



Universidade Federal do Espírito Santo  
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo  
Mestrado: Cidade e impactos no território  
Linha de Pesquisa: Patrimônio, Sustentabilidade e Tecnologia

ANGÉLICA MARIA FONSECA DORNELAS

**DEGRADAÇÃO POR VIBRAÇÃO EM ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO**  
O IMPACTO DO TRÁFEGO VIÁRIO NO SÍTIO HISTÓRICO DE  
SANTA LEOPOLDINA - E.S.

Vitória  
2017

ANGÉLICA MARIA FONSECA DORNELAS

**DEGRADAÇÃO POR VIBRAÇÃO EM ALVENARIA DE TIJOLO CERÂMICO**  
O IMPACTO DO TRÁFEGO VIÁRIO NO SÍTIO HISTÓRICO DE  
SANTA LEOPOLDINA - E.S.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, na área de concentração Patrimônio, Sustentabilidade e Tecnologia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Renata Hermann de Almeida

Vitória

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial do Centro de Artes da Universidade Federal do  
Espírito Santo, ES, Brasil)

---

D713d Dornelas, Angélica Maria Fonseca, 1990-  
Degradação por vibração em alvenaria de tijolo cerâmico : o  
impacto do tráfego viário no Sítio Histórico de Santa Leopoldina,  
ES / Angélica Maria Fonseca Dornelas. – 2017.  
175 f. : il.

Orientador: Renata Hermann de Almeida.  
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) –  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes.

1. Trânsito – Fluxo. 2. Vibração. 3. Alvenaria. 4. Sítios  
históricos – Santa Leopoldina (ES). I. Almeida, Renata Hermann  
de. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Artes.  
III. Título.

CDU: 72

---

Aos meus pais Manuel e Maria de Fátima  
À minha irmã Andréa



## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, grande arquiteto do universo, pelas oportunidades que colocou no meu caminho, por ter me fortalecido e amparado nos momentos difíceis.

À minha família, por toda força e apoio, por sempre me incentivarem e, mesmo distantes, sempre se fizeram presentes.

À Matheus, pelo companheirismo, paciência, por sempre estar ao meu lado.

À minha orientadora Renata, pelos ensinamentos eternizados e por fazer crescer o amor pela minha profissão.

À professora Geilma Vieira, pelas contribuições e ensinamentos sobre patologias, desde a época da faculdade até os dias de hoje.

À professora Thais Sanjad, por sua disponibilidade e pelo valioso parecer no exame de qualificação.

Ao professor Michel Santos, e toda equipe do Ifes de São Mateus, pelo empréstimo do acelerômetro, por todas as horas no laboratório me ensinando a utilizar o equipamento e me auxiliando nessa tão importante etapa de minha pesquisa.

Ao professor Patrício Pires, pelos ensinamentos sobre geotecnia.

À Secretaria Estadual de Cultura, por autorizar a realização de análise no edifício Museu do Colono.

Aos funcionários do Museu do Colono, pelo apoio e auxílio nas primeiras leituras.

Aos funcionários da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina, por autorizar a realização de análise no edifício, fornecer a análise do solo, e por sempre terem sido tão solícitos e gentis comigo durante os dias das medições.

Aos docentes e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU) e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) pelos ensinamentos e pelo suporte oferecidos ao longo de todo o mestrado.

Aos colegas do Patri\_Lab, em especial Aline, Luciana, Mariana e Cássio, pela amizade e experiências compartilhadas durante esses anos de estudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo auxílio financeiro concedido para a realização de minha pesquisa.

Muito obrigada a todos que estiveram ao meu lado durante este período único.

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a investigação da deterioração de edifícios históricos construídos em alvenaria de tijolo cerâmico, decorrente de fissuração e sua correlação com o impacto de vibrações mecânicas geradas por tráfego viário. Apresenta como objeto o Sítio Histórico de Santa Leopoldina, protegido por tombamento (1983) e localizado em região centro serrana, interior do estado do Espírito Santo. A área de estudo compreende segmento da Rodovia ES-080 (Rodovia José Sette), na cidade de Santa Leopoldina denominada Avenida Prefeito Hélio Rocha e Avenida Presidente Vargas. Essa, eixo estruturante do sítio histórico (onde se concentra a maior parte dos edifícios protegidos), é corredor de passagem de intenso tráfego diário de veículos de grande porte. Em conjunto, a pesquisa se realiza por meio de métodos científicos, adotando abordagem histórica, conceitual, empírica e experimental, de âmbito qualitativo e quantitativo, direcionada à avaliação do impacto do fluxo viário em alvenarias de tijolo cerâmico na forma de vibração. Para tanto, observa a origem do tráfego; verifica índices limites de resistência de vibração, para cada sistema construtivo; e propõe recomendações para redução da circulação de veículos, principalmente os de maior peso. Conclui, com a indicação de medidas direcionadas ao controle e à diminuição do tráfego viário; e de procedimentos técnicos adequados à salvaguarda dos edifícios, preservando o sistema construtivo original.

Palavras chaves: Tráfego viário. Vibração. Alvenaria de tijolo. Sítio histórico.

## **ABSTRACT**

The objective of this work is to investigate the deterioration of historic buildings built in ceramic brick masonry, due to cracking and its correlation with the impact of mechanical vibrations generated by road traffic. It presents as object the Historical Site of Santa Leopoldina, protected by tipping (1983) and located in central mountain region, interior of the state of Espírito Santo. The study area comprises a segment of the Road ES-080 (Road José Sette), in the Santa Leopoldina city, known as Avenue Prefeito Hélio Rocha and Avenue Presidente Vargas. This, structuring axis of the historical site (where most protected buildings are concentrated) is a passageway of intense daily traffic of large vehicles. Jointly, the research is carried out by means of scientific methods, adopting a historical, conceptual, empirical and experimental approach, with a qualitative and quantitative scope, directed to the evaluation of the impact of the road flow in brick masonry in the form of vibration. To do so, it observes the origin of the traffic; checks for vibration resistance limits, for each construction system; and proposes recommendations to reduce the circulation of vehicles, especially those of greater weight. Concludes with the indication of measures directed to the control and the reduction of the traffic; and technical procedures adequate to the safeguard of the buildings, preserving the original constructive system.

Keywords: Road traffic. Vibration. Brick masonry. Historical site.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Transformações de Haussmann em Paris: em preto, novas ruas; em quadriculado, novos bairros; e, em tracejado, parques de “ <i>Bois de Boulogne</i> ” (esquerda) e “ <i>Bois de Vincennes</i> ” (direita).....	28
Figura 2 - As demolições para a abertura da “ <i>Avenue de L’Opéra</i> ” .....	29
Figura 3 - Rua “ <i>Richelieu</i> ”, Paris, 1904 .....	29
Figura 4 – Cruzamento de ruas do anteprojeto de 1855 .....	30
Figura 5 - Projeto de expansão de Barcelona de 1859 .....	31
Figura 6 - Eixos viários do esquema teórico e aplicação no projeto de expansão ....	32
Figura 7 – Reelaboração do projeto de expansão de Barcelona, 1863.....	33
Figura 8 - Centro de Viena na primeira e na segunda metade do século XIX, antes e depois da Ringstrasse.....	34
Figura 9 - As modificações da Ring em Viena: em preto as novas vias e em quadriculado as zonas verdes.....	34
Figura 10 - Estação Unter-Döbling, 1895-6.....	35
Figura 11 - Distrito modular, Veina, 1911 .....	36
Figura 12 - (a) Esquema do atravessamento. (b) Estudo para artéria de atravessamento – Nápoles/Itália .....	38
Figura 13 - Exemplo de vibração causada por tráfego com irregularidade na via.....	46
Figura 14 - Mitigação do impacto de vibração em edifícios.....	47
Figura 15 - Recorte do mapa geral da Província do Espírito Santo, relativo às vias de comunicação das Colônias de Santa Leopoldina e Santa Izabel, 1866 .....	48
Figura 16 –Tropa utilizada para transporte [19--] .....	49
Figura 17 - Tropa em frente a uma casa comercial em Santa Leopoldina [1920?] ...	49
Figura 18 - Roteiro das tropas no Espírito Santo .....	50
Figura 19 - Porto de Cachoeiro de Santa Leopoldina [1882?].....	51
Figura 20 - Canoeiros no Rio Santa Maria da Vitória transportando mercadorias [19-- ].....	51
Figura 21 - Vista do Porto do Cachoeiro de Santa Leopoldina [19--] .....	52
Figura 22 - Início da construção da estrada ligando Santa Leopoldina a Santa Teresa, 1917 .....	54
Figura 23 –Automóveis de carga sobre a ponte do Rio Santa Maria da Vitória [19--] .....	54

Figura 24 - Automóveis de passeio trafegando sobre a ponte do Rio Santa Maria da Vitória [19--].....	55
Figura 25 - Automóveis estacionados na atual Avenida Presidente Vargas [19--]....	55
Figura 26 - Divisão Político Administrativa do Espírito Santo.....	56
Figura 27 - Trecho da Avenida Presidente Vargas no Sítio Histórico de Santa Leopoldina.....	57
Figura 28 - Mapa do sistema rodoviário do Espírito Santo.....	58
Figura 29 - Localização dos imóveis tombados e Área de Proteção Ambiental Cultural – APAC (em vermelho) do Sítio Histórico de Santa Leopoldina .....	59
Figura 30 - Pitágoras como musicista .....	61
Figura 31 - Monocórdio .....	61
Figura 32 - Ciclos completos de uma partícula .....	62
Figura 33 - Direção da propagação e da vibração das ondas.....	62
Figura 34 - Amplitude da onda .....	62
Figura 35 - Frequência de ondas. Representação de baixa e alta frequência .....	63
Figura 36 - Relação entre os níveis pico-a-pico, o nível máximo, o nível médio de uma onda senoidal .....	63
Figura 37 - Fissuras devido ao trecho mais carregado com maior recalque .....	77
Figura 38 - Fissuras de flexão sob as aberturas .....	77
Figura 39 - Fissuras de flexão sob a abertura, provocada por recalque próximo da janela.....	77
Figura 40 - Monograma de vibração .....	81
Figura 41 - Coletor e Analisador de Vibrações NK 840 e Sensor de Vibrações NK 30 .....	84
Figura 42 - Janelas no SDAV 2015 onde são definidos dos dados para análise .....	84
Figura 43 - Marcação com piquete de madeira .....	89
Figura 44 – Equipamentos para perfuração inicial .....	89
Figura 45 – Etapas na execução de sondagem a percussão: (a) avanço da sondagem por desagregação e lavagem e (b) ensaio de penetração dinâmica (SPT) .....	90
Figura 46 - Sondagem de simples reconhecimento, perfuração a trado, marcação com giz em três partes de 15 cm, e amostrador padrão com amostra coletada .....	91
Figura 47 – Gráfico do fluxo viário no Sítio Histórico de Santa Leopoldina registrado no dia 24 de março de 2016, de 16h:30 às 18h:30min .....	97

Figura 48 - Frota de veículos de Santa Leopoldina entre os anos de 2005 a 2015	100
Figura 49 - Frota de veículos de Santa Maria de Jetibá entre os anos de 2005 a 2015	100
Figura 50 - Composição do Valor Adicionado Bruto (1000 R\$) de Santa Maria de Jetibá, 2014	101
Figura 51 - Porcentagem da Composição do Valor Adicionado Bruto de Santa Maria de Jetibá, 2014	101
Figura 52 - Composição do Valor Adicionado Bruto (1000 R\$) de Santa Leopoldina, 2014	102
Figura 53 - Porcentagem da Composição do Valor Adicionado Bruto de Santa Maria de Jetibá, 2014	102
Figura 54 - Tráfego viário no Sítio Histórico de Santa Leopoldina	104
Figura 55 - Proposta de alteração do fluxo de caminhões na Sede de Santa Leopoldina, com a construção de nova ponte nas proximidades da Prefeitura Municipal	105
Figura 56 - Proposta de alteração do fluxo de caminhões na Sede de Santa Leopoldina, com a construção de duas novas pontes	105
Figura 57 - Mapa do centro de Santa Leopoldina, com localização dos imóveis tombados, estacionamentos e fluxos	106
Figura 58 – Caminhão pesado avançando sobre a calçada no Sítio Histórico	107
Figura 59 – Caminhão pesado avançando sobre a calçada no Sítio Histórico	107
Figura 60 – Antigo pavimento de paralelepípedo no Sítio Histórico	108
Figura 61 - Alteração de parte da pavimentação da via: (a) lateral da via, (b) centro da via	109
Figura 62 – (a) Alteração de parte da pavimentação da via, (b) pequenas fissuras no asfalto	110
Figura 63 - Fiada de perpianhos colocada numa alvenaria de tijolos de uma vez	112
Figura 64 – Parede de tijolo a cutelo	112
Figura 65 – Parede de tijolo a ½ vez	113
Figura 66 – Parede de tijolo a 1 vez – aparelho de sistema inglês	113
Figura 67 – Parede de tijolo a 1 vez – E: Aparelho de tipo Perpianho, F: aparelho de sistema flamengo	113
Figura 68 – Parede de tijolo a 1 vez – G: aparelho de sistema holandês, H: Aparelho de sistema francês	114

Figura 69 – Parede de tijolo a 1 ½ vez – I: aparelho de sistema holandês, J: Aparelho de sistema inglês .....	114
Figura 70 – Parede de tijolo a 1 ½ vez – L: aparelho de sistema inglês, M: Aparelho de sistema flamengo .....	114
Figura 71 – Parede de tijolo a 2 vezes – aparelho de sistema inglês, aparelho de sistema flamengo .....	115
Figura 72 – Parede de tijolo – A: Paredes de 3 vezes aparelho de sistema inglês, B: Paredes de 3 ½ vezes aparelho de sistema inglês .....	115
Figura 73 – Parede de tijolo a 4 vezes – Aparelho de sistema inglês .....	116
Figura 74 - Imóvel 29 e alvenaria exposta .....	119
Figura 75 - Imóvel 03 e alvenaria do térreo exposta .....	119
Figura 76 - Museu do Colono [198-].....	122
Figura 77 - Museu do Colono .....	122
Figura 78 - Fachada frontal do Museu do Colono .....	123
Figura 79 - Fachada posterior do Museu do Colono, antes da ampliação [2015] ...	123
Figura 80 - Reportagem do jornal A Tribuna, dia 07 de maio de 1983.....	124
Figura 81 - Fissuras no Museu do Colono .....	126
Figura 82 - Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina.....	127
Figura 83 - Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina [19--] .....	128
Figura 84 - Implantação do edifício da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina ..	128
Figura 85 – Desenho arquitetônico das fachadas do edifício da Prefeitura .....	129
Figura 86 - Muro em alvenaria e gradil no limite frontal do terreno .....	129
Figura 87 - Fachada frontal da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina.....	130
Figura 88 - Fachada lateral esquerda e frontal da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina.....	131
Figura 89 - Fachada lateral direita e frontal da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina.....	131
Figura 90 - Detalhe do segundo pavimento da fachada de posterior e lateral esquerda da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina .....	132
Figura 91 - Fissuras no edifício da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina .....	133
Figura 92 - Planta de situação dos furos de sondagem no terreno (Sem escala) ...	135
Figura 93 - Solo exposto no fundo do terreno da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina.....	138
Figura 94 - Coletor e Analisador de Vibrações NK840 conectado ao computador..	139

Figura 95 - Acelerômetro 01 fixado no Museu do Colono .....	140
Figura 96 - Gráfico com os valores de RMS médio, máximo e mínimo do acelerômetro 01 do Museu do Colono .....	142
Figura 97 - Gráfico com os valores de RMS médio, máximo e mínimo do acelerômetro 02 do Museu do Colono .....	142
Figura 98 - Gráfico com os valores de Pico médio, máximo e mínimo do acelerômetro 01 do Museu do Colono .....	144
Figura 99 - Gráfico com os valores de Pico médio, máximo e mínimo do acelerômetro 02 do Museu do Colono .....	144
Figura 100 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 01, no dia 21/11/2016, às 21:59h, no Museu do Colono .....	145
Figura 101 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 02, no dia 21/11/2016, às 13:08h, no Museu do Colono .....	145
Figura 102 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 02, no dia 21/11/2016, às 19:02h, no Museu do Colono .....	146
Figura 103 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 02, no dia 21/11/2016, às 01:02 h, no Museu do Colono .....	146
Figura 104 - Planta baixa do térreo com a localização dos acelerômetros .....	147
Figura 105 - Acelerômetro 01 fixado na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina	147
Figura 106 - Acelerômetro 02 fixado na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina	148
Figura 107 - Gráfico com os valores de RMS médio, máximo e mínimo do acelerômetro 01 da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina .....	150
Figura 108 - Gráfico com os valores de RMS médio, máximo e mínimo do acelerômetro 02 da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina .....	150
Figura 109 - Gráfico com os valores de Pico médio, máximo e mínimo do acelerômetro 01 da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina .....	152
Figura 110 - Gráfico com os valores de Pico médio, máximo e mínimo do acelerômetro 02 da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina .....	152
Figura 111 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 01, no dia 23/11/2016, às 14:47 h, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina.....	153
Figura 112 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 02, no dia 25/11/2016, às 05:18 h, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina.....	153
Figura 113 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 01, no dia 24/11/2016, às 20:35 h, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina.....	154



Figura 114 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 02, no dia 24/11/2016, às 11:52 h, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina.....	154
Figura 115 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 01, no dia 23/11/2016, às 13:15 h, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina.....	155
Figura 116 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 02, no dia 23/11/2016, às 12:56 h, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina.....	155

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Gama de resposta estrutural para várias fontes de vibração .....	66
Tabela 2 Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência.....	68
Tabela 3 Valores de velocidade admitidos pela norma alemã DIN 4150 .....	69
Tabela 4 - Valores sugeridos pela norma suíça. Os valores de $V_p$ foram medidos para fontes de vibração de tipo ocasional .....	69
Tabela 5 - Gama de resposta estrutural para várias fontes de vibração .....	71
Tabela 6 - Comparativo de valores limites de vibração .....	73
Tabela 7 - Intervalo de tempo de observação e medição.....	79
Tabela 8 - Gama de resposta estrutural de fonte de vibração .....	80
Tabela 9 - Comparação entre Reações Humanas e Efeitos sobre as Edificações ...	82
Tabela 10 - Velocidade admissível para vibração .....	82
Tabela 11 - Denominação para solo de acordo com o tamanho de grãos .....	86
Tabela 12 - Estados de compacidade e consistência segundo a NBR 6484:2001 ...	88
Tabela 13- Levantamento do fluxo viário no Sítio Histórico de Santa Leopoldina, dia 24 de março de 2016, no período entre 16h:30 min e 18h:30min .....	96
Tabela 14 - Frota de veículos do mês de outubro de 2015 e outubro de 2016 da cidade de Santa Leopoldina - ES.....	99
Tabela 15 - Situação dos imóveis tombados em Santa Leopoldina, 2008 .....	121
Tabela 16 - Categoria de estruturas de acordo com o grupo de edifício .....	134
Tabela 17 - Classificação do edifício de acordo com a sua resistência à vibração e a tolerância que podem ser aceitas para efeitos de vibração .....	137
Tabela 18 - Média, máximo e mínimo resultados de RMS de velocidade por hora, nos dias 23 a 25 de novembro de 2016, dos acelerômetros 01 e 02, acoplados no Museu do Colono .....	141
Tabela 19 - Média, máximo e mínimo resultados de Pico de velocidade por hora, nos dias 23 a 25 de novembro de 2016, dos acelerômetros 01 e 02, acoplados no Museu do Colono.....	143
Tabela 20 - Média, máximo e mínimo resultados de RMS de velocidade por hora, nos dias 23 a 25 de novembro de 2016, dos acelerômetros 01 e 02, acoplados na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina.....	149

Tabela 21 - Média, máximo e mínimo resultados de Pico de velocidade por hora, nos dias 23 a 25 de novembro de 2016, dos acelerômetros 01 e 02, acoplados na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina .....	151
Tabela 22 - Maior valor de RMS e Pico de velocidade (mm/s) no Museu do Colono e Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina .....	156
Tabela 23 - Comparativo de valores limites de vibração .....	156
Tabela 24 - Comparação entre Reações Humanas e Efeitos sobre as Edificações	157

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>1 TRÁFEGO VIÁRIO EM SÍTIOS HISTÓRICOS</b> .....	<b>25</b>
1.1 CIDADE, PATRIMÔNIO E TÉCNICA: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E TEÓRICA .....	26
1.2 ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	44
1.3 PERSPECTIVA HISTÓRICA DO SÍTIO HISTÓRICO DE SANTA LEOPOLDINA .....	48
<b>2 VIBRAÇÃO: TEORIA E MÉTODO</b> .....	<b>60</b>
2.1 VIBRAÇÃO.....	61
2.1.1 Vibração provocada pelo tráfego viário .....	64
2.1.2 Normas de técnicas de vibração.....	65
2.2 A FISSURAÇÃO DECORRENTE DA VIBRAÇÃO .....	75
2.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE VIBRAÇÃO MECÂNICA .....	78
2.3.1 Avaliação da vibração.....	78
2.3.2 Análise geotécnica.....	86
<b>3 A DEGRADAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DECORRENTE DO TRÁFEGO VIÁRIO EM SANTA LEOPOLDINA</b> .....	<b>93</b>
3.1 O TRÁFEGO VIÁRIO .....	94
3.2 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICO-CONSTRUTIVA .....	111
3.3 APLICAÇÃO METODOLÓGICA .....	120
3.3.1 Edifícios para aplicação metodológica.....	120
3.3.2 Análise geotécnica.....	135
3.3.3 Análise de vibração .....	139
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>159</b>
<b>ANEXO A</b> .....	<b>166</b>
<b>ANEXO B</b> .....	<b>167</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>171</b>

## INTRODUÇÃO

O interesse pela vibração pode ser atribuído ao desenvolvimento dos primeiros instrumentos musicais - desde a Antiguidade havia estudos sobre as regras e leis da produção do som. A vibração pode ser provocada por fonte natural, como terremoto, ou por fonte artificial, instrumentos construídos pelo homem, entre os quais veículos automotores. Em contextos urbanos patrimoniais, o fluxo viário de automóveis se torna um problema a ser investigado, tendo em vista identificar seus efeitos sobre edificações históricas (RAO, 2009).

