaria Municipal de Cultura. Disponível em: <https://cultura.pontagrossa.pr.gov.br/patrimonio/>. Consultado em: 01/10/2020.

RESENDE, Luiz Mauro de. **Análise do risco de danos por vibração mecânica nos monumentos setecentistas do Caminho Tronco de Ouro Preto.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). REDEMAT – Rede Temática em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2011.

RÉUS, Thaís Ferrari; JUNIOR, Carlos Alberto Prado Da Silva; FONTENELE, Heliana Barbosa. **"Efeito do excesso de peso dos veículos comerciais de carga a partir de uma análise empírico-mecanística."** Revista CIATEC-UPF, v. 8, n.2, p. 50-61, 2016.

RÉUS, Thaís Ferrari; JÚNIOR, Carlos Alberto Prado Da Silva; FONTENELE, Heliana Barbosa. **Dano Pelo Sobre peso De Veículos Comerciais Ao Pavimento Flexível.** Revista Tecnologia, v. 35, n. 1-2, p. 55-65, 2016.

ROCHA DA CRUZ, Fernando Manuel. **"Turismo Y Carnaval: Estudios Sobre Los Impactos En El Patrimonio Cultural De La Ciudad De Natal/RN (Brasil)."** Revista Andaluza De Antropología, v. 15, p. 3-21, 2018.

RODRIGUES, Luciana; CHEIBUB, Bernardo Lazary. **Acessível Ou Não? Eis a Questão! Analisando a acessibilidade do Centro Histórico da cidade turística de Paraty (RJ).** Anagrama, v. 31, n. 2, p. 358-380, 2020.

SANTOS, Edilene. **Vereadores pedem revogação de Leis do Plano Diretor de Ponta Grossa**. Portal de Notícias Dcmais, Ponta Grossa, 2023. Acesso em: 03 de março de 2023. Disponível em: <<https://dcmais.com.br/ponta-grossa/vereadores-pedem-revogacao-de-leis-do-plano-diretor-de-ponta-grossa/>>.

SANTOS, Juliana Evaristo dos. **Avaliação de vibrações em edificações tradicionais do centro histórico de Salvador**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2020.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: Técnica e tempo, Razão e Emoção**. 4ª ed. 2 reimpr. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SANTOS, Saulo Ribeiro Dos, GÂNDARA, José Manoel. **Mobilidade Urbana No Centro Histórico De São Luís Do Maranhão (Brasil): Análises Dos Usuários Do TripAdvisor**. Turydes: Revista sobre Turismo y Desarrollo local sostenible, v. 12, n. 26, p. 37, 2019.

SCHURMANN, Francisca Albertina. **Urbanização colonial na América Latina: cidade planejada versus desleixo e caos**. Textos de História. Revista do Programa de Pós-graduação em História da UnB., v. 7, n. 1-2, p. 149-178, 1999.

SMITH, Robert Chester. **Arquitetura colonial**. Livraria Progresso Editora, 1955.

SOUZA, Maria Adélia Aparecida de. **Território usado, rugosidades e patrimônio cultural: ensaio geográfico sobre o espaço banal**. Revista Latinoamericana e Caribenha de Geografia e Humanidades. PatryTer, vol. 2, n.4, p. 1-17, 2019.

URBTEC. **Relatório 10**. Plano de ações e investimentos, Institucionalização do PLANMOB, Sistema de planejamento e gestão Estrutura organizacional Ações da 4ª fase. Elaboração do Plano de Mobilidade Urbana de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2019.

URUSHADZE, Shota; PIRNER, Miros. **Analysis and evaluation of the effect vibrations on historical buildings**. MATEC Web Conferences. EDP Sciences, 2020.

ZHU, Liming; MENG, Jiang; CHEN, Lingkun; HU, Xiaolun. **Experimental Investigation and In-Situ Testing of Traffic-Induced Vibrations on the Adjacent Ruins of na Ancient Cultural Sites**. Applied Sciences, v. 13, n. 24, p. 13347, 2023.

ZINI, Giacomo; BETTI, Michele; BARTOLI, Gianni. **Experimental analysis of the traffic-induced-vibration on an ancient lodge**. Wiley Online Library. Structural Control and Health Monitoring, vol. 29, issue 3, 2021.

APÊNDICE A

27/01/2025, 06:38

Influência da vibração urbana no patrimônio edificado

Influência da vibração urbana no patrimônio edificado

Esta pesquisa tem o objetivo de entender, por meio de profissionais da área da construção civil, especificamente da restauração de edifícios históricos, qual a influência da vibração de veículos automotores que incidem diretamente sobre a estrutura destas edificações, de acordo com o seu método construtivo.