Nas cidades antigas, o início do processo de desenvolvimento da rede viária é produzido com a finalidade do trânsito de pessoas e animais, e, com o crescimento das cidades, da intensidade e modernização dos sistemas de transporte automotivos, as vias de áreas centrais apresentam dimensões limitadoras da conciliação dos diversos tipos de locomoção e velocidades, gerando, por vezes, conflito entre a densidade urbana e o tráfego viário (CURY, 2004).

Entre os danos de origem externa ao edifício, de gravidade, produzidos pelos avanços tecnológicos, destaca-se a vibração provocada pelo tráfego de automóveis e transmitida pelo solo, alcançando edifícios existentes nas proximidades do fluxo, onde as tensões oscilantes podem ocasionar danos caracterizados por fissuração, comprometendo sua integridade física, na proporção do tipo e intensidade do fluxo viário. Os possíveis fatores que contribuem para a vibração em edifícios estão relacionados à condição da estrada, velocidade, peso e suspensão do veículo, condições do solo, característica da construção, estação do ano e distância entre a estrutura e a via (HENWOOD, 2002).

O trabalho apresenta investigação relativa ao Sítio Histórico de Santa Leopoldina, protegido pelo Conselho Estadual de Cultura (1983), localizado em região centro serrana, interior do estado do Espírito Santo, detentor de diversidade arquitetônica, destacando-se casarões e sobrados constituintes de um belo e importante acervo da arquitetura, por meio dos quais é possível analisar a época de apogeu econômico e sócio cultural do município, no final do século XIX e início do século XX (QUEIROZ, 2013).

Santa Leopoldina é um dos primeiros núcleos urbanos no estado a se instalar em terras não costeiras, desenvolvido às margens do rio Santa Maria da Vitória, importante ponto de reunião entre os modais de escoamento da produção e comércio da região. A área de estudo compreende parte da Rodovia ES-080 Rodovia José Sette, na cidade de Santa Leopoldina denominada Avenida Prefeito Hélio Rocha e Avenida Presidente Vargas, onde se localiza o sítio histórico e a maior parte dos edifícios protegidos. Utilizada como rota para escoamento da produção agrícola de municípios vizinhos, especialmente de Santa Maria de Jetibá, apresenta intenso tráfego viário diário de veículos de grande porte.

Considerando que, diante de tais perigos de deterioração e até desaparecimento total, todos os Estados devem agir para salvaguardar esses valores insubstituíveis, adotando urgentemente uma política global e ativa de proteção e de revitalização dos conjuntos históricos ou tradicionais e de sua ambiência, como parte do planejamento nacional, regional ou local [...]. (RECOMENDAÇÃO DE NAIRÓBI, 1976, p.2)

A problemática dos danos causados por tráfego viário em edifícios históricos é um tema relevante para a área de conservação e restauro, sendo abordado por Cartas Patrimoniais, entre as quais é possível destacar a Carta de Atenas (1933), a Recomendação de Nairóbi (1976), a Carta de Machu Picchu (1977) e a Carta de Washington (1986).

O Sítio Histórico de Santa Leopoldina se encontra às margens da ES-080, com intenso tráfego viário diário de veículos de grande porte, utilizada como rota para escoamento da produção agrícola das cidades vizinhas, como a cidade de Santa Maria de Jetibá, maior abastecedor da Ceasa - ES, localizada em Cariacica, de mercados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Bahia e outros Estados do Nordeste.

O estudo faz uso de pesquisa histórica e teórica, bem como utiliza instrumentos de análise tecnológica que auxiliam na metodologia de conservação e salvaguarda do patrimônio arquitetônico, instrumento de preservação da história, por meio da compreensão do ambiente em que os edifícios estão inseridos, e processos de deterioração por fissuração, que, por sua vez, possibilitam o surgimento e a evolução de outras manifestações patológicas.

Considerando a condição de conservação e o nível da degradação dos edifícios históricos, constata-se a ocorrência de danos classificados como cosmético, com

ocorrência de danos superficiais, classificados de acordo com a norma ISO 4866:2010.

Concluindo, aponta-se a necessidade de análise quantitativa e caracterização do tráfego viário no sítio histórico; análise dos níveis de vibração que afetam os edifícios selecionados para estudo; análise dos fatores que contribuem para a vibração do tráfego viário, como condição da via e a caracterização geotécnica, com intuito de apontar a forma mais adequada para o enfrentamento da salvaguarda dos edifícios.

A área de estudo e investigação da correlação entre a vibração gerada pelo impacto do tráfego viário e a degradação por fissuração é limitada ao Sítio Histórico de Santa Leopoldina, tendo em vista a maior concentração de edifícios históricos, muitos deles tombados, e o intenso tráfego viário que passa pela cidade.

Em assim sendo, para análise dos efeitos e níveis de vibração mecânica, são selecionados dois edifícios, escolhidos a partir do critério de representatividade de valor histórico e artístico presentes, de relevante importância para o município, por se tratar de edifícios públicos, situados em pontos distintos do Sítio Histórico, que possuem características de construção originais, diversidade quanto à implantação no terreno, e manifestações patológicas visíveis, em especial, fissuras, que podem estar associadas às vibrações mecânicas geradas pelo tráfego viário, e situados em pontos onde há variação da velocidade dos veículos, são eles, o Museu do Colono, e a Prefeitura Municipal.

O trabalho tem por objetivo geral diagnosticar o impacto da vibração mecânica geradas pelo tráfego viário em edifícios selecionados no Sítio Histórico de Santa Leopoldina, por meio ensaio de níveis e efeitos na estrutura.

Os objetivos específicos são:

- Compreender o desenvolvimento da cidade, a modificação das vias e o impacto ocasionado pela evolução dos meios de transporte e o tráfego em sítios históricos urbanos. Apresentar recomendações para preservação do patrimônio e alternativas de mobilidade;
- Caracterizar a técnica construtiva de alvenarias de tijolo cerâmico do Sítio Histórico de Santa Leopoldina;

- Obter informações de âmbito qualitativo e quantitativo do tráfego viário no Sítio Histórico de Santa Leopoldina, e sua relação com degradação por fissuração decorrente do tráfego viário;
- Verificar possibilidades para a preservação de sítio histórico sujeito à vibrações ocasionadas por intenso tráfego viário.

A abordagem teórica dos procedimentos empregados na pesquisa utiliza metodologia proposta por Serra (2006), seguindo os quatro momentos do método científico: “observar e descrever o fenômeno; formular hipótese para explicá-lo; usar hipótese para prever outros fenômenos iguais ou consequentes; realizar ensaios ou observações para verificar se a hipótese está correta” (SERRA, 2006, p. 63).

Para tanto, adota abordagem histórica, conceitual, empírica e experimental, de âmbito qualitativo e quantitativo, direcionada à avaliação do impacto do fluxo viário em alvenarias de tijolo na forma de vibração.

Os procedimentos utilizados para a investigação e desenvolvimento da pesquisa, foram divididos em três fases: a primeira fase, de pesquisa bibliográfica, consiste no levantamento de dados e material bibliográfico; a segunda fase, de pesquisa empírica, consiste no estudo da área selecionada, na aplicação das medições e nos ensaios, através da utilização do equipamento Coletor e Analisador de Vibrações NK 840 com dois acelerômetros Sensor de Vibrações NK 30 e leitura das ondas realizada pelo software Sistema Digital de Análise de Vibrações - SDAV 2015 para análise de vibrações, e sondagem a percussão, realizada pela Construtora Eltecom para análise geotécnica; e a terceira fase, de elaboração dos produtos, consiste na interpretação das medições e ensaios realizados, e nas recomendações de medidas preventivas (RESENDE, 2011).



## **1 TRÁFEGO VIÁRIO EM SÍTIOS HISTÓRICOS**

A destinação de uso das vias de circulação se modifica ao longo do tempo com a modernização dos sistemas de transporte automotivos, os quais, por sua vez, podem colocar em risco a integridade física de edifício localizado junto à via de fluxo viário por meio de poluição, choque e vibração.

O presente capítulo, com o objetivo compreender o tecido urbano de inserção dos objetos em análise, divide-se em três seções secundárias: a primeira avalia o tráfego viário em sítios históricos, segundo abordagens histórica e teórica, analisando o desenvolvimento da cidade, a modificação do traçado de suas vias, e o impacto ocasionado pela evolução das técnicas de transporte e comunicação nas cidades históricas; seguindo, a segunda seção, apresenta abordagem metodológica, através de recomendações para preservação do patrimônio arquitetônico, com análise dos danos provocados por vibração causada por tráfego viário, e alternativas de mobilidade e deslocamento adotadas em cidades históricas; a terceira seção realiza perspectiva histórica do Sítio Histórico de Santa Leopoldina, pela compreensão dos processos de modificação de suas vias e meios de transporte.

## 1.1 CIDADE, PATRIMÔNIO E TÉCNICA: UMA ABORDAGEM HISTÓRICA E TEÓRICA

Cidade-Patrimônio: o impacto das técnicas de transporte e comunicação

O conceito do termo cidade se altera ao longo do tempo. Na Idade Média não é apenas “*no campo, mas do campo*”. Com a revolução industrial, e a permanente evolução técnica, a cidade rompe-se a relação complementar entre cidade e campo. No início do século XXI, cidade significa “local ou suporte estático de uma tríplice comunicação engajado a troca de bens, de informações e afetos” (CHOAY, 1999, p. 69).

Para Leonardo Benevolo (1995), no final do século XVIII, a modificação da paisagem europeia se deve a acontecimentos e transformações institucionais, progresso científico e desenvolvimento econômico e demográfico. A Revolução Industrial, com o aumento significativo da população e da produção industrial e sua mecanização, é responsável por processos técnicos e construtivos relevantes pela influência exercida na transformação da paisagem, especialmente a partir da segunda metade do século XIX.

Entre as inovações técnicas mais marcantes da transformação urbana está a evolução dos meios de transporte, a que mais permite a densificação das cidades. Ocorre a partir de 1850, com o trem e a possibilidade de mobilidade em massa, que aumenta com o automóvel, a partir de 1930 (CHOAY, 1999).

O crescimento das cidades e desenvolvimento dos meios de comunicação e transportes ocorre em poucos decênios (BENEVOLO, 1995, p. 175). Ainda de acordo com Benevolo,

Estes meios permitem uma mobilidade incomparavelmente maior: todas as mercadorias, mesmo as pesadas e pobres, podem ser transportadas para os locais onde são solicitadas; as pessoas de todas as classes sociais podem fazer longas viagens, ou morar num lugar e trabalhar em outro, deslocando-se a cada dia ou cada semana. (BENEVOLO, 1983, p. 552)

Na primeira metade do século XIX, as cidades apresentam problemas, como a desvalorização de planos urbanísticos, problemas como congestionamento e insalubridade, que ocasionam as primeiras tentativas de melhoria, mas que ainda não são as ideais. Os núcleos das cidades, com sua estrutura formada anteriormente, onde se encontram os principais monumentos, possuem casas

compactas e ruas estreitas que, com o aumento da população e do trânsito, vão sendo abandonados pelas “classes mais abastardas”, que se mudam para a periferia (BENEVOLO, 1983, p. 565).

As iniciativas independentes de empresários na criação de bairros situados na periferia são destinadas a diferentes classes sociais, e suas configurações de moradia são distinguidas entre as habitações isoladas para os ricos, e em fileiras ou sobrepostas, construídas em conjunto, para os pobres. “Este ambiente desordenado e inabitável - que chamaremos de cidade liberal - é o resultado da superposição de muitas iniciativas públicas e particulares, não-reguladas e não-coordenadas” (BENEVOLO, 1983, p. 567).

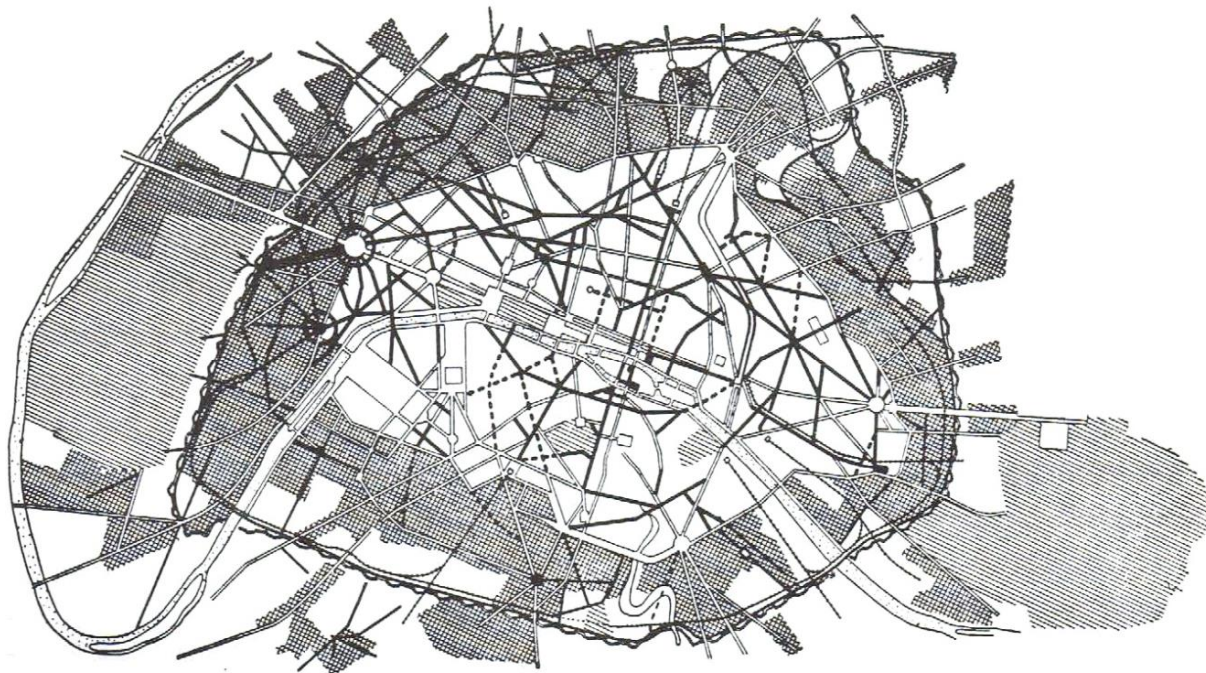
Neste contexto, as classes operárias vivem em situação precária, sofrem com as doenças, que se expandem, atingindo também as classes ricas. Com isso, em 1848, após apresentação de propostas de intervenção na condição de vida das cidades, na Inglaterra, a primeira lei sanitária é votada e aprovada, utilizada para administração da cidade pós-liberal (BENEVOLO, 1983).

Com a Revolução de 1848, os movimentos de esquerda e os liberais são derrotados, e os de direita e burgueses saem vitoriosos, abandonando a “tese liberal da não-intervenção do Estado”, que passa a estabelecer um novo modelo de cidade. O desenho da cidade pós-liberal é formado pelo limite entre o público e o privado, que pode ser construído junto à rua, constituída por edifícios de uso misto, formando a “rua-corredor”; e construídos afastados da rua, predominantemente por residências (BENEVOLO, 1983, p. 573).

A forma da cidade é a que a torna máxima a renda imobiliária urbana, isto é, a mais rica de diferenças (um centro mais denso e uma periferia mais rala, dividida em setores de caráter diverso), mesmo que resulte ser ineficiente e dispendiosa. O mecanismo urbano está sempre congestionado, porque os aparelhamentos públicos - ruas, instalações, serviços - são sempre insuficientes, ao passo que a exploração dos terrenos particulares alcança ou supera os máximos fixados pelos regulamentos. (BENEVOLO, 1983, p. 589)

Um exemplo das transformações ocorridas pode ser observado na cidade de Paris (Figura 1), onde o prefeito e arquiteto George-Eugène Haussmann, ao assumir a prefeitura de Sena, entre 1853 e 1869, é reconhecido mundialmente como modelo, através de um programa urbanístico e sucesso na gestão pós-liberal (BENEVOLO, 1983).

Figura 1 - Transformações de Haussmann em Paris: em preto, novas ruas; em quadriculado, novos bairros; e, em tracejado, parques de “Bois de Boulogne” (esquerda) e “Bois de Vincennes” (direita)

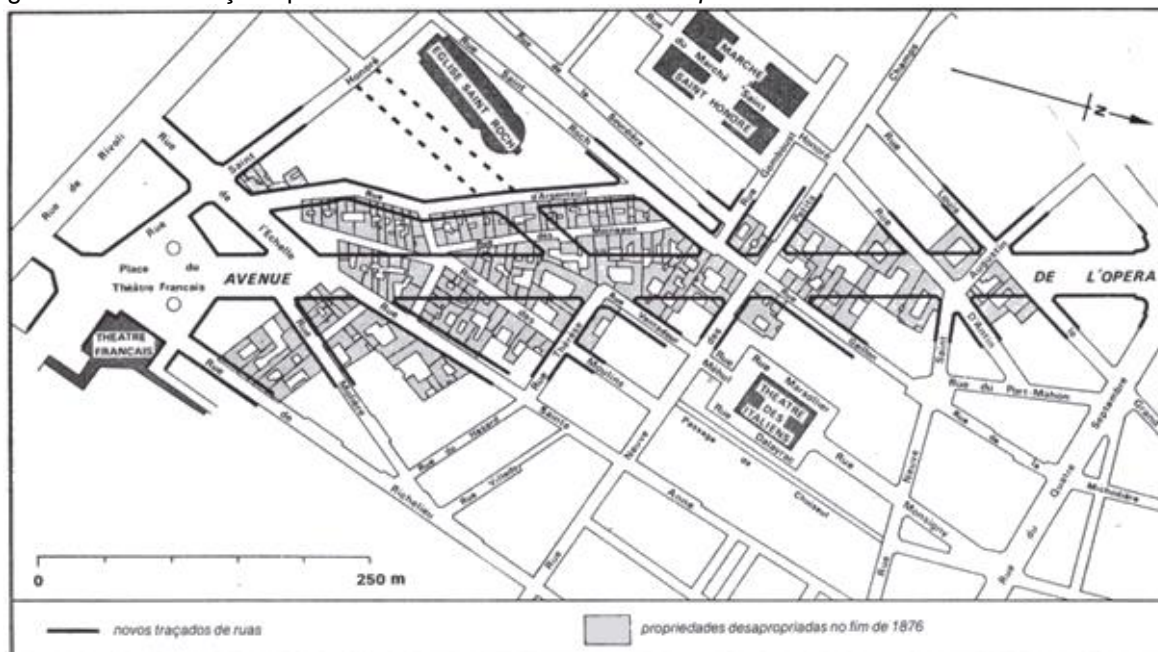


Fonte: Benevolo (1994)

A transformação de Paris abrange a alteração da rota do fluxo, com remodelação do traçado das ruas, resultante da abertura de 95 quilômetros e desaparecimento de 50 quilômetros de área construída na velha Paris, e do prolongamento, por mais 70 quilômetros, de vias na periferia da cidade (BENEVOLO, 1983). A cidade passa a ser estruturada como um sistema de comunicação, com vias hierarquizadas, ligando pontos chaves e cardeais da cidade com as estações de trem e as entradas da cidade (CHOAY, 1999).

Para as intervenções na rede viária, necessárias à abertura de vias retas e amplas (Figura 2), Haussmann utiliza a expropriação de terrenos como instrumento para viabilizar a propriedade pública de lotes e, assim, inclusive, adquirir o direito de revender lotes lindeiros às novas vias para construção. Contudo, de acordo com a decisão do Conselho de Estado, as novas terras públicas são restituídas aos seus antigos proprietários (BENEVOLO, 1994).

Figura 2 - As demolições para a abertura da “Avenue de L’Opéra”



Fonte: Benevolo (1983)

O alargamento dos caminhos antigos e a regularização da malha viária acarretam a demolição de grandes extensões do tecido preexistente, com exceção de edifícios antigos mais importantes, considerados indispensáveis para a caracterização local, que permanecem isolados e destacados dos novos espaços urbanos, tornando-se “monumentos separados do ambiente urbano”. O aumento da dimensão de ruas e praças principais, contribui para o destaque das vias de tráfego e da decoração urbana em primeiro plano, afastando a arquitetura de fundo (Figura 3) (BENEVOLO, 1994).

Figura 3 - Rua “Richelieu”, Paris, 1904



Fonte: Benevolo (1983)

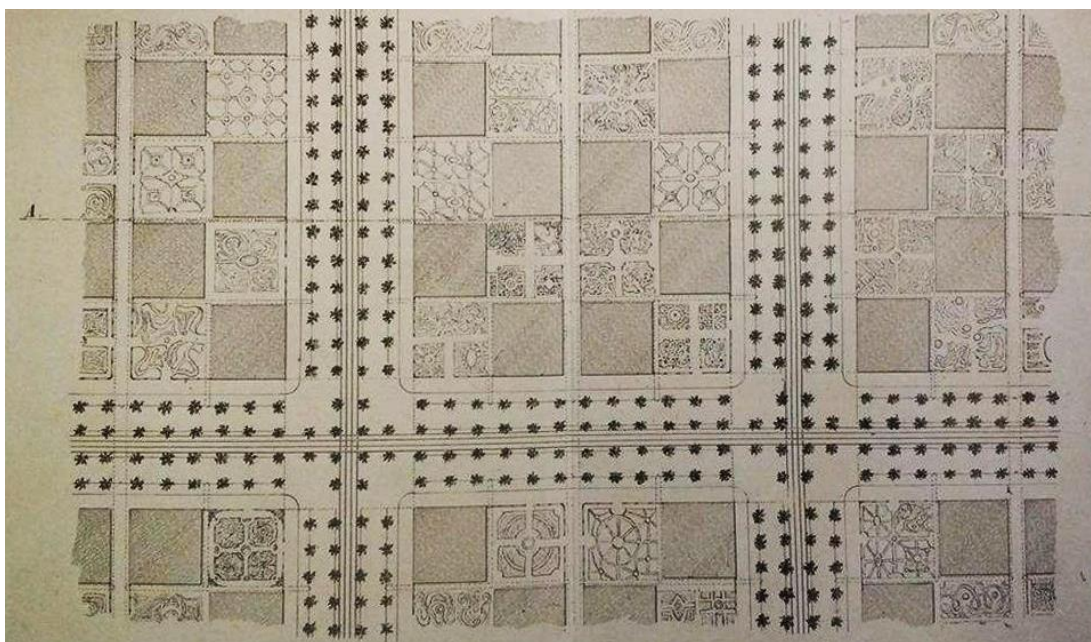


Por bem ou mal, a transformação Haussmanniana de Paris segue sendo um passo obrigatório para compreender o sentido das inovações introduzidas na segunda metade do século XIX tanto nas grandes estratégias como nas pequenas táticas do desenho da cidade. (GRAVAGNUOLO, 1991, p. 38, - tradução nossa)

O exemplo da urbanidade de Paris é promovido em outras cidades, como Barcelona, por Ildefonso Cerdà, e Viena, por Otto Wagner; entretanto, nessas duas cidades, os antigos centros são preservados (CHOAY, 1999).

Cerdà, engenheiro urbanista, elaborador do plano de ampliação para Barcelona, em seu anteprojeto, do ano de 1855, define as características das ruas, com perfeição de traçado e dimensões de 35 metros de largura, destinadas aos meios de locomoção, com seções para cada tipo, delimitadas por quatro fileiras de árvores plantadas na avenida, e canalização subterrânea de esgoto, água e gás (Figura 4) (TARRAGÓ, 1996).

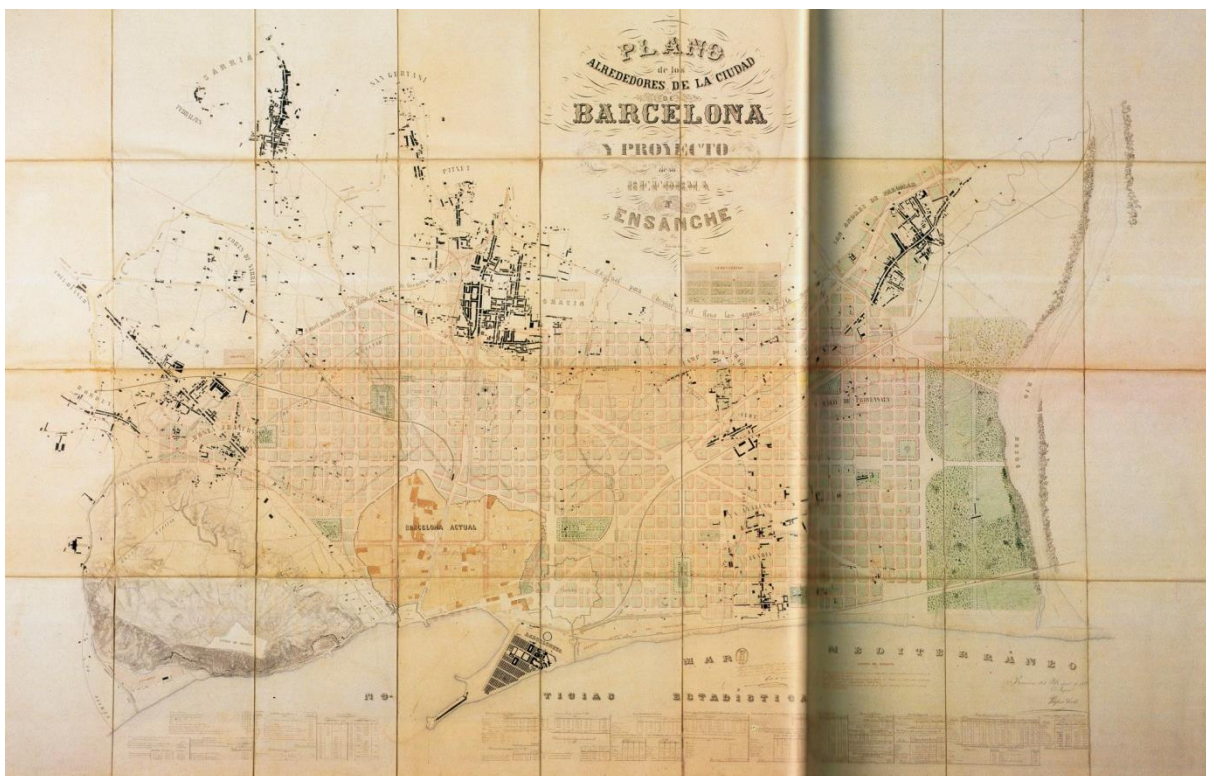
Figura 4 – Cruzamento de ruas do anteprojeto de 1855



Fonte: Tarragó (1996)

Em seu projeto de 1859 (Figura 5), propõe uma nova tipologia para as edificações urbanas, com diversidade de plantas e pátios internos; vias arteriais diagonais que interrompem a ortogonalidade das vias e quarteirões com esquinas chanfradas, favorecendo o desenvolvimento do trânsito. Para ele, o primeiro dever adequar a rede viária ao “desenvolvimento dos meios de locomoção”, e em seguida à “revisão das tipologias construtivas” (GRAVAGNUOLO, 1998, p. 59, tradução nossa).

Figura 5 - Projeto de expansão de Barcelona de 1859



Fonte: Tarragó (1996)

A definição do quarteirão tipo parte do traçado regular quadriculado, com dimensões de 113 por 113 metros e ruas com largura de 20 metros, que “reúne vantagens de ordem circulatório, topológico, construtivo, jurídico e urbanístico superior a qualquer outro”, respeitando a área definida do centro histórico de Barcelona (TARRAGÓ, 1996, p. 81, tradução nossa).

O esquema teórico, utilizado para a definição das vias, possui formato retangular, na proporção de 20 por 60 quarteirões, que se divide em três quadrados, e é preenchido por quadriculados representando os quarteirões. Os eixos de circulação dividem o retângulo de forma horizontal e vertical, tangenciando o centro histórico, outros eixos são definidos em ângulos de 45° a partir do porto (Figura 6) (TARRAGÓ, 1996).



Figura 6 - Eixos viários do esquema teórico e aplicação no projeto de expansão



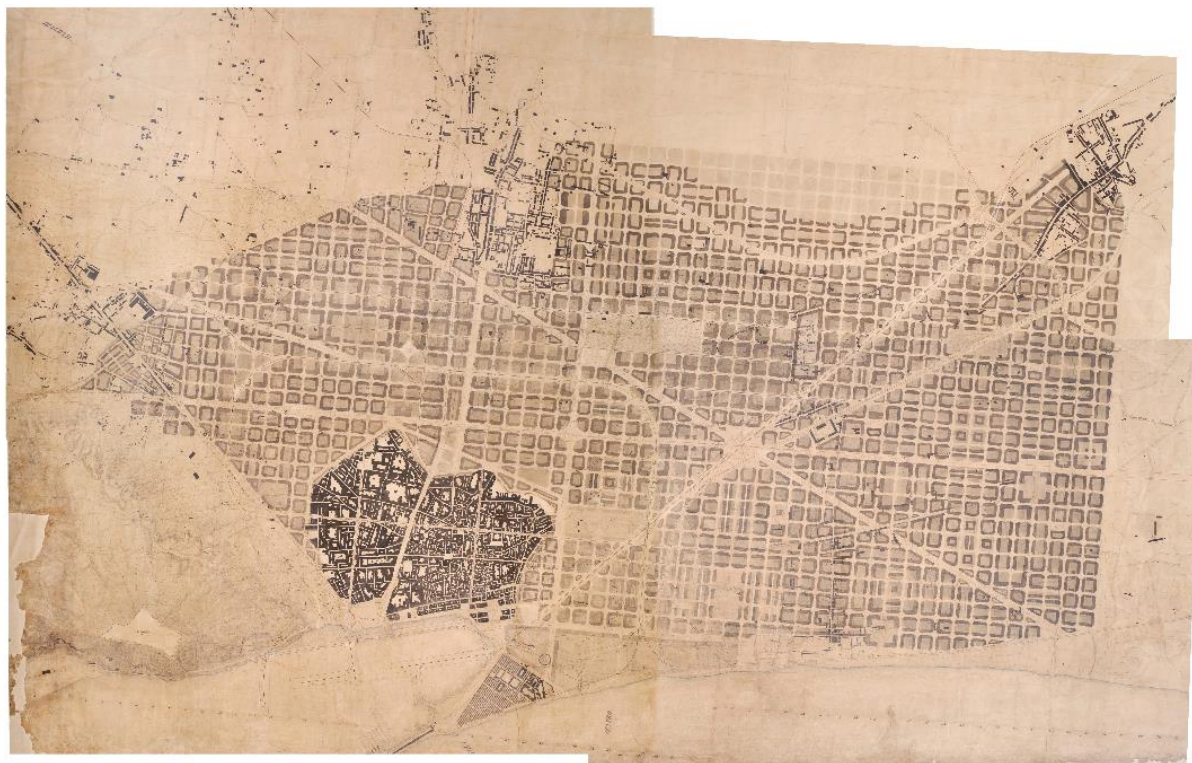
Fonte: Tarragó (1996)

No anteprojeto de 1855, Cerdà define a largura das vias em 35 metros, a partir da diversidade dos meios de locomoção. Já no projeto de 1859, o projeto é definido por razões de economia e higiene. As ruas com largura de 20 metros, 14 metros, 07 metros de cada lado, são destinadas aos transeuntes e 06 metros ao centro ao transporte rodoviário (TARRAGÓ, 1996).

Na reelaboração do projeto de expansão, em 1863 (Figura 7), Cerdà mantém o mesmo traçado viário geral do projeto anterior, modificando a distribuição do espaço da via, diminuindo o espaço para os transeuntes, agora 10 metros, 05 metros de cada lado, e 10 metros para os meios de transporte. Quanto ao quarteirão, destaca-se a densificação, aumentando o número de edifícios, alterando a sua configuração (TARRAGÓ, 1996).



Figura 7 – Reelaboração do projeto de expansão de Barcelona, 1863

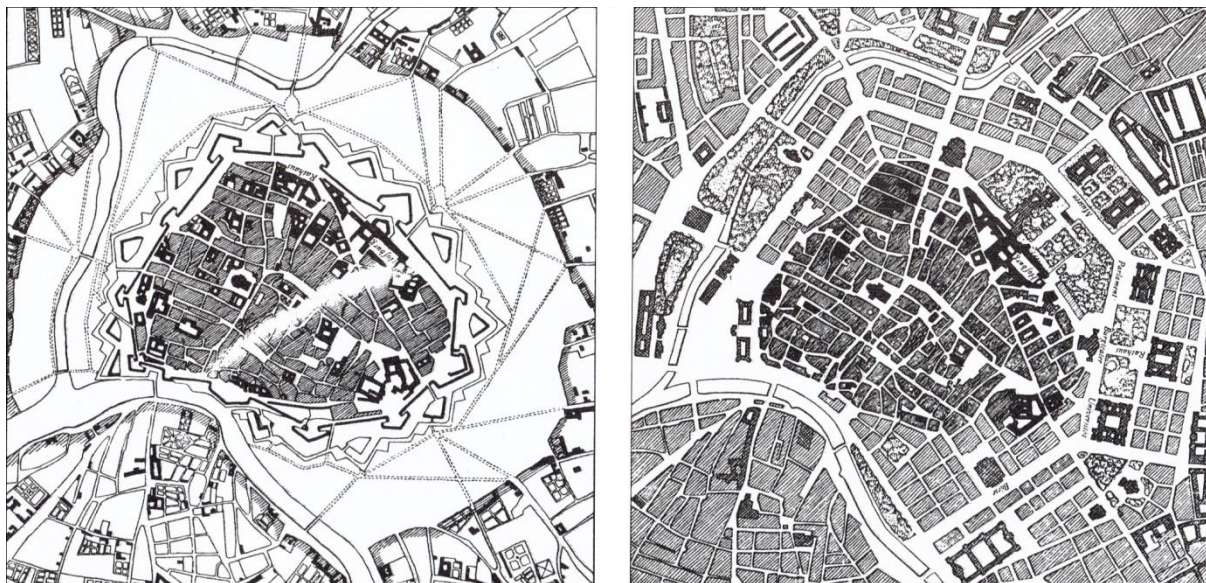


Fonte: Cerdà (2017)

Na Áustria, em 1860, ao assumirem o poder de Viena, os liberais começam a remodelar a cidade, tendo como centro da transformação a Ringstrasse. No final do século XIX, quando são expulsos do poder, a Ringstrasse torna-se “centro simbólico da sua crítica” (SCHORSKE, 1988, p. 43). Durante o governo dos liberais, desenvolvem-se serviços públicos, como a canalização do rio Danúbio, para evitar inundações; sistema de fornecimento de água; inauguração do primeiro hospital da cidade; e sistema sanitário público, que elimina epidemias. “O novo desenvolvimento de Viena, devido à sua concentração geográfica, supera, em impacto visual, qualquer reconstrução urbana do século XIX - mesmo a de Paris” (SCHORSKE, 1988, p. 45).

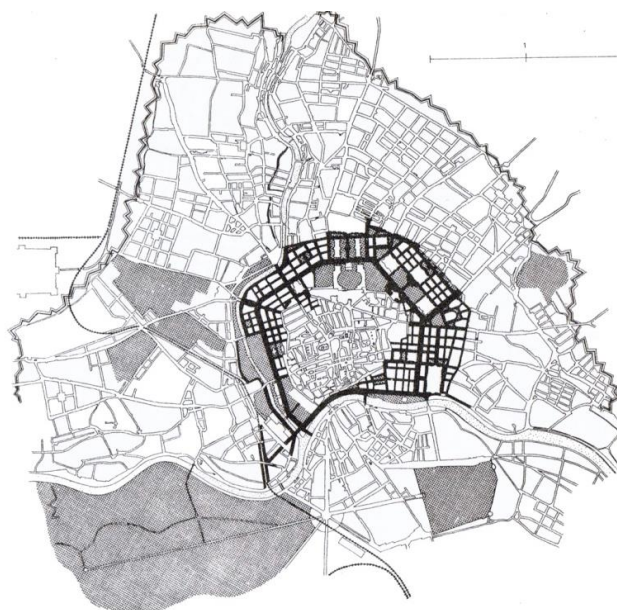
O desenvolvimento de Viena na extensa área livre no centro (Figura 8 e 9), com ruas largas, para oferecer mobilidade às tropas e evitar barricadas, atende desejos civis e militares, para a Ringstrasse com escala monumental e em forma circular, e por meio dessa escala de grandeza, percebe-se o contraste entre a cidade antiga e a área de Ring (SCHORSKE, 1988).