* Indica uma pergunta obrigatória

1. E-mail *

2. 1 - Em quais modalidades de intervenção histórica você já trabalhou? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Projeto de Restauro
- ☐ Execução de Obra de Restauro
- ☐ Acompanhamento de Obra de Restauro
- ☐ Outro:

3. 2 - Em quantas intervenções em Patrimônio Histórico você já trabalhou? (projetos e execução) *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 1 a 3
- ☐ 4 a 6
- ☐ 7 a 10
- ☐ 10 a 20
- ☐ Mais de 20

3 - Qual elemento construtivo é mais influenciado pela trepidação causada por veículos automotores em edificações históricas?

Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 que impacta pouco e 5 que impacta muito.

4. Estrutura *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

5. Sistema construtivo *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

6. Fundação *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

7. Solo *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

8. Pavimento *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

4 - Dentre as estruturas mencionadas, classifique a sensibilidade em relação à hipótese do dano da vibração de veículos automotores em cada método construtivo em que já tenha trabalhado.

1 menos sensível a danos e 5 mais sensível a danos estruturais ou estéticos.

9. Madeira *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

10. Alvenaria *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

11. Taipa *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

12. Estuque *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

13. Concreto armado *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

14. Pedra *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

15. Palha *

Marcar apenas uma oval.

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐

16. 5 - Você considera que a idade destas edificações contribui para o seu desgaste estrutural advindo da vibração causada por estes veículos automotores? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não
☐ Talvez

17. 6 - Em alguma das suas experiências em obras, ou projetos de restauro/reabilitação, você percebeu indícios de que essa vibração causada pelo tráfego de veículos automotores atinge negativamente estas edificações? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
☐ Não
☐ Talvez

18. 7 - Caso tenha respondido "sim" ou "talvez" na pergunta anterior, de que forma foi essa percepção de dano causado pela vibração advinda de veículos automotores nestas edificações?

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

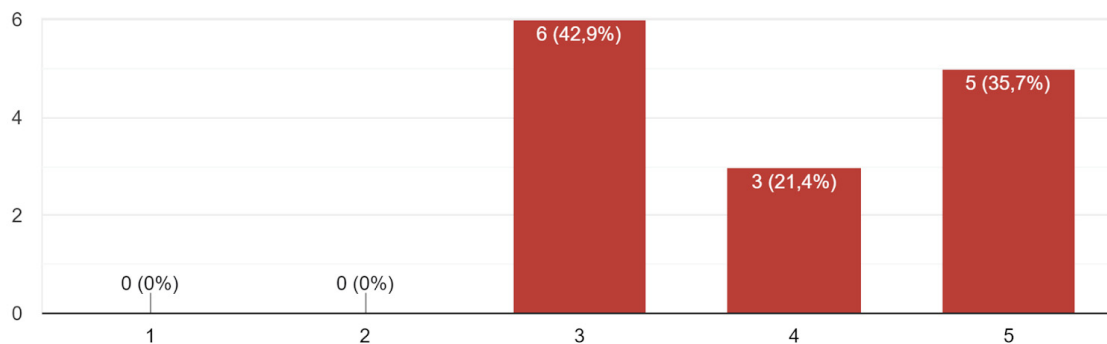
Google Formulários

APÊNDICE B

3 - Qual elemento construtivo é mais influenciado pela trepidação causada por veículos automotores em edificações históricas?