Figura 8 - Centro de Viena na primeira e na segunda metade do século XIX, antes e depois da Ringstrasse



Fonte: Benevolo (1983)

Figura 9 - As modificações da Ring em Viena: em preto as novas vias e em quadriculado as zonas verdes



Fonte: Benevolo (1983)

Em 1893, o arquiteto Otto Wagner ganha um concurso de projetos para o novo desenvolvimento de Viena, onde suas ideias, centradas no transporte, são reconhecidas como a “chave para o crescimento”, com a proposta de quatro cinturões concêntricos rodoviários e ferroviários, atravessados por artérias radiais (SCHORSKE, 1988, p. 89). Além da construção dos sistemas de transporte, Wagner projeta mais de trinta estações (Figura 10), viadutos, túneis e pontes. Na



Ringstrasse substitui a praça pela avenida que, por sua vez, aos poucos, é substituída pelas ferrovias municipais (SCHORSKE, 1988).

Figura 10 - Estação Unter-Döbling, 1895-6



Fonte: Schorske (1988)

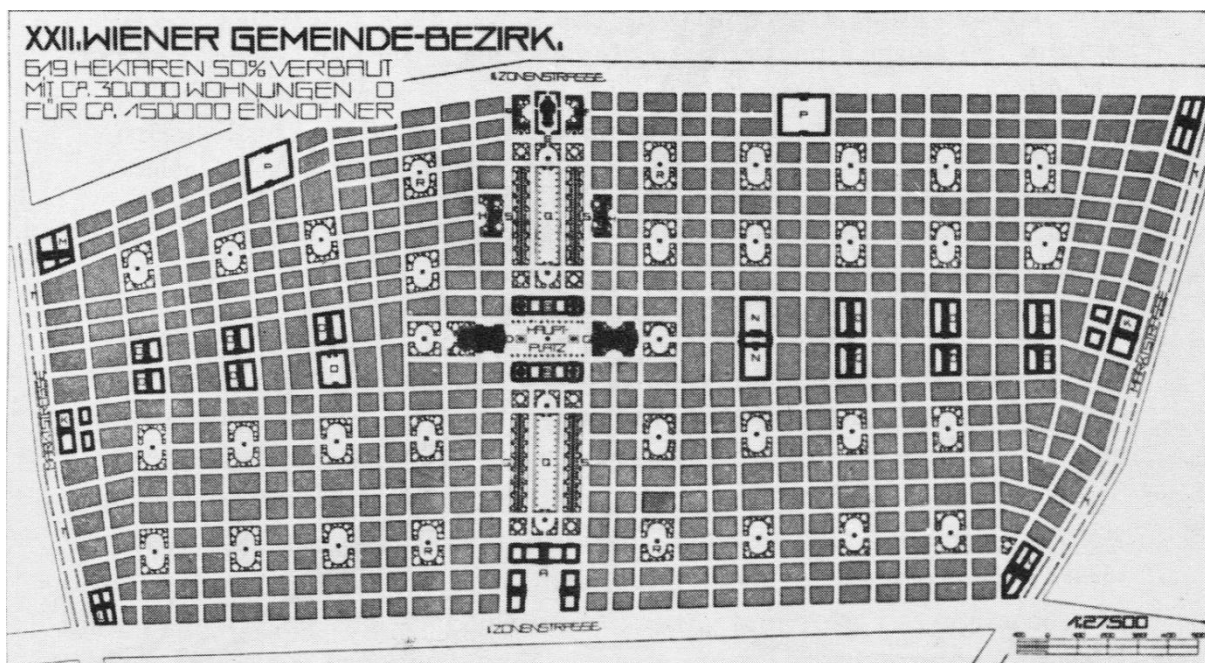
O antigo centro histórico permanece quase intacto. Na introdução do seu projeto, Wagner aponta sua vontade de preservar o passado:

Convém aqui respeitar a beleza e satisfazer as exigências de salubridade e de circulação por uma conservação adequada do patrimônio existente, empenhando-se em trazer as melhorias próprias, em satisfazer as exigências modernas. (WAGNER, 1893, apud CHOAY, 1999, p. 74)

Quase vinte anos após a primeira modificação de Viena, proposta por Wagner, em 1910, a expansão urbana adota a uniformidade e monumentalidade das vias, e os fatores econômicos, como tráfego, são a “base do planejamento positivo” (SCHORSKE, 1988, p. 111). As construções com fachada lisa, altura controlada e dispostas de forma linear, delimitam e reforçam o trajeto linear das vias (Figura 11), interrompendo-as eventualmente com praças, edifícios públicos e monumentos, usadas para dar fluxo e direção aos veículos, que “dominavam nas concepções urbanas de Wagner” (SCHORSKE, 1988, p. 112).

Usando Viena como modelo, propôs que cada setor da cidade fosse planejado como uma subcidade semi-autônoma de 100 mil a 150 mil habitantes. Cada uma teria seus locais de trabalho [...], seus blocos residenciais uniformes, cada qual junto a uma praça verde, e seu ‘centro ao ar livre’ altamente formal onde ficariam os edifícios públicos e culturais. (SCHORSKE, 1988, p. 112)

Figura 11 - Distrito modular, Veina, 1911



Fonte: Schorske (1988)

#### Cidade-Patrimônio: abordagem teórica

A teoria do restauro científico, do engenheiro Gustavo Giovannoni (1873-1947), “iniciou uma nova abordagem para as zonas urbanas históricas” (JOKILEHTO, 1999, p. 221). Giovannoni assume importante papel no processo dos estudos e ensino da arquitetura, separada da engenharia, em três campos disciplinares: a história da arquitetura, o restauro e o urbanismo, interligadas significativamente em suas atividades. Andrea Pane, ao discutir a importância do pensamento giovannoniano, ressalta “a atualidade [de seu pensamento] entrando no mérito de cada um dos três setores, [detendo-se], em particular, na restauração e no urbanismo” (PANE, 2013, apud KÜHL, 2013, p.35). Segundo o autor,

O papel de Giovannoni como protagonista - ser reconhecido não apenas na progressiva aquisição do valor dos ambientes urbanos, mas, sobretudo, no empenho em definir uma nova estratégia de intervenção na “cidade velha”, elaborada como uma síntese original de experiências diversas e saberes disciplinares até então contrapostos. (KÜHL, 2013, p.39)

Dessa forma, é possível afirmar o papel fundamental dos estudos do engenheiro, arquiteto e historiador da arte, pioneiro nas principais contribuições no âmbito do patrimônio urbano, permanecendo, principal detentor do assunto e de notável atualidade (KÜHL, 2013).

Gustavo Giovannoni consolida princípios do restauro científico, aplicados a edifícios, monumentos e zonas urbanas históricas, chama atenção para a “arquitetura menor” e para os conflitos entre os conceitos de vida e história do desenvolvimento da cidade, onde um satisfaz a vida moderna e o outro os valores históricos e artísticos (JOKILEHTO, 1999).

As questões dos velhos centros são tratadas por Giovannoni por meio de três instrumentos operativos ligados a diferentes escalas, “os planos reguladores, no âmbito da cidade; o atravessamento, no âmbito do bairro; e o *diradamento*, no âmbito do quarteirão” (FAITANIN, 2012, p. 41).

No âmbito da cidade, o princípio dos planos reguladores deve ser o de conduzir a importância da conservação dos centros antigos e integra-los à vida presente, além de possuir caráter integral, abrangendo toda a cidade e suas características de “condições de higiene, sociais, econômicas, de circulação, de estética, e as várias fases de implantação” (FAITANIN, 2012, p. 41).

O atravessamento, implantado quando as condições do traçado existente devem ser respeitadas pelo desenvolvimento, representa o “[abandono do] preconceito da retificação de vias e de grandes seções contínuas, pois, em seu entendimento, as velhas cidades devem ser preparadas para a vida moderna sem alterar a fisionomia histórica” (Figura 12) (ZUCCONI, 1997 apud FAITANIN, 2012, p. 41). Com a criação de uma via, externa ao centro histórico, destinada ao maior fluxo, estimulada pelas várias artérias menores que passam por dentro do centro. “O atravessamento seria possível até mesmo no interior do quarteirão, caso tivesse menos impacto na fisionomia ou ambiente da cidade” (FAITANIN, 2012, p. 41).

Figura 12 - (a) Esquema do atravessamento. (b) Estudo para artéria de atravessamento – Nápoles/Itália



(a)



(b)

Fonte: Giovannoni (1995)

Na defesa das cidades históricas e de uma modernização respeitosa frente aos conjuntos históricos, Giovannoni cria teoria e instrumento projetual correspondente, o *'diradamento edilizio'*. Nesse, o tráfego principal é mantido fora da área histórica, com propósito de melhorar as condições sociais, de higiene e conservação dos edifícios históricos, e possibilitar a demolição de estruturas menos importantes com o objetivo de criar espaços adequados à nova “cinética” das cidades antigas. Esse conceito é introduzido nas cidades de Roma, Veneza, Bari e Bergamo (JOKILEHTO, 1999).

Em *Vecchie Città ed Edilizia Nuova* (1913, apud KÜHL, 2013), Giovannoni abrange temas relacionados ao crescimento e à transformação dos núcleos urbanos, aos conflitos entre preservação e modernização na relação entre a “cidade nova” e a “cidade velha”, com o objetivo de discutir e propor instrumentos direcionados à conciliação das duas áreas. Neste contexto, defende a necessidade de estabelecer um acordo entre as demandas da cidade moderna e da velha cidade.

Para Giovannoni, a cidade velha se caracteriza pelo ritmo lento e definição dos seus limites, e seu oposto, a cidade nova, se caracteriza pelo dinamismo, ritmo de vida rápido, com papel fundamental da comunicação, possibilidade de extensão na escala da cidade, incorporada numa lógica territorial. Giovannoni (1995) identifica os

elementos sociais, cinéticos e estéticos da cidade moderna, entre os quais, o cinético se aproxima da temática do trabalho, tendo em vista se manifestar nas ruas da cidade, de acordo com a expansão do seu desenvolvimento, permitido pelo aperfeiçoamento de rápidos meios de comunicação e transportes, e caracterizando a cidade em movimento.

Os rápidos meios de comunicação modernos, caminhos-de-ferro, eléctricos, automóveis, permitem agora à vida citadina estender-se muito além dos seus antigos limites, às novas construções descentralizar-se pelos vastos espaços, desenvolvendo-se ao mesmo tempo em superfície e em altura [...]. (CHOAY, 2011, p. 195)

Referindo-se ao debate sobre os procedimentos de melhoria do fluxo viário e ampliação da cidade frente/em diálogo com as demandas vinculadas à preservação de monumentos históricos, Giovannoni destaca que “[...] quando se trata de renovar um velho centro e de determinar as relações entre o ambiente antigo e o desenvolvimento novo”, dois grupos, inovadores e conservadores, se colocam em polos opostos: “[...] de um lado estão às exigências positivas do desenvolvimento moderno e do moderno modo de viver, do outro, o respeito pelas memórias históricas e artísticas, pelas condições de ambiente nas quais a velha cidade se desenvolveu” (KÜHL, 2013, p.94).

Com o rápido crescimento das cidades e da intensidade do tráfego viário, onde “[...] as fibras das velhas casas tranquilas vibraram com a passagem contínua de carroças e bondes [...]”, e com a nova maneira de viver, novos bairros desenvolvem-se descoordenadamente nas proximidades e dentro dos velhos centros (KÜHL, 2013, p. 101).

O sistema geométrico de vias e quadras com densa construção de edifícios é influenciado pela economia e pelo crescimento do tráfego viário, porém, com o aumento do fluxo, as vias mostram-se insuficientes; e, com o aumento da velocidade dos veículos, os cruzamentos tornam-se perigosos, além do que, o custo desse sistema viário é alto, por requerer ruas amplas e trabalhos de nivelamento artificial (KÜHL, 2013).

[...] A via a seguir deve ser, quando possível, outra: desadensar o velho núcleo citadino, impedindo que o novo desenvolvimento edilício, agindo sobre esse, venha a atribuir-lhe uma função à qual é totalmente inadaptação; colocá-lo fora das grandes linhas de tráfego; reduzi-lo a um modesto bairro misto de casas de negócio e de simples habitações [...]. (KÜHL, 2013, p. 114)

## Cidade-Patrimônio: o discurso da conservação

As cartas patrimoniais<sup>1</sup> estabelecem normas, procedimentos e conceitos sobre a preservação e proteção do patrimônio histórico e cultural, constituindo-se em referência teórica à atuação de instituições e profissionais da área. Resultante de diversos encontros realizados em diferentes cidades do mundo a partir de 1931, a análise cronológica das cartas patrimoniais permite a compreensão do pensamento preservacionista e de técnicas, teorias e abordagens relevantes da época em que são elaboradas.

Entre as definições dispostas nas Cartas Patrimoniais, para melhor compreensão de definição, vale ressaltar termos comumente utilizados como: Sítio Histórico e Conjunto Histórico. Esses termos são utilizados para identificação dos locais para os quais são designados procedimentos e conceitos de proteção do patrimônio urbano, e são abordados na Recomendação de Nairóbi (1976); Carta de Florença (1981) e Carta Petrópolis (1987).

A Recomendação de Nairóbi, relativa à salvaguarda dos conjuntos históricos e sua função na vida contemporânea, elaborada em novembro de 1976, considera como conjunto histórico “todo agrupamento de construções e de espaços” no qual sua “coesão e valor são reconhecidos do ponto de vista arqueológico, arquitetônico, pré-histórico, histórico, estético ou sociocultural” (CURY, 2004, p. 219). Sobretudo, é possível destacar, entre as variações apresentadas, “os sítios pré-históricos, as cidades históricas, os bairros urbanos antigos, as aldeias e lugarejos, assim como os conjuntos monumentais homogêneos” (CURY, 2004, p. 219).

A Carta de Florença, relativa à proteção dos jardins históricos, elaborada em 1981, prescreve: “Um sítio histórico é uma paisagem definida, evocadora de um fato memorável: lugar de um acontecimento histórico maior, origem de um mito ilustre ou de um combate épico, assunto de um quadro célebre etc.” (CURY, 2004, p. 254).

A Carta Petrópolis, 1º Seminário Brasileiro para Preservação e Revitalização de Centros Históricos, de 1987, complementa esse conceito com a definição de sítio histórico urbano:

---

<sup>1</sup> As chamadas cartas patrimoniais são documentos – em especial aquelas derivadas de organismos internacionais – cujo caráter é indicativo ou, no máximo, prescritivo. Constituem base metodológica para as várias profissões envolvidas na preservação, mas não são receituário de simples aplicação. (KÜHL, 2012, p. 287)



Entende-se como sítio histórico urbano o espaço que concentra testemunhos do fazer cultural da cidade em suas diversas manifestações. Esse sítio histórico urbano deve ser entendido em seu sentido operacional de área crítica, e não por oposição a espaços não-históricos da cidade, já que toda cidade é um organismo histórico.

O sítio histórico urbano - SHU - é parte integrante de um contexto amplo que comporta as paisagens natural e construída, assim como a vivência de seus habitantes num espaço de valores produzidos no passado e no presente, em processo dinâmico de transformação, devendo os novos espaços urbanos ser entendidos na sua dimensão de testemunhos ambientais em formação. (CURY, 2004, p.285)

No que concerne à problemática dos danos causados por tráfego viário em edifício histórico, a leitura das cartas patrimoniais revela uma recorrente abordagem especificamente no que se refere à vibração de estruturas e alvenarias, ou seja, à conservação e ao restauro. Dentre elas, para essa temática, destacam-se a Carta de Atenas (1933), a Recomendação de Nairóbi (1976), a Carta de Machu Picchu (1977), e a Carta de Washington (1986). A abordagem conceitual sobre o planejamento e crescimento urbano, transporte e tráfego viário em centros históricos, permite compreensão de questões pertinentes à conservação.

A Carta de Atenas, resultante do Congresso internacional de arquitetura moderna - CIAM, em novembro de 1933, em uma das considerações expostas, discorre sobre a circulação em vias urbanas. Faz isso identificando o início do processo de desenvolvimento da rede viária, em cidades originadas com plano determinado pelo traçado de uma muralha, e em cidades em que as vias têm sua origem no encontro de duas grandes rotas relacionadas à topografia da região, geralmente com traçado sinuoso, onde se instalam as primeiras casas, e assim originam-se as ruas principais que “sempre foram filhas da geografia”.

Essas vias, produzidas para o trânsito de pessoas e animais, apresentam dimensões insuficientes, dificultando a conciliação dos diversos tipos de locomoção e velocidades. “As antigas vias principais, impostas desde o início da cidade pela topografia e pela geografia, e que formam o tronco da inumerável ramificação de ruas, conservaram quase sempre um tráfego intenso” (CURY, 2004, p. 47-48).

Determina a criação de vias com função, dimensões e características especiais de acordo com a destinação de uso, separando pedestres de automóveis, criando vias para tráfego com carga pesada, e vias de trânsito independente da pequena circulação. “As ruas devem ser diferenciadas de acordo com suas destinações: ruas de residências, ruas de passeio, ruas de trânsito, vias principais” (CURY, 2004,

p.51). Dessa forma, as ruas devem possuir características de acordo com sua categoria, ruas calmas àquelas destinadas à moradia, avenidas de trânsito só se encontram às vias de menor circulação nos pontos de interligação, e ruas de passeio com velocidade de veículos reduzida.

Um dos temas abordados pela Recomendação de Nairóbi - Recomendação relativa à Salvaguarda dos conjuntos históricos e sua função na vida contemporânea, elaborada na 19ª Sessão da Conferência Geral da UNESCO, em 26 de novembro de 1976, é a gravidade dos danos de origem externa ao edifício, produzidos pelos avanços tecnológicos, como poluição, choques e vibrações. Frente a isso, reconhecendo o conflito existente entre os conjuntos históricos e o tráfego aliado à densidade urbana, o documento estabelece medidas de proteção aos conjuntos históricos, e sugere o incentivo do trânsito de pedestres e do transporte público (CURY, 2004).

A Carta de Machu Picchu, elaborada em dezembro de 1977, no Encontro Internacional de Arquitetos, pretende atualizar temas abordados na Carta de Atenas (1933), sem anular sua validade. Entre os temas apresentados, ressalta-se o de transportes nas cidades, com a consideração do transporte público como “elemento básico no processo do planejamento urbano”, e a indicação de que a “solução para a função de circulação deve ser pesquisada mediante a subordinação do transporte individual ao transporte coletivo de massa” (CURY, 2004: 239).

Por sua vez a Carta de Washington, redigida pelo Conselho Internacional de Monumentos e Sítios (ICOMOS), em 1986, como uma “Carta Internacional para a Salvaguarda das Cidades Históricas”, destaca o comprometimento de valores próprios às cidades e centros históricos quando ameaçados pela degradação proveniente da urbanização iniciada na era industrial. Uma das discussões apresenta o conflito gerado pela circulação de veículos, e propõe a sua regulamentação, por meio da restrição ao traçado rodoviário no interior de áreas históricas, e da ênfase do trânsito nas imediações para facilitar o acesso. Além do mais, essas medidas de salvaguarda são relacionadas preventivas à degradação, considerando, por exemplo, a poluição e as vibrações geradas pelo tráfego de automóveis (CURY, 2004).

As cartas discorrem preocupações e processos ocorridos na época em que são redigidas. Assim, a partir da análise das cartas selecionadas, percebe-se a

permanência do tema – impacto do tráfego viário em sítios históricos – e ampliação de sua abordagem – indicação de recomendações de salvaguarda. A Carta de Atenas, do início dos anos 1930, identifica o princípio de desenvolvimento da rede viária, o crescimento das cidades e a ascensão do uso de veículos mecânicos. A segunda e a terceira carta abordadas, a Recomendação de Nairóbi e a Carta de Machu Picchu, dos anos 1970, abordam questões relativas à urbanização acelerada das cidades e à preocupação quanto aos avanços tecnológicos, apontando como uma das soluções o uso de transporte público.

A Carta de Washington, dos anos 1980, relativa aos centros históricos ameaçados de deterioração pela era industrial, aponta uma solução mais radical quando comparada às cartas anteriores, por observar o agravamento da degradação sofrida por consequência de fatores externos, como a circulação de veículos, correlacionando-a à diferentes patologias. Assim, é possível analisar as diversas abordagens propostas pelas Cartas Patrimoniais, quanto ao enfrentamento dos problemas gerados pelo tráfego viário em sítios históricos, subsidiando os questionamentos e a proposição de alternativas relativas à área de estudo.

Com as modificações nas cidades na primeira metade do século XIX, seja para melhorar a sua qualidade de vida e da paisagem, ou devido à necessidade de modernização urbana, dos meios de comunicação e transporte, ocorridas antes da década de 1930, faz-se necessário o planejamento urbano e propostas de preservação dos centros históricos, posteriormente apresentadas, principalmente, nas Cartas Patrimoniais.

A abordagem teórica para as áreas históricas da cidade, desenvolvida por Giovannoni, através de três escalas de tratamento, no âmbito da cidade, bairro e quarteirão, indica que o tráfego viário, sobretudo o principal e de maior fluxo, deve passar por fora do centro histórico, com intenção de preservar as edificações antigas. As cartas patrimoniais reforçam essa ideia, especialmente Carta de Atenas, que reconhece a difícil conciliação do tráfego em vias com dimensões insuficientes, sugerindo a criação de via com destinação de uso.

## 1.2 ABORDAGEM METODOLÓGICA

O Conselho Internacional de Monumentos e Sítios - ICOMOS, criado em 1965, é uma organização internacional não governamental, associada à UNESCO, destinada à valorização, conservação e proteção de monumentos e sítios históricos, e ao estabelecimento de recomendações para a análise, preservação e restauro do patrimônio arquitetônico e arqueológico. É formada por arquitetos, historiadores, arqueólogos, geógrafos, engenheiros e urbanistas, que atendem, de forma multidisciplinar, às questões da conservação de acordo com sua especificidade<sup>2</sup>.

Entre documentos do ICOMOS, é possível destacar o documento “Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Patrimônio Arquitetônico”, que estabelece conceitos sobre conservação e metodologia a ser adotada. Segundo esse documento, o comportamento estrutural do patrimônio arquitetônico pode ser influenciado pela forma e ligação da estrutura, material de construção e forças, e aceleração e deformação impostas. Os agentes de tensão e deformação na estrutura, denominados como ação, afetam os materiais de construção, reduzindo sua resistência. A estrutura pode ser afetada por várias ações, que, por sua vez, podem ser resultantes de naturezas diversas e produzirem efeitos diferentes.

A recomendação classifica os diferentes tipos de ações atuantes sobre a estrutura e sobre o material. As ações que atuam sobre a estrutura são classificadas como ações mecânicas, que podem ser estáticas ou dinâmicas; as ações estáticas, que dividem em ações diretas, produzidas por cargas aplicadas; e ações indiretas, produzidas por deformações impostas à estrutura ou aos materiais, como assentamentos do terreno, movimentos térmicos e retração da argamassa; e como ações dinâmicas, aquelas produzidas por aceleração imposta, resultantes de terremoto, vento, furacão e vibração de máquinas. As ações que afetam os materiais são classificadas em ações físicas, químicas e biológicas, alteram a sua natureza e afetam a resistência dos materiais, podendo ocasionar, por presença de água, variações de temperatura e condições microclimáticas (ICOMOS, 2004).

Torraca (1986) menciona que a vibração causada por tráfego viário, quando combinada a outros fatores de degradação, aumenta a taxa de deterioração do edifício. Sendo assim, para definição do limite de vibração, devem ser observadas

---

<sup>2</sup>Fonte: ICOMOS. Disponível em: <<http://www.icomos.org/en/>>. Acesso: 18 de maio de 2016.

as outras tensões atuantes controláveis com manutenção. “Este conceito envolve uma relação entre o máximo permitido para a vibração, o estado de conservação do edifício e o sistema de manutenção que pode fornecer para o mesmo” (TORRACA, 1986, p. 53, tradução nossa).

Segundo Torraca (2009), os processos mecânicos, físicos, químicos e biológicos de deterioração de materiais porosos podem ocorrer em sequência ou simultaneamente. Os materiais de construção porosos, como é o caso dos tijolos cerâmicos, caracterizam-se como duros, rígidos e frágeis, e sua resistência à tração é inferior à resistência à compressão.

Torraca (1986) utiliza os valores especificados pela Norma Alemã DIN 4150 (1970) para limites de vibração transiente, e um terço do valor para vibração repetida. No referente à velocidade máxima, recomenda-se para ruínas e construções de valor histórico: 2 mm/seg.; construções com defeitos: 5 mm/seg.; construções em boas condições: 10 mm/seg., construções fortes: 10-40 mm/seg.. O nível de vibração permitido para edifícios com valor histórico ou artístico é baixo, para não haver alteração nos elementos menores e nos revestimentos.

Ainda segundo Torraca, a principal causa de vibração ocasionada pelo tráfego viário é a irregularidade na pista e a sua distância do edifício, “[...] uma irregularidade 20 milímetros de amplitude<sup>3</sup> provoca uma vibração de 5 m/seg., bem acima do limite admitido pela norma DIN 4150 para edifícios antigos” (TORRACA, 1986, p. 61, tradução nossa).

Um dos processos mecânicos de deterioração apontados por Torraca (2009) é a vibração mecânica em edifícios causada por tráfego viário, ocasionada devido a irregularidades na via, ao peso e à velocidade do veículo (Figura 13).

---

<sup>3</sup> Amplitude é o “máximo deslocamento de um corpo vibratório em relação à sua posição de equilíbrio”. (RAO, 2009, p. 25)

Figura 13 - Exemplo de vibração causada por tráfego com irregularidade na via



Fonte: Torraca (2009)

A vibração pode interferir em outras origens de danos, quanto ao seu surgimento ou velocidade de evolução, e agravar o processo de deterioração. Como, por exemplo, em processos de deterioração físico-químicos, em que atua no aumento das fissuras que, por sua vez, podem permitir a penetração de pó ou água (TORRACA, 1986).

Oliveira (2011) identifica a vibração como um dos fenômenos de degradação de materiais. Os fenômenos vibratórios são significativos quando combinados com outros, e sua medição deve ser realizada por meio de acelerômetros, que reconhecem impulsos mecânicos em impulsos elétricos. Os elementos de vibração são: amplitude (A), período (T) e frequência (f), sendo este último o maior problema.

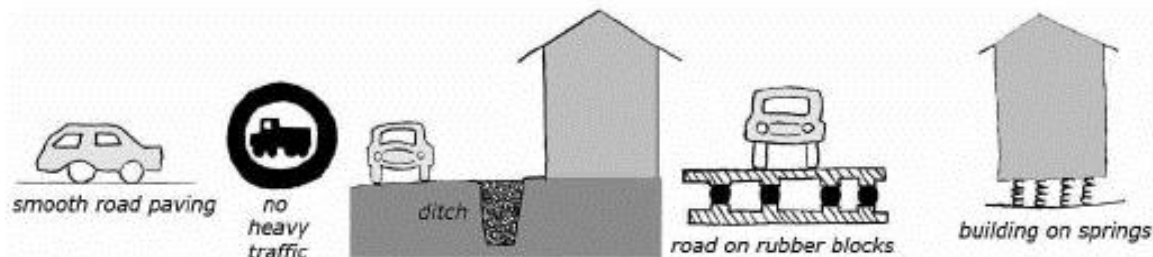
Oliveira (2011), mesmo após a atualização da norma alemã, de 1986, determina a mesma velocidade de vibração admissível que Torraca (1986), baseado na norma Alemã DIN 4150, do ano de 1970, quando vigoravam duas normas no país, dividido, à época, em Oriental e Ocidental. E, identifica que a maior causa de vibração é a irregularidade no pavimento da via, onde um ressalto de 20 mm pode provocar vibração de  $v = 5 \text{ mm/seg.}$  (OLIVEIRA, 2011, p. 53).

Torraca (2009) identifica como medidas de prevenção aos danos ocasionados por vibração (Figura 14):

1. Executar o pavimento perto do edifício o mais suave possível.
2. Proibir a passagem de veículos pesados perto do edifício. Em casos graves, proibir todo o tráfego.
3. Cavar uma trincheira entre a construção e a rodovia, e preenchê-lo com material solto.
4. Montar o pavimento da estrada sobre os blocos de borracha (Este foi feito em Roma em uma estrada de tráfego intenso perto da Villa Farnesina para proteger pinturas em murais de Rafael e outros artistas do século XVI, e funciona).
5. Montar a estrutura do edifício sobre amortecedores de mola (Este pode parecer surpreendente, mas é feito na construção nova, perto de

rodovias, na verdade, para o conforto dos habitantes, em vez de para a segurança do edifício) (TORRACA, 2009, p. 80, tradução nossa).

Figura 14 - Mitigação do impacto de vibração em edifícios



Fonte: Torraca (2009)

Algumas cidades adotam alternativas de mobilidade e deslocamento através de medidas de prevenção aos danos ocasionados pelo tráfego viário. O controle de acesso de veículos aos sítios históricos pode ser implantado por diversas formas, como: utilizando rodízio por placas; restrição pela taxa de ocupação, onde o acesso é permitido para veículos com mais de um ocupante, incentivando o projeto de “Carona Solidária”; restrição de trânsito de veículos pesados ou autorização para carga e descarga de mercadorias em horário comercial; criação de faixas exclusivas para pedestres e corredores de ônibus; pedágio urbano, medida extrema de restrição de acesso, onde é permitido o acesso com pagamento taxa; e a criação de estacionamentos rotativos pagos (SILVA, 2011).

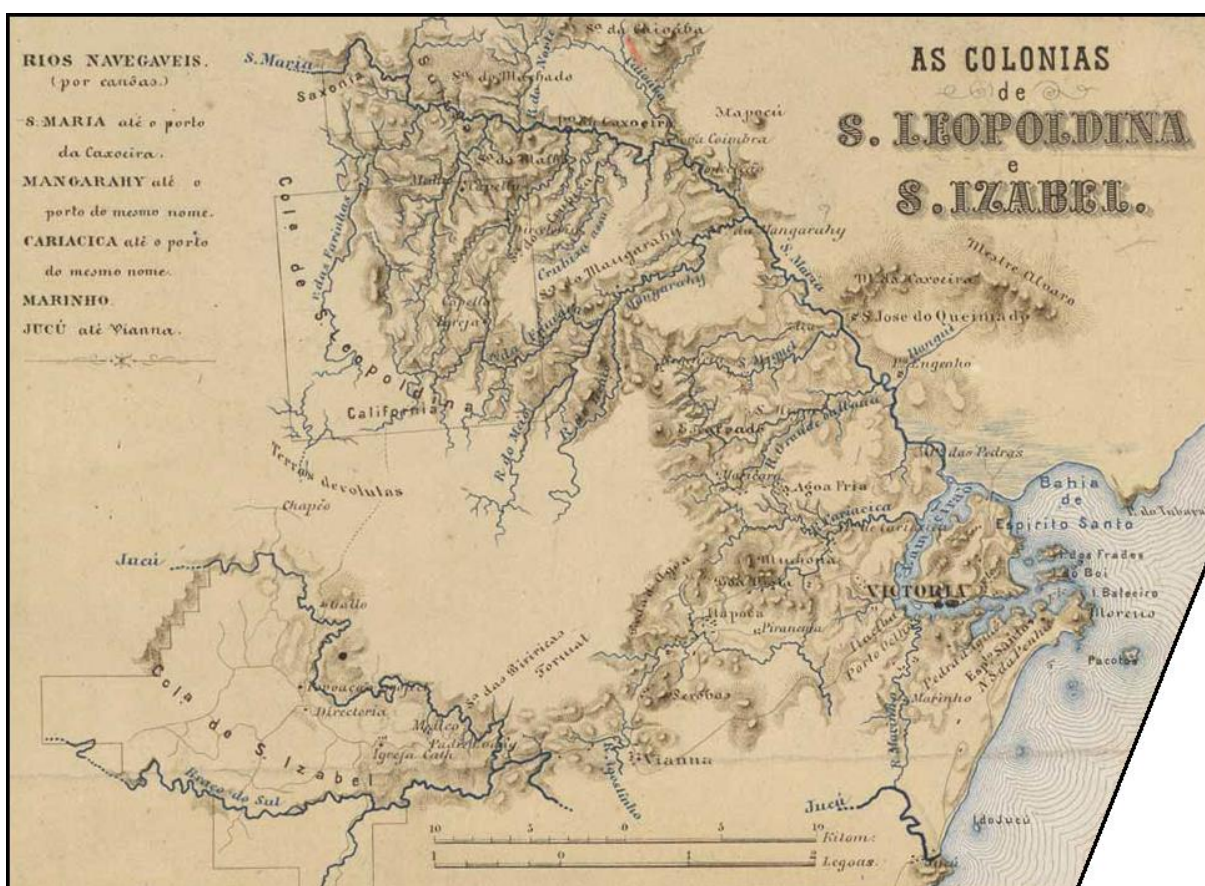
No Brasil, a cidade de Penedo, estado de Alagoas, adota a restrição de veículos pesados, como ônibus e caminhões no centro histórico, com implantação de micro-ônibus para a área (SILVA, 2011).

Outro exemplo de restrição de veículos é adotado no Sítio Histórico de São Luiz do Paraitinga, estado de São Paulo. O Plano Diretor, Lei complementar nº. 1.347, de 07 de janeiro de 2010, faz estruturação do sistema de transporte e define diretrizes da política municipal de transporte e mobilidade urbana no núcleo histórico com a implantação de estacionamento rotativo e proibição de circulação de veículos acima de dois eixos ou mais de quatro toneladas nas ruas do Centro Histórico, direcionando para vias com menor risco de degradação do patrimônio histórico, criação de alternativas de tráfego e bolsões de estacionamento fora do Centro Histórico (SÃO LUIZ DO PARAITINGA, 2010).

### 1.3 PERSPECTIVA HISTÓRICA DO SÍTIO HISTÓRICO DE SANTA LEOPOLDINA

Localizada na região centro serrana, no interior do estado do Espírito Santo, a cidade de Santa Leopoldina possui diversidade arquitetônica presente em todo o município, destacando-se os casarões e sobrados ainda presentes e constituintes de um belo e importante acervo da arquitetura do estado; por meio dos quais é possível analisar a época de apogeu econômico e sócio cultural do município no final do século XIX e início do século XX. A colônia que dá origem à cidade é fundada em 1856 com nome de Santa Maria, posteriormente alterado para Colônia de Santa Leopoldina (Figura 15). O seu núcleo urbano é um dos primeiros do Espírito Santo a se instalar em terras não costeiras, desenvolvido às margens do rio Santa Maria da Vitória (QUEIROZ, 2013).

Figura 15 - Recorte do mapa geral da Província do Espírito Santo, relativo às vias de comunicação das Colônias de Santa Leopoldina e Santa Izabel, 1866



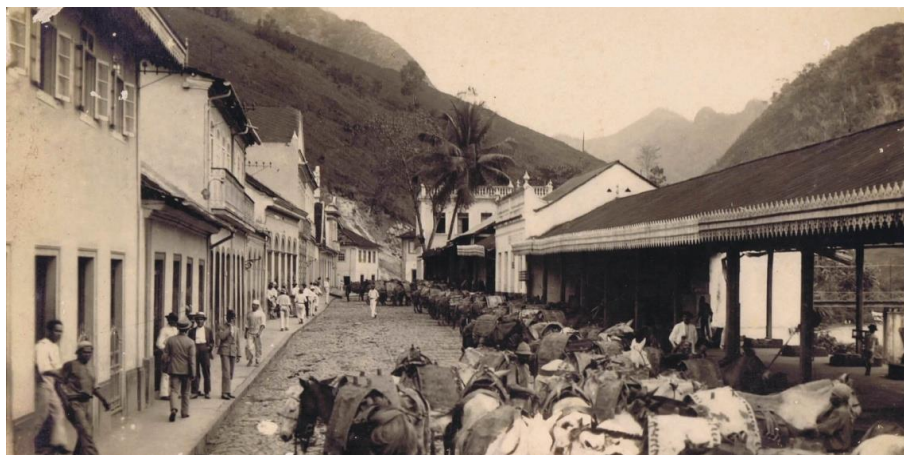
Fonte: Krauss (2016)

O escoamento da produção e demarcar a comercialização da região, polarizada pelo núcleo urbano, se faz, então, por tropas (Figuras 16, 17 e 18) até o ponto em que o rio deixava de ser encachoeirado (Figura 19), a partir do que se iniciava o transporte



fluvial por cerca de 60 km até a capital. No local de reunião entre os modais, terrestre e fluvial, forma-se o povoado que, em 1867, torna-se oficialmente sede da colônia, denominado Cachoeiro de Santa Leopoldina. As tropas chegam ao porto, trazendo a produção dos municípios próximos e alguns locais de Minas Gerais, e retornam, transportando mercadorias (QUEIROZ, 2013) (Figuras 20 e 21).