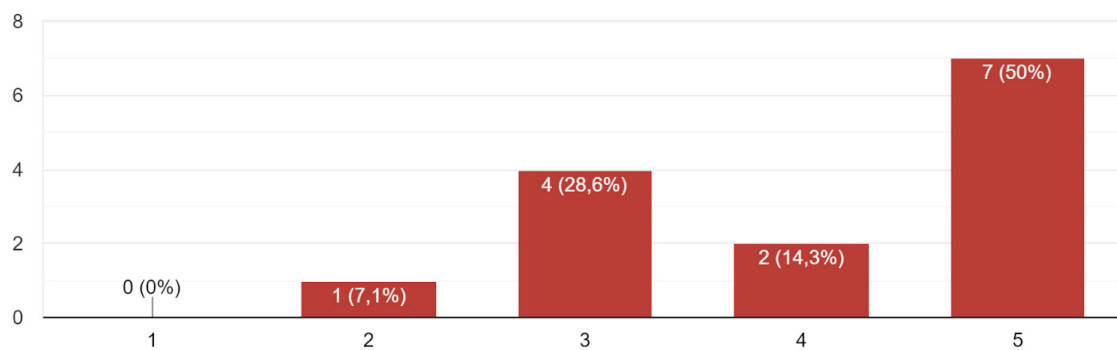
Estrutura

14 respostas



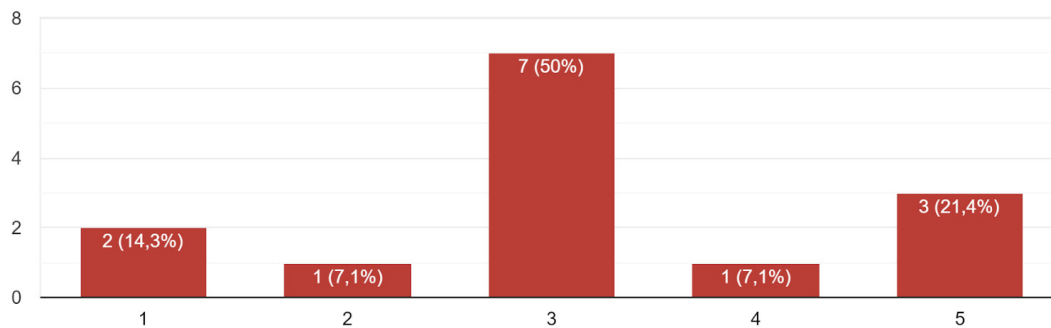
Sistema construtivo

14 respostas



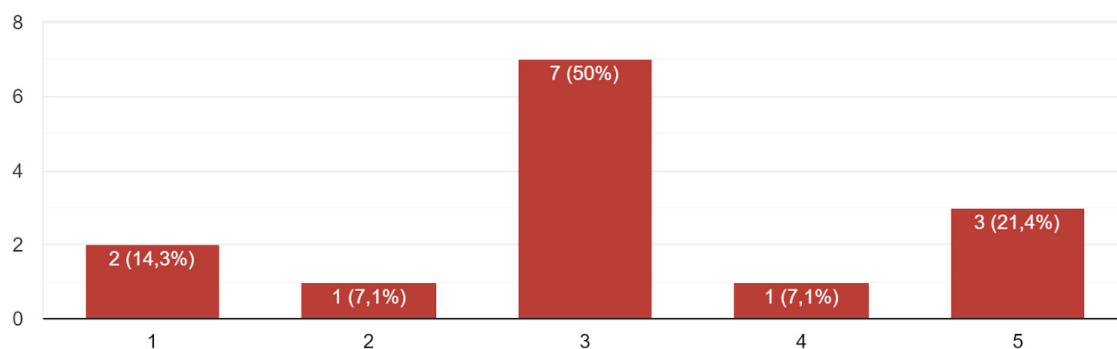
Fundação

14 respostas



Solo

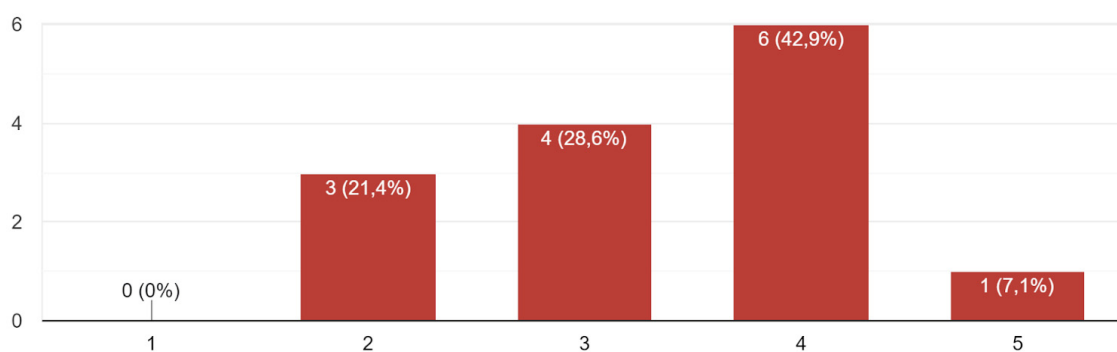
14 respostas



4 - Dentre as estruturas mencionadas, classifique a sensibilidade em relação à hipótese do dano da vibração de veículos automotores em cada método construtivo em que já tenha trabalhado.