Figura 16 –Tropa utilizada para transporte [19--]



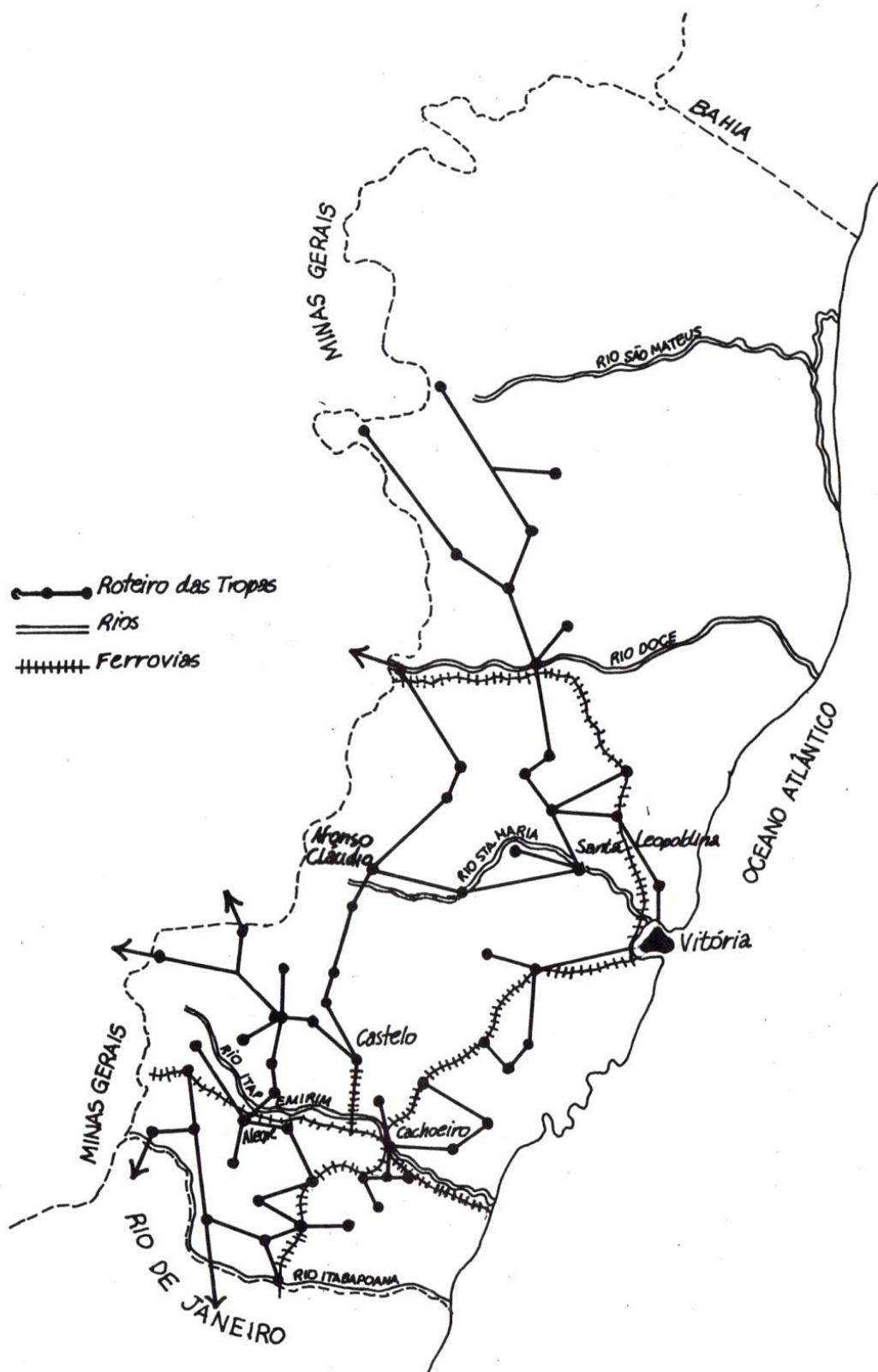
Fonte: Cartão postal - Acervo Renata Hermann de Almeida

Figura 17 - Tropa em frente a uma casa comercial em Santa Leopoldina [1920?]



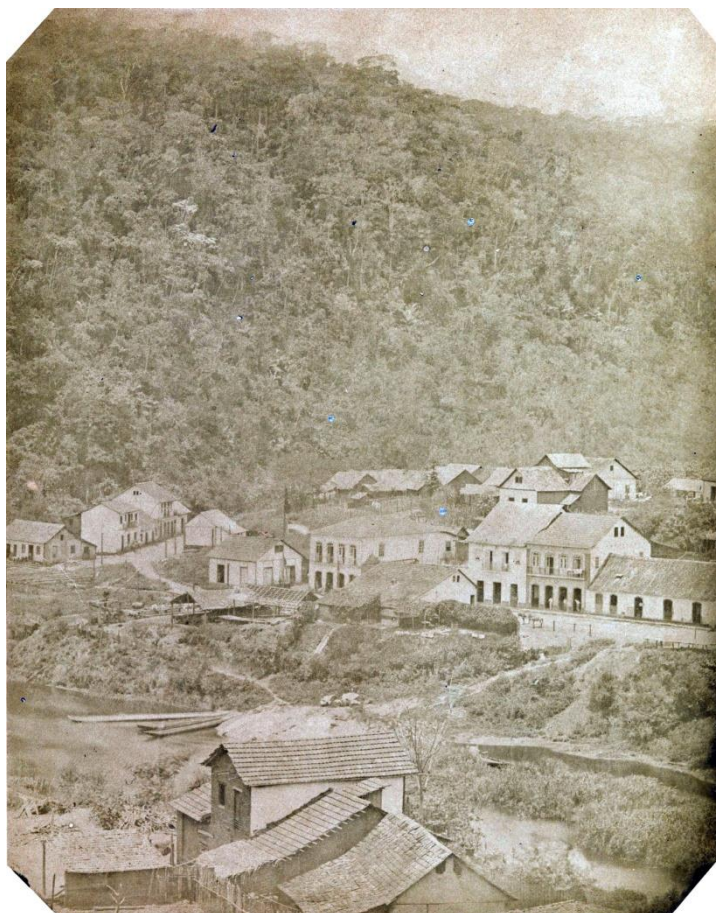
Fonte: Moraes (1989)

Figura 18 - Roteiro das tropas no Espírito Santo



Fonte: Moraes (1989)

Figura 19 - Porto de Cachoeiro de Santa Leopoldina [1882?]



Fonte: Adaptado de Ayres (2016)

Figura 20 - Canoeiros no Rio Santa Maria da Vitória transportando mercadorias [19--]



Fonte: APEES (2016)



Figura 21 - Vista do Porto do Cachoeiro de Santa Leopoldina [19--]



Fonte: Espírito Santo (1924.p.74 apud Quintão, 2008)

Santa Leopoldina permanece como o município de maior extensão territorial do Espírito Santo, até que o território começa a ser desmembrado para a instalação de municípios vizinhos: primeiro, no ano de 1890, o município de Santa Teresa; no ano seguinte os municípios de Afonso Cláudio e Pau Gigante (hoje Ibirajú); e em 1988, o município de Santa Maria de Jetibá (COSTA, 1982).

#### Sobre a fase áurea

Em meados do século XIX surgiu o porto de Cachoeiro em Santa Leopoldina para baldeação de mercadorias, pois os colonos prosperavam no interior e o Mundo de Negócios, enriqueceu na nova sede da Colônia.

As tropas galgavam e desciam serras, para o serviço de exportação e importação, carregadas de suprimento de toda ordem. A via fluvial através do lendário rio Santa Maria, era trafegada por canoas longas e estreitas, que transportavam mais ou menos 100 sacas de café. Elas eram construídas por artífices brasileiros.

Entre o espaço livre da banquetta do Mestre Canoeiro, à extremidade superior, viajavam com relativo conforto 10 passageiros, com direito a toldo. Esses passageiros eram os de 1º classe. Os de 2º classe iam por cima da carga.

O mestre quando em serviço levava sempre uma caixa de madeira, na qual guardava a correspondência, seus pertences e os valores de que sempre era o portador. Nas canoas encontravam-se sempre: a caixa do Mestre, o buzo e o caldeirão. O buzo (buzina) era um chifre de boi na qual o canoeiro soprava, emitindo um toque longo, que servia para identificar a canoa que estava chegando ao proto.

As canoas tinham denominação e essa vinha pintada na proa. Até hoje são lembradas a “Flor de Santa Leopoldina”, a “Flor do Cachoeiro”, etc.

A grandeza e a prosperidade local se baseavam apenas no tráfego fluvial. Tudo dependia do canoeiro. O ato de apoiar a vara ao tórax, no momento de remar, determinava um calo volumoso no peito e distinguia-se a 1ª vista se o canoeiro era remo norte ou remo sul. A viagem de volta subindo o rio era sempre a vara.

O transporte entre o porto de Cachoeiro em Santa Leopoldina e o Porto de Vitória era operado pela Companhia de Navegação Fluvial dos irmãos Vervloet família belga que chegou a Santa Leopoldina em meados do sec. XIX.

Através da firma Vervloet Irmãos & Cia, que tinha correspondente em Hamburgo, principal porto da Alemanha, o café era vendido e também se encarregava de fazer compras no mercado Europeu. Pelo porto de Hamburgo a firma Vervloet Irmãos & Cia importava da Europa todos os tipos de utensílios domésticos, ferramentas, tecidos, bebidas, instrumentos musicais, comestíveis, rendas finas, porcelanas, brinquedos perfumes, bolsas, sapatos, etc. que chegavam em navios até o porto de Vitória e transportadas pela Companhia de Navegação Fluvial até Santa Leopoldina. De Santa Leopoldina para Luxemburgo, Suíça e Santa Tereza essas mercadorias eram transportadas por tropas até a construção da estrada ligando Santa Tereza a Santa Leopoldina (esta estrada que é a primeira do ES foi construída pela união de forças dos irmãos Vervloet FranzMuller & Cia e Frederico Ewald & Cia em 1919).

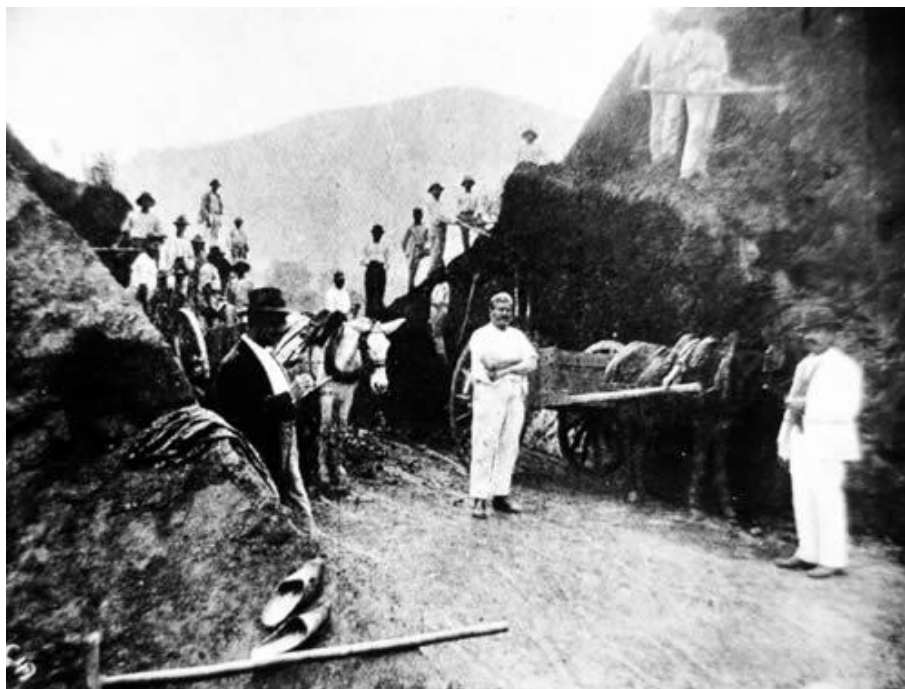
Santa Leopoldina, no início do século XX conseguiu ter uma posição de cidade mais progressista do ES, sobrepujando inclusive Vitória, capital do estado.

Hoje Santa Leopoldina perdeu a sua posição de relevo. O Porto da Pedra ficou abandonado e a cidadezinha é silenciosa e tranqüila. (ESPIRITO SANTO, 2008, p. 27-28)

Conforme Espírito Santo (1917), o governo do Presidente do Estado Bernardino Monteiro (1916-1920) inicia obras de reparo, melhoramento e construção de estradas, ressaltando a importância do melhoramento do escoamento da produção e atendimento ao comércio, usando como estratégia a abertura de estradas de Afonso Cláudio até o Porto de Cachoeiro, onde a produção segue por via fluvial até o porto de Vitória. Tal condição se consolida com a conclusão de estrada entre Santa Teresa e Santa Leopoldina (Figura 22), caracterizada por importante via de comunicação (Figuras 23, 24 e 25); e resulta no aumento significativo da renda bruta, principalmente associada à comercialização de café (ESPIRITO SANTO, 1919).

Em 1919, Santa Leopoldina viu roncar em suas serras os primeiros caminhões da época, Saurer e Mullang, tão logo foi inaugurada a rodovia Bernardino Monteiro que liga Santa Leopoldina à Santa Teresa. Um desses caminhões foi adaptado para o transporte de passageiros. Foi o primeiro ônibus da região e como tinha de subir muito, serra acima, deram no o apelido de 'Alpino'. (SANTA LEOPOLDINA, 2015, p. 25)

Figura 22 - Início da construção da estrada ligando Santa Leopoldina a Santa Teresa, 1917



Fonte: Vervloet (2016)

Figura 23 –Automóveis de carga sobre a ponte do Rio Santa Maria da Vitória [19--]



Fonte: Cartão postal - Acervo Renata Hermann de Almeida



Figura 24 - Automóveis de passeio trafegando sobre a ponte do Rio Santa Maria da Vitória [19--]



Fonte: Cartão postal - Acervo Renata Hermann de Almeida

Figura 25 - Automóveis estacionados na atual Avenida Presidente Vargas [19--]

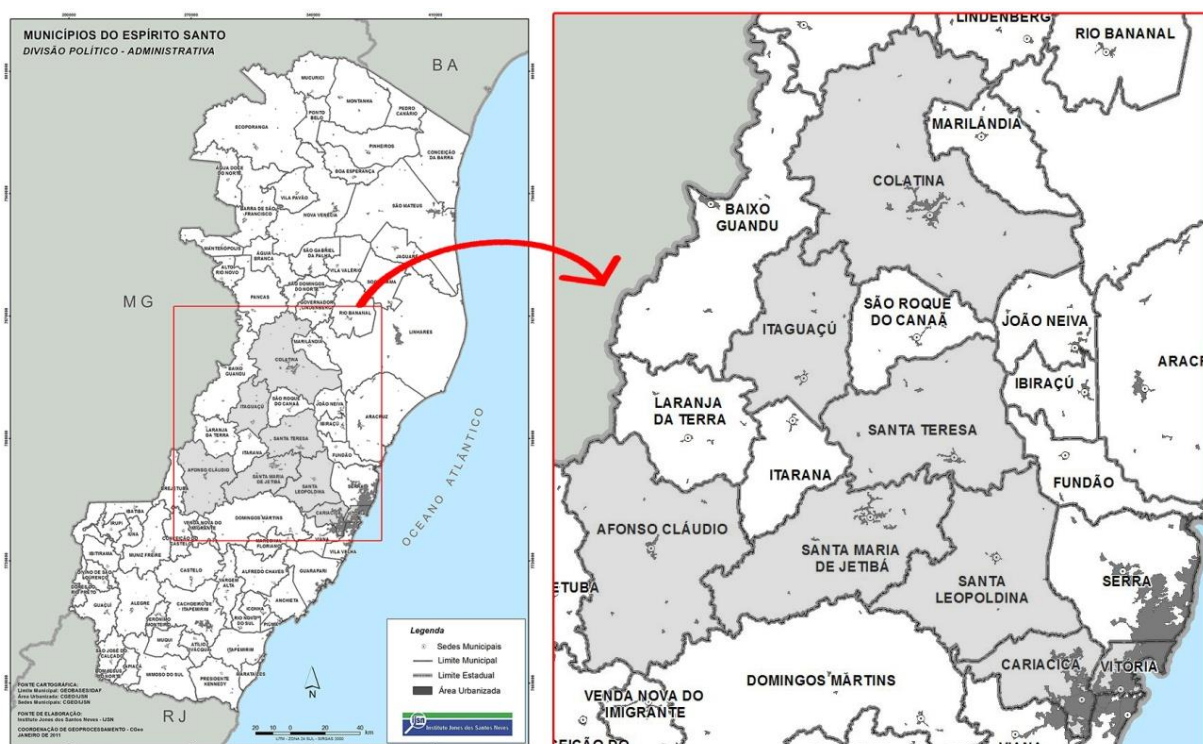


Fonte: Cartão postal - Acervo Renata Hermann de Almeida

Com a bem-sucedida ligação entre os municípios serranos e Porto de Cachoeiro, a ligação do trecho compreendido entre Santa Leopoldina e seu município vizinho, Cariacica, que já tinha acesso viário ao mar, passa a haver ligação direta, por terra,

entre Porto de Cachoeiro e o Porto de Vitória. Além do mais, com a ampliação do sistema rodoviário interiorano, ligando Afonso Cláudio, Itaguaçu e Colatina (Figura 26), e a conclusão da Ponte Florentino Ávidos<sup>4</sup>, em 1928, o transporte passa conectar diretamente núcleos urbanos interiores ao Porto de Vitória. Por sua vez, o tráfego fluvial se reduz, até seu quase desaparecimento, afetando diretamente a economia de Santa Leopoldina (QUEIROZ, 2013).

Figura 26 - Divisão Político Administrativa do Espírito Santo



Fonte: Adaptado de IJSN (2016)

A área de estudo compreende parte da Rodovia ES-080 Rodovia José Sette, que na cidade de Santa Leopoldina leva o nome de Avenida Prefeito Hélio Rocha e Avenida Presidente Vargas (Figura 27), onde se localiza o sítio histórico e a maior parte dos edifícios tombados. A rodovia é utilizada como rota para escoamento da produção agrícola das cidades vizinhas como Santa Maria de Jetibá (Figura 28), localizada a 34,5 km de distância de Santa Leopoldina, de economia ligada à agricultura e maior abastecedora de produtos da Central de Abastecimento do Espírito Santo – CEASA/ES, localizada em Cariacica, município da Região Metropolitana de Vitória.

<sup>4</sup> A Ponte Florentino Ávidos foi primeira ligação da capital Vitória com o continente, pela cidade de Vila Velha, composta pela Ponte Seca e pela Cinco Pontes, é formada por seis arcos pré-fabricados de origem alemã. (COSTA, 2016)



A pavimentação da via era de blocos de concreto intertravado, e no ano de 2002, por consequência de obras na rede de água e esgoto, os blocos são retirados e a via recebe pavimentação asfáltica, e assim continua atualmente (ESPÍRITO SANTO, 2008). A maior parte dos edifícios do Sítio Histórico encontra-se justaposta à via, com calçada estreita e, assim, situada próxima ao tráfego viário.

Figura 27 - Trecho da Avenida Presidente Vargas no Sítio Histórico de Santa Leopoldina



Fonte: Acervo da autora (22 março 2016)

Figura 28 - Mapa do sistema rodoviário do Espírito Santo



Fonte: Departamento de Estradas e Rodagem do Espírito Santo (2013)

A área central da cidade recebe a proteção e preservação de suas características urbanas por ser local de interesse histórico-arquitetônico; nela estão localizadas 32 edificações tombadas (Figura 29) pelo Conselho Estadual de Cultura (Resolução CEC nº 05/83); protegidas pela Lei nº 2.947 de 16/12/1974 e inscritas no Livro do Tombo Histórico sob nº 32 a 68, folhas 4v a 7v; entre outras com valor histórico, e protegido de sua descaracterização quanto à sua arquitetura, adornos e materiais construtivos. O recorte da pesquisa tem como objeto a Área de Proteção Ambiental e Cultural – APAC, compreendida pela Área de Tombamento, onde estão localizados os imóveis tombados, e pela Área de Vizinhança do Tombamento, que constitui a região do entorno do conjunto tombado, definida e regulamentada pela Resolução CEC nº 003/2010.



Figura 29 - Localização dos imóveis tombados e Área de Proteção Ambiental Cultural – APAC (em vermelho) do Sítio Histórico de Santa Leopoldina



Fonte: Adaptado de Queiroz (2013) e Espírito Santo (2010)

## **2 VIBRAÇÃO: TEORIA E MÉTODO**

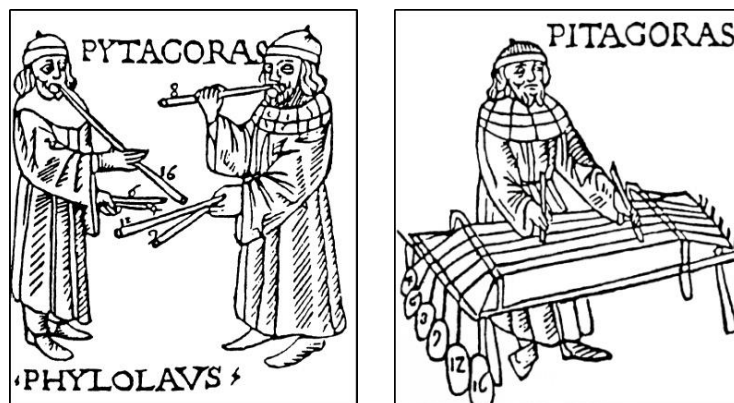
O presente capítulo tem como objetivo apresentar a vibração mecânica através de sua teoria e método de análise. Divide-se em três seções, a primeira faz introdução ao assunto da vibração, o início dos estudos através da música, e a configuração do movimento como ondas. Apresenta fatores de como a vibração é provocada pelo trânsito de veículos, as normas técnicas que estabelecem critérios para análise e avaliação dos efeitos da vibração em estruturas. A segunda seção expõe a fissuração como manifestação patológica, decorrente da vibração mecânica gerada pelo tipo e fluxo do tráfego viário, sua classificação e configuração. A terceira seção indica a metodologia utilizada na avaliação da vibração mecânica, e divide-se em duas partes: a primeira apresenta os procedimentos de avaliação da vibração e a instrumentação utilizada, e a segunda aborda o método para análise geotécnica; ambas necessárias para a compreensão dos níveis e forma de propagação das ondas vibracionais geradas pelo tráfego viário.

## 2.1 VIBRAÇÃO

O dicionário Michaelis<sup>5</sup> define como vibração “Movimento periódico das partículas de um corpo ou meio elástico, em sentidos alternativamente opostos com relação à posição de equilíbrio, quando este foi perturbado”.

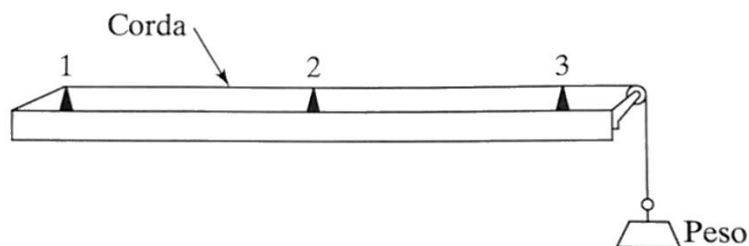
Segundo Rao (2009, p. 6), vibração é “qualquer movimento que se repita após um intervalo de tempo”. O interesse pela vibração pode ser atribuído ao desenvolvimento dos primeiros instrumentos musicais, provavelmente tambores e apitos; a vibração originada pelo som musical foi objeto de investigação durante muitos anos. Desde 4000 a.C., a música é apreciada e desenvolvida, pelos chineses, hindus, japoneses e, talvez, também pelos egípcios. Desde a antiguidade há estudos sobre as regras e leis da produção do som, onde é possível destacar os estudos do filósofo e matemático grego Pitágoras (582-507 a.C.) (Figura 30), considerado o primeiro a estudar com base científica os sons musicais, por meio da realização de experiências com uma corda vibratória, a partir de um instrumento simples chamado monocórdio (Figura 31).

Figura 30 - Pitágoras como musicista



Fonte: Rao (2009)

Figura 31 - Monocórdio



Fonte: Rao (2009)

<sup>5</sup>Michaelis. Dicionário de Português Online. Significado de "vibração". Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=vibra%E7%E3o>>. Acesso em 14 de outubro de 2015.

A vibração é envolvida em diversas atividades humanas, incluindo ouvir, pela vibração dos tímpanos; ver, pela vibração das ondas de luz; respirar, pela vibração dos pulmões; andar, pelo movimento periódico das pernas e braços; e falar, pela oscilação da laringe (RAO, 2009 p. 5).

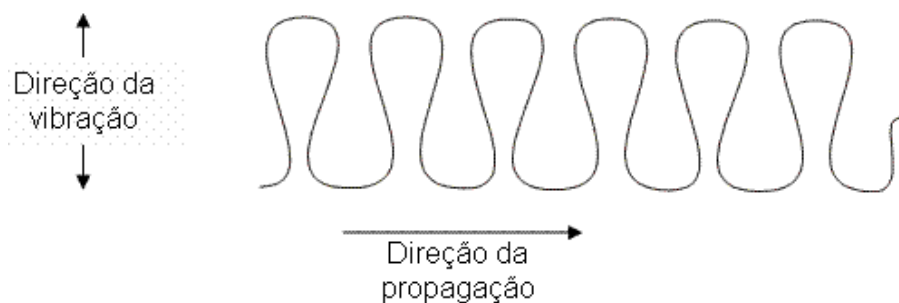
A vibração pode ser provocada por fonte natural, como terremoto, ou por fonte artificial, por instrumentos construídos pelo homem. O movimento de vibração está ligado à propagação de ondas. Uma vibração completa ocorre quando uma partícula completa um ciclo completo (Figuras 32 e 33).

Figura 32 - Ciclos completos de uma partícula



Fonte: Machado (2015)

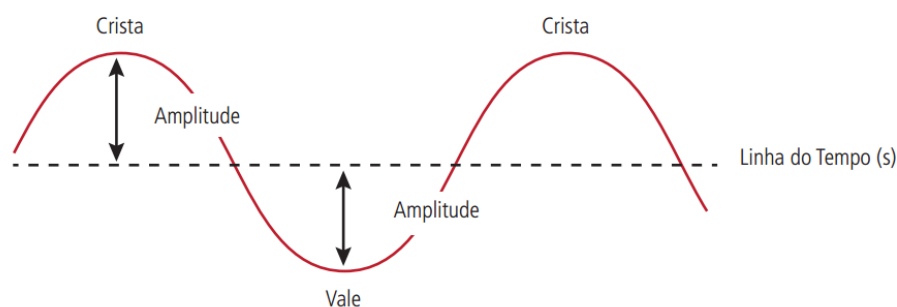
Figura 33 - Direção da propagação e da vibração das ondas



Fonte: Grupo Virtuoso (2015)

A amplitude de vibração corresponde à medida da distância da altura (crista) ou da profundidade (vale) ao eixo (linha do tempo) (Figura 34). O comprimento da onda corresponde à distância entre duas cristas ou dois vales, e é expresso pela letra grega lambda ( $\lambda$ ).

Figura 34 - Amplitude da onda

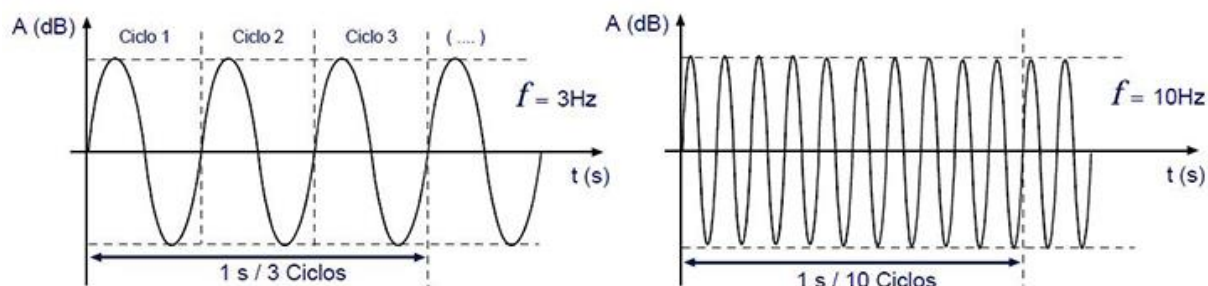


Fonte: Neves (2014)



Frequência é o número de ciclos completos em cada segundo, o símbolo é  $f$  e é medido em hertz (Hz); e o período do movimento é o tempo para um ciclo completo, representado por  $T$  e indicado em segundos (WALKER, 2006) (Figura 35).

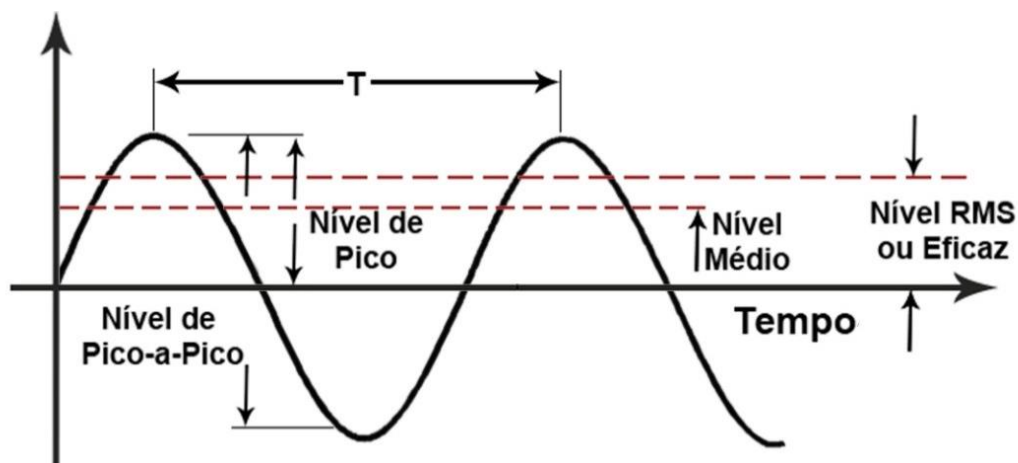
Figura 35 - Frequência de ondas. Representação de baixa e alta frequência



Fonte: Explicatoruim (2016)

A severidade da vibração é caracterizada por sua amplitude, e pode ser quantificada de várias formas. A Figura 36 ilustra o valor de pico-a-pico, que indica o deslocamento máximo da onda; o valor de pico, indica o nível máximo, e a curta duração dos choques; o valor médio, indica a cronologia da onda; e o valor eficaz, indicativo do poder destrutivo da vibração, leva em conta a cronologia da onda e o valor de amplitude, que está ligado à energia contida na onda (BRÜEL & KJAER, 1982).

Figura 36 - Relação entre os níveis pico-a-pico, o nível máximo, o nível médio de uma onda senoidal



Fonte: Adaptado de Brüel & Kjaer (1982)

### 2.1.1 Vibração provocada pelo tráfego viário

Sendo diversas as fontes de vibração presentes no meio urbano, manter a distância entre a fonte e o receptor é a melhor maneira de diminuir a vibração pelo amortecimento do solo. Porém, essa distância vem sendo cada vez menor, sua propagação depende da “fonte, do tipo de solo e da interação entre as ondas de vibração e a estrutura da edificação” (BRITO, 2014, p. 233).

Resende (2011) indica que a vibração provocada pelo trânsito de veículos pode provocar danos estruturais, tendo em vista que as fundações tendem a seguir o movimento do terreno, e, por força de inércia, o edifício desloca-se; e, dependendo da intensidade da vibração, pode haver, como consequência, o comprometimento da integridade física dos edifícios, que pode ocorrer por desagregação de materiais e recalque diferencial nas fundações, com a formação de fissuras.

Neto (2005) cita que, no Brasil, no passado, não há muitos estudos voltados à vibração nos edifícios, mas que, com as novas formas de construção cada vez mais esbeltas, esse tema tem gerado interesse.

Henwood (2002) identifica os possíveis fatores que contribuem na vibração em edifícios gerada por automóveis: condição da estrada, velocidade, peso e suspensão do veículo, condições do solo, característica da construção, estação do ano e distância entre a estrutura e a via. Afirma que veículos de passageiros produzem vibrações que raramente causam danos estruturais, sendo mais significativas as vibrações geradas pelos veículos pesados. Ressalta que as causas das vibrações nos edifícios estão ligadas também à irregularidade da via, como buracos, rachaduras e pavimentação irregular, criadas pela interação mecânica entre o veículo e a via, e resultantes ondas de vibração que percorrem o solo e chegam à edificação. As variações sazonais, o teor de umidade e o tipo do solo também podem influenciar no nível de vibração. Em edifícios antigos, deve ser feita análise cuidadosa da estrutura, a fim de avaliar e definir o nível de vibração limite permissível (HENWOOD, 2002).

Além da condição de conservação, o tipo de pavimentação da estrada também influencia na propagação das ondas de vibração, os pavimentos irregulares, como de pedras e paralelepípedos são mais suscetíveis à geração de energia vibratória, já os pavimentos asfálticos de boa qualidade, atenuam a vibração (BRITO, 2014).



Com relação à condição do solo, a velocidade de propagação das ondas de vibração é inversamente proporcional à vibração nos edifícios, ou seja, nos solos rígidos “a velocidade de propagação da energia vibratória é maior reduzindo a transmissão para as fundações e estrutura da edificação”, já nos locais onde solos são menos rígidos “a velocidade de propagação da energia vibratória é menor, há uma maior transmissão de vibração à edificação” (BRITISH, 1993 apud BRITO, 2014, p. 234).

Neto (2010) identifica as possibilidades de minimizar as vibrações ocasionadas por fluxo viário, se os veículos possuírem sistemas de suspensão e amortecedores e as vias não apresentassem buracos, pois o impacto gerado pelas passagens de veículo sobre buracos na via, vibra o solo, que transmite a vibração aos edifícios, e, por consequência, pode gerar danos nas vedações, nos revestimentos e na estrutura, como fissuras, trincas, deslocamento do revestimento ou danos em elementos estruturais.

### 2.1.2 Normas de técnicas de vibração

No que se refere ao estabelecimento de critérios para análise de vibração, a norma de utilizada como referência no trabalho é a ISO 4866:2010 - “Vibrações e choques mecânicos - Vibração de edifícios - Diretrizes para a medição de vibrações e avaliação dos seus efeitos sobre edifícios”<sup>6</sup>. A normativa provém de uma organização internacional independente e não governamental, formada por membros de organismos de normatização de 163 países, e que elabora especificações para produtos, serviços e sistemas, através de normas internacionais (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2016).

A norma ISO 4866:2010 estabelece princípios para avaliação dos efeitos da vibração em estruturas. Indica a identificação e descrição da fonte de vibração, levando em consideração a duração da exposição, a variação de amplitude e tempo, e os sinais de vibração; classifica a duração dos eventos de vibração em permanente, quando a emissão é constante; intermitente, quando há série de emissão; e ocorrência individual, quando não excede a cinco emissões por dia; e por fim, considera como fatores para análise de vibração o tipo e condição da estrutura, frequência natural, dimensão da estrutura e condições do solo.

---

<sup>6</sup> Tradução nossa

Com a finalidade de avaliar e monitorar a vibração, são realizadas medições, que incluem os transdutores, geofone ou acelerômetro piezoelétrico; o equipamento de sinal condicionado; e sistema de gravação de dados. A quantidade e o posicionamento dos transdutores consideram: contratos, o objeto a ser medido, tipo de estrutura, seu estado e geometria, a fundação, a distância da fonte (automóveis) e dos pontos de medição (edifícios), e o modo de vibração.

Os relatórios das atividades de controle devem incluir: informações, medidas, estrutura de controle, e referências. Informações gerais: descrição da fonte, tipo e condição da estrutura, propósito da medição, tipo de investigação e condições do solo. Medidas: posição e modo de acoplamento do transdutor, fabricante, método de calibração, faixa de frequência e linearidade, avaliação das fontes de erro, pico de velocidade de partícula. Estrutura de controle: inspeção da estrutura antes e depois da vibração, fotografia das fissuras, avaliação dos danos observados. Referência de outras normas internacionais.

Os danos decorrentes da vibração são classificados e agrupados em três categorias, de acordo com a intensidade: cosmético, para danos superficiais; menor, para grandes fissurações e desagregação de material; e maior, para danos em elementos estruturais.

Para a fonte de vibração decorrente do tráfego rodoviário e ferroviário, com fluxo contínuo ou transitório, a norma define valores de referência para frequência de 1 a 100 Hz, amplitude de 1 a 200 mm, velocidade de partícula de 0,2 a 50 mm/s e aceleração de partícula de 0,02 a 1 m/s<sup>2</sup> (Tabela 1).

Tabela 1 - Gama de resposta estrutural para várias fontes de vibração

Fonte de vibração	Alcance de frequência Hz	Alcance de amplitude mm	Faixa de velocidade da partícula mm/s	Faixa de aceleração de partícula m/s <sup>2</sup>	Característica de tempo C = Contínuo T = Transitório
<b>Tráfego rodoviário, ferroviário</b>	1 a 100	1 a 200	0,2 a 50	0,02 a 1	C/T
<b>Vibração de detonação</b>	1 a 300	100 a 2500	0,2 a 100	0,02 a 50	T
<b>Sobreprensão do ar</b>	1 a 40	1 a 30	0,2 a 3	0,02 a 0,5	T
<b>Debulha</b>	1 a 100	10 a 50	0,2 a 100	0,02 a 2	T

<b>Máquinas no exterior</b>	1 a 100	10 a 1000	0,2 a 100	0,02 a 1	C/T
<b>Máquinas no interior</b>	1 a 300	1 a 100	0,2 a 30	0,02 a 1	C/T
<b>Atividades humanas no interior</b>	0,1 a 30	5 a 500	0,2 a 20	0,02 a 0,2	T
<b>Terremotos</b>	0,1 a 30	10 a 10	0,2 a 400	0,02 a 20	T
<b>Vento</b>	0,1 a 10	10 a 10	-	-	T
<b>Acústica (interior)</b>	5 a 500	-	-	-	C/T

Fonte: Adaptado International Standard (2010) - Tradução nossa

A classificação do tipo do edifício leva em consideração o tipo de construção, a fundação, o solo e o fator de importância política. A categoria de estruturas é dividida em edifícios históricos e edifícios modernos.

Os estudos sobre vibração ocasionada pelo tráfego viário, realizados anteriormente à criação da norma ISO 4866:2010, obedecem aos valores limites propostos pelas normas de vibração provocadas pelo uso de explosivos.

Bacci (2003) realiza estudo sobre as principais normas e recomendações para controle de vibração provocada por explosivos, que sugerem parâmetros de medição, para controle de danos estruturais dos edifícios próximos e impactos ambientais.

Os valores limites do nível de vibração do terreno não dependem apenas dos danos que a velocidade de vibração de partícula pode causar nas construções civis, mas também do tipo de construção em si, tendo sido provado que, com frequência, a vibração gerada por explosivos é apenas o instante detonador de um processo de instabilidade atribuído a outras causas, como recalque, dilatação térmica, insuficiência de material, erro de cálculo de projeto, etc. [...] (FORNARO, 1980 apud BACCI, 2003, p. 53).

Também é importante considerar as características próprias das vibrações, ou seja, a frequência, a repetitividade e a duração do fenômeno. Pode-se dizer que um edifício sofre danos, se os impulsos dinâmicos provocados pelas vibrações sobrepõem-se aos impulsos estáticos, levando a uma superação das condições de resistência da estrutura (BACCI, 2003, p. 53).

A Norma Alemã DIN 4150:1986, adotada como norma-padrão, e outras normas internacionais relacionadas ao uso de explosivos, são utilizadas como referência bibliográfica na elaboração da norma internacional 4866:2010, como a Norma Suíça SN 640312a, Norma Inglesa BS 7385. Além dessas, é possível encontrar outras normas de vibração por explosivos, como Norma Italiana UNI 9916,

Recomendações Francesas, Norma Sueca SS4604866, Norma Norte-Americana USBM RI 8507 e OSMRE, Norma Australiana AS 2187, e Norma Indiana CMRI.