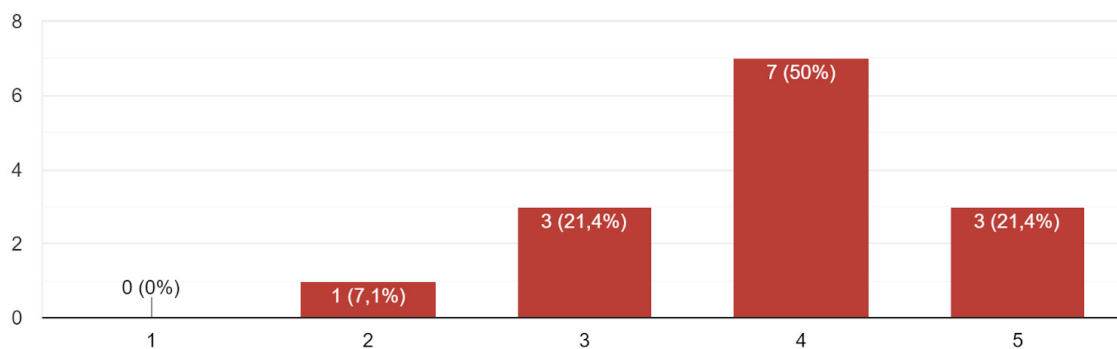
Madeira

14 respostas



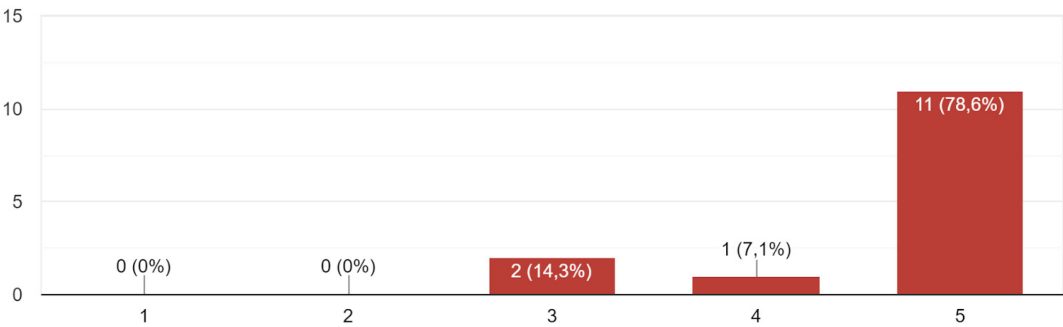
Alvenaria

14 respostas



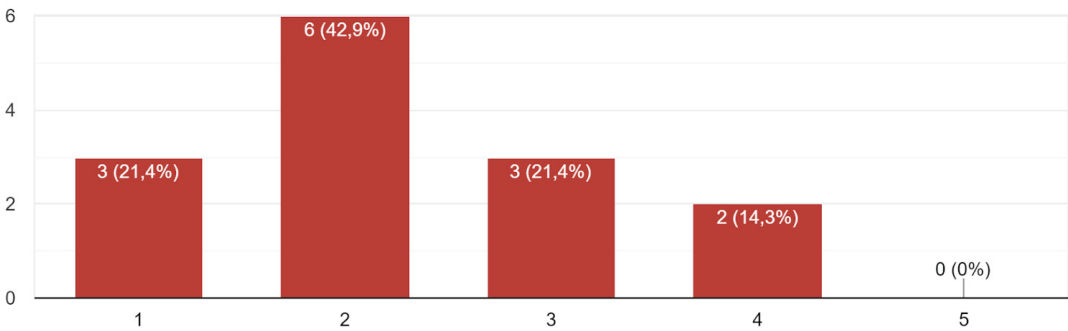
Estuque

14 respostas



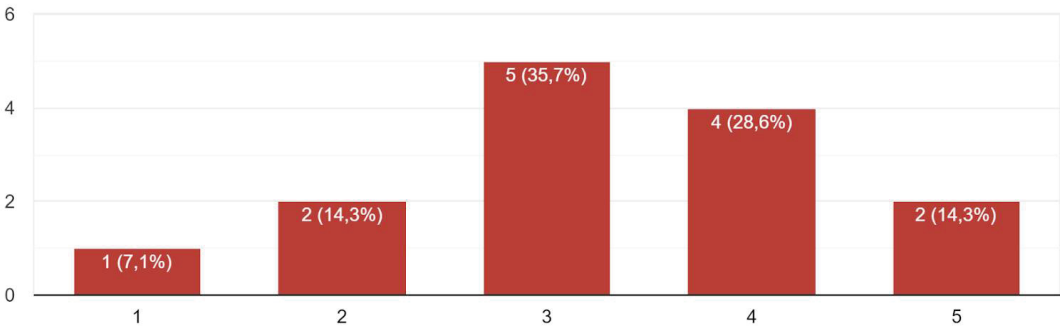
Concreto armado

14 respostas



Pedra

14 respostas



Palha

14 respostas