O estudo aponta a inexistência de norma brasileira dedicada à determinação de limites de tolerância de vibração em estruturas. A norma brasileira que trata da vibração por explosivos é a NBR 9653- Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas.

#### Norma Brasileira (NBR 9653:2005)

A norma brasileira que trata sobre a vibração em edifícios é a NBR 9653 - Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas, que discorre sobre ruídos, vibrações e ultralanchamentos decorrentes do desmonte de rochas por explosivos. Fixa metodologias para a redução de riscos de danos estruturais e de conforto ambiental às edificações vizinhas inerentes ao uso de explosivos. O limite de segurança estabelecido para a velocidade vibração de partícula leva em consideração a magnitude e a frequência de vibração de partícula (Tabela 2).

Tabela 2 Limites de velocidade de vibração de partícula de pico por faixas de frequência

<b>Faixa de Frequência</b>	<b>Limite de Velocidade de vibração de partícula de pico</b>
4 Hz a 15 Hz	Iniciando em 15 mm/s aumenta linearmente até 20 mm/s
15 Hz a 40 Hz	Acima de 20 mm/s aumenta linearmente até 50 mm/s
Acima de 40 Hz	50 mm/s

NOTA - Para valores de frequência abaixo de 4 Hz deve ser utilizada como limite o critério de deslocamento de partícula de pico de no máximo 0,6 mm (de zero a pico)

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2005)

A norma não trata da frequência dos fenômenos vibratórios, nem determina os tipos de edifícios afetados pelas vibrações, sendo, desse ponto de vista, deficiente em relação às normas internacionais já mencionadas (BACCI *et al.*, 2003).

#### Norma Alemã (DIN 4150:1986)

Antes dos anos 1980, existem duas normas na Alemanha, uma para a Alemanha Oriental, que considera dois parâmetros de medição, quanto à tipologia de edifícios, dividido em quatro classes, e a frequência da vibração, e outra para a Alemanha

Ocidental, adota diferentes frequências em função da estrutura do edifício (BACCI *et al.*, 2003).

Após a unificação, a Norma DIN 4150 (1986) é adotada como norma-padrão, tendo sido atualizada desde então e aceita em toda a comunidade europeia; fornecendo valores limites de velocidade de vibração de partícula em mm/s, considerando o tipo de estrutura civil e o intervalo de frequência em Hz (Tabela 3). Os tipos de estrutura são: a) Edifícios estruturais, b) Habitações; c) Monumentos e construções delicadas (BACCI *et al.*, 2003).

Tabela 3 Valores de velocidade admitidos pela norma alemã DIN 4150

Tipos de estrutura	Frequência (Hz)			
	Fundação			Andar mais alto
	<10	10-50	50-100	Qualquer frequência
Industrial	20 mm/s	20-40 mm/s	40-50 mm/s	40 mm/s
Habitacões	5 mm/s	5-15 mm/s	15-20 mm/s	15 mm/s
Edifícios delicados	3 mm/s	3-8 mm/s	8-10 mm/s	8 mm/s

Fonte: Adaptado de Bacci *et al.* (2003).

#### Norma Suíça (SN 640312 a :1992)

A Norma Suíça, incorporada no ano de 1992, estabelece limites de velocidade de vibração de partícula, de 25 mm/s para museus; até 100 mm/s para construções em concreto armado. Também abrange a frequência, e considera o tipo de estrutura e o tipo da fonte de vibração (BACCI *et al.*, 2003) (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores sugeridos pela norma suíça. Os valores de  $V_p$  foram medidos para fontes de vibração de tipo ocasional

Tipo de estrutura	Frequência (Hz)	Velocidade máxima de vibração de partícula (mm/s)
I. Edifícios de concreto armado	10-60	30
	60-90	40
II. Construções normais de edifícios	10-60	18
	60-90	18-25
III. Habitações	30-90	12-18
	10-60	8
IV. Edifícios delicados	60-90	8-12

Fonte: Adaptado de Bacci *et al.* (2003)

Norma Inglesa (BS 5228:1997; BS 6472:1992; BS 7385:1990)

Bacci *et al.* (2003) ressalta as normas britânicas: British Standard 7385 (parte 1 - 1990; parte 2 - 1993) - Avaliação e Medições de Vibração em Edifícios. Também aborda sobre as normas British Standard 6472 (1992) - Guia para Avaliação da Exposição Humana à Vibração em Edifícios; e British Standard 5228 (1997) - Controle de Ruído e Vibração em Construções e Áreas a Céu Aberto como as mais relevantes na avaliação das vibrações, não são abordadas no presente trabalho, por não se encontrarem nas referências bibliográficas da norma ISO 4866:2010.

A norma British Standard 7385-1:1990 reconhece a necessidade de edifícios sustentarem as vibrações, para fins de integridade estrutural e preservação de edifícios históricos. A medição de vibração tem como finalidade reconhecer o problema, monitorar o controle dos níveis máximos tolerados, documentar onde ocorre, realizar diagnóstico e monitoramento dos níveis de vibração analisados. Para tanto, determina princípios básicos para a medição de vibração, processamento de dados e avaliação dos efeitos nos edifícios, principalmente quanto à resposta estrutural, onde frequência, duração e amplitude podem ser definidas; identifica os fatores a serem considerados para descrever e categorizar a vibração, conforme o tipo e a condição do edifício, frequências naturais e amortecimento, dimensões das fundações e influência da composição do solo; bem como indica a quantidade de medições para diferentes situações, os instrumentos e o método de utilização, e processo de avaliação de dados obtidos.

De acordo com a norma, os edifícios podem ser classificados segundo o tipo de construção, fundação, solo e fator de importância política; segundo as atividades de uso, como moradia e trabalho, edifícios de uso público, edifícios históricos e estruturas industriais leves; segundo o estado de conservação; e segundo duas categorias de estruturas: Grupo 1 - Edifícios Antigos ou estruturas construídas tradicionalmente, e Grupo 2 - Edifícios modernos e estruturas.

Para a fonte de vibração decorrente do tráfego rodoviário e ferroviário com fluxo contínuo ou transitório, a norma define valores de referência para frequência de 1 a 80 Hz, amplitude de 1 a 200  $\mu\text{m}$ , velocidade de partícula de 0,2 a 50  $\text{mm/s}$  e aceleração de partícula de 0,02 a 1  $\text{m/s}^2$  (Tabela 5).

Tabela 5 - Gama de resposta estrutural para várias fontes de vibração

Fonte de vibração	Alcance de frequência Hz	Alcance de amplitude mm	Faixa de velocidade da partícula mm/s	Faixa de aceleração de partícula m/s <sup>2</sup>	Característica de tempo C = Contínuo T = Transitório
<b>Tráfego rodoviário, ferroviário</b>	1 a 80	1 a 200	0,2 a 50	0,02 a 1	C/T
<b>Vibração de detonação</b>	1 a 300	100 a 2500	0,2 a 500	0,02 a 50	T
<b>Cravação de estacas</b>	1 a 100	10 a 50	0,2 a 50	0,02 a 2	T
<b>Máquinas no exterior</b>	1 a 300	10 a 1000	0,2 a 50	0,02 a 1	C/T
<b>Acústica</b>					
Tráfego, máquinas no exterior	10 a 250	1 a 1100	0,2 a 30	0,02 a 1	C
<b>Pressão do ar</b>	1 a 40	-	-	-	T
<b>Máquinas no interior</b>	1 a 1000	1 a 100	0,2 a 30	0,02 a 1	C/T
<b>Atividades humanas no interior</b>					T
a) Impacto	0,1 a 100	100 a 500	0,2 a 20	0,02 a 5	
b) Direto	0,1 a 12	100 a 5000	0,2 a 5	0,02 a 0,2	
<b>Terremotos</b>	0,1 a 30	10 a 10	0,2 a 400	0,02 a 20	T
<b>Vento</b>	0,1 a 10	10 a 10	-	-	T
<b>Acústica (interior)</b>	5 a 500	-	-	-	-

Fonte: Traduzido e adaptado de International Standard (2010)

Em relação à quantidade e ao posicionamento dos medidores de vibração, a norma define que pode haver variação de acordo com o tamanho e a complexidade do edifício. Para vibrações geradas pelo tráfego de veículos, as medições devem ser feitas no interior e na altura dos edifícios, sendo necessário realizar medições simultâneas em vários pontos dos edifícios, na fundação ou base das paredes e no solo. Em relação aos relatórios de atividade, indica que devem conter a análise de risco do edifício (com o tipo e condição do edifício, qual o objeto da medição, qual o padrão de referência e tipo de investigação), as medições (com o posicionamento dos equipamentos, calibração do sistema, gama de frequências, avaliação das fontes de erro e registros contínuos de valores de pico de velocidade), a fiscalização de obras (com inspeção dos edifícios antes da medição contendo relatórios gráficos



de danos, inspeção depois da medição e avaliação de danos observados) e a referência a outras normas internacionais.

A Norma BS 7385-2:1993 fornece orientações sobre a avaliação da vibração em edifícios, identifica fatores que influenciam a vibração e descreve os procedimentos para a realização de medição baseados na norma BS 7385-1:1990. Segundo a norma, a resposta de um edifício para vibração é afetada pelo tipo de fundação, condições do solo, construção dos edifícios e seu estado de conservação; e o risco de dano ocasionado por vibração deve ser avaliado a partir da magnitude, frequência e duração das vibrações registradas, levando em consideração o tipo de edifício exposto.

A norma, ainda, indica dados a serem registrados durante o levantamento, em relação à fonte de vibração, gerada pelo tráfego rodoviário, onde se deve observar o tipo de veículo, a carga por eixo, a velocidade, o alinhamento da entrada, a condição da superfície (buracos, bueiros, juntas de dilatação e outras irregularidades). No que se refere às particularidades do local, determina que deve ser registrado um croqui do local, fotografias e medição da distância entre a fonte de vibração e o edifício, e as direções de medição; às particularidades do solo, que devem ser registrados detalhes geotécnicos, dados de velocidade de onda, mudança na geologia entre a fonte e o edifício, e se há histórico de mineração subterrânea na área.

Quanto à estrutura do edifício, determina que deve ser feita a sua descrição, com plantas baixas e fotografias, a identificação do método e materiais de construção e de fundação, do estado geral da estrutura do edifício, ano de construção e se houve extensões ou reformas, fazer a identificação das manifestações patológicas existentes, em especial a dimensão e idade das fissuras, o tipo e a condição do acabamento das paredes e teto, a conservação de portas e janelas, material e nivelamento de piso, se há árvores de grande porte nas proximidades e detalhes do sistema de drenagem e profundidade do lençol freático.

Nas inspeções devem ser registradas observações subjetivas como: se é possível sentir a vibração, se essa é mais intensa no térreo ou nos andares superiores, a frequência e a duração aproximada da vibração. Nos resultados do teste de vibração deve ser avaliada a comparação do valor de pico com o limite de vibração apropriado para o tipo de construção e o possível surgimento de danos causados pela vibração.

Bacci (2003) ressalta que a norma BS 7385-2:1993 identifica quatro parâmetros para definir a intensidade de vibração: deslocamento, velocidade e aceleração de partícula e frequência. E três tipos de danos nos edifícios: danos cosméticos, danos menores, e danos maiores ou estruturais. Baseados em termos de  $V_p$  e frequência. Para danos cosméticos os valores são: 15mm/s a uma frequência de 4Hz, aumentando para 20mm/s a 15Hz e 50mm/s para  $f > 40$ Hz. Para danos menores é possível com vibração maior duas vezes que danos cosméticos, e para danos maiores ou estruturais, maiores quatro vezes que os danos cosméticos.

A norma ISO 4866:2010 apresenta tabela e valores semelhantes aos da British Standard 7385-1:1990, o que indica a referência da norma britânica para definição dos valores da norma internacional. Observa-se que, para a fonte de vibração decorrente do tráfego rodoviário e ferroviário, com fluxo contínuo ou transitório, a norma ISO 4866:2010 define valores de referência para frequência de 1 a 100 Hz, enquanto a BS 7385-1:1990 limita a frequência em 80 Hz. Os outros valores permanecem iguais nas duas normas.

Os valores recomendados para limites de vibração dependem do tipo de estrutura, solo, excitação, conteúdo e duração da frequência, por isso os valores limites para vibração ocasionada pelo tráfego se diferem daqueles para explosão e, entre eles, existe variação da tolerância expressa na norma para cada país ou tipo de estrutura. (BACHMANN, 1995).

A Tabela 6 apresenta o comparativo dos valores limites das normas citadas acima, adequando a indicação ao objeto do trabalho. Valores limites para tráfego viário, das normas ISO 4866:2010 e BS 7385-1:1990; para edifícios delicados, das normas DIN 4150 e SN 640312a, e para uso de explosivos, da NBR 9653, que não se aplica ao estudo, adotado por inexistir norma brasileira dedicada à determinação de limites de tolerância de vibração em estruturas.

Tabela 6 - Comparativo de valores limites de vibração

Norma	Frequência Hz	Amplitude mm	Velocidade mm/s	Aceleração m/s	Tipo de estrutura ou fonte de vibração
<b>ISO 4866:2010</b>	1 a 100	1 a 200	0,2 a 50	0,02 a 1	Tráfego rodoviário
	4 a 15		15 a 20		
<b>NBR 9653:2005</b>	15 a 40	-	20 a 50	-	Uso de explosivos
	>40		50		

	<10		3		
<b>DIN 4150:1986</b>	10 a 50	-	3 a 8	-	Edifícios delicados
	50 a 100		8 a 10		
<b>SN 640312a:1992</b>	60 a 90	-	8 a 12	-	Edifícios delicados
<b>BS 7385-1:1990</b>	1 a 80	1 a 200	0,2 a 50	0,02 a 1	Tráfego rodoviário

Observa-se que as normas que estabelecem limites a partir do tipo de estrutura definem valores significativamente menores do que as normas que tratam a vibração pela fonte, possivelmente por considerarem a abrangência de diversos tipos de estruturas. O presente trabalho utiliza como referência a norma ISO 4866:2010, que identifica os valores limites de vibração pela fonte e, apesar dos objetos de pesquisa serem edifícios históricos, por isso delicados, observa que tal limite possivelmente pode apresentar necessidade de adequação ao tipo de estrutura.

## 2.2 A FISSURAÇÃO DECORRENTE DA VIBRAÇÃO

“O valor de cada construção histórica não está apenas na aparência de elementos isolados, mas também na integridade de todos os seus componentes como um produto único da tecnologia de construção específica do seu tempo e do seu local” (ICOMOS, 2004, p. 7).

Attux (2008) salienta que o simples tombamento de imóveis não é suficiente para garantir sua preservação, sendo preciso ação conjunta entre medidas de salvaguarda e planejamento urbano de caráter social mais amplo, onde a conservação deixa de depender apenas do tombamento.

Ainda é um desafio compreender a realidade de edifícios antigos, e, apesar dos investimentos, muitos edifícios têm sofrido danos irreparáveis. Para o estudo e inspeção de danos, deve ser realizado um mapeamento detalhado da condição da edificação, a fim de compreender possíveis agentes (ICOMOS, 2004).

Por serem construídos com materiais menos resistentes, como tijolos cerâmicos, taipa ou madeira, do que os materiais e estruturas atuais, como pilares e vigas em concreto armado, os edifícios históricos podem sofrer danos irreversíveis quando expostos a elevados níveis de vibração (DEUTSCHES...,1999, apud BRITO, 2014).

Classificam-se como manifestações patológicas os danos que venham a deteriorar os materiais, prejudicando o desempenho do edifício ou de seus elementos. São responsáveis por grande parte das intervenções e projetos de restauração e reconstrução.

Thomaz (1989) afirma que, dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam o edifício, sejam eles residenciais, comerciais ou institucionais, particularmente importante é o problema das fissuras<sup>7</sup>, devido a três aspectos fundamentais: o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústica, etc.), e o constrangimento psicológico que a fissuração do edifício exerce sobre seus usuários.

Para diagnóstico do estado de conservação de edifícios históricos, é essencial compreender como e porque ocorrem as manifestações patológicas. Nesse

---

<sup>7</sup> Neste trabalho o termo “fissura” é empregado sem distinção de sua classificação

contexto, ressaltam-se as palavras de Taguchi (2010), que classifica as fissuras em paredes de alvenaria segundo diferentes critérios: abertura, atividade, forma, causa, direção, tensões envolvidas, tipo, entre outras.

Olivari (2003) afirma ser muito importante classificar a fissuração, para poder determinar o grau de periculosidade e a urgência dos reparos. Ainda, segundo o autor, no caso de fissuração nas paredes de alvenaria, é importante verificar se ela aumenta ou se está estabilizada. Se ela aumenta, podem existir problemas na fundação ou na estrutura e, portanto, deve ser avisado o calculista. Se não aumenta, o caso não é grave, mas pode causar complicações aos usuários, seja de infiltração de água, como de estética.

A classificação proposta pela norma ISO 4866:2010, agrupa os danos ocasionados por vibração em três grupos, de acordo com a intensidade, em danos cosméticos, menor e maior (INTERNATIONAL..., 2010). Olivari (2003) classifica a fissuração por sua espessura de ruptura com as seguintes nomenclaturas: fissura capilar, abertura com menos de 0,2 mm; fissura, abertura de 0,2 mm a 0,5 mm; trinca, abertura de 0,5 mm a 1,5 mm; rachadura, abertura de 1,5 mm a 5,0 mm; fenda, abertura de 5,0 mm a 10,0 mm; e brecha, abertura com mais de 10,0 mm. Auxilia, portanto, a classificação da diversidade de espessuras das fissuras.

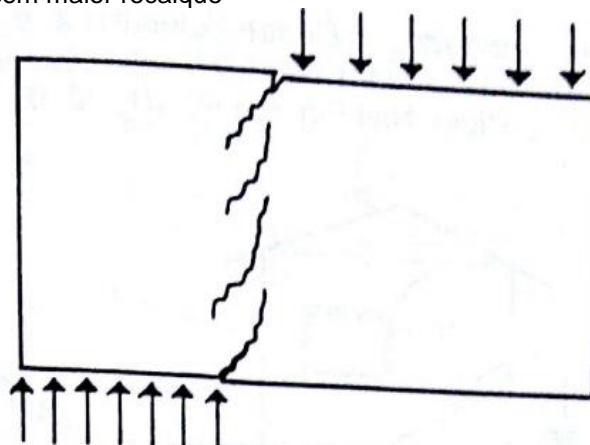
Por se tratar de estruturas relativamente frágeis e afetadas pelo tempo de construção e condições externas, a vibração nas edificações históricas pode ocasionar eventos interligados e consequências desastrosas (RESENDE, 2011).

A causa do surgimento e evolução de fissuras nas edificações pode estar ligada às vibrações mecânicas geradas pelo tipo e fluxo do tráfego viário, que pode colocar em risco a integridade física do edifício, através de transmissão da vibração pelo solo até as edificações; do adensamento do solo, e conseqüente recalque diferencial da estrutura; da desagregação pelo aumento da movimentação das partículas do material de construção; além dos danos por choque mecânico, ocasionados pela colisão de veículos, direta ou indiretamente, com a edificação (RESENDE, 2011).

De acordo com Thomaz (1989), as fissuras ocasionadas por recalque diferencial são inclinadas, “[...] ’deitando-se’ em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque” (Figura 37) (THOMAZ, 1989, p. 94). Outra característica é a de esmagamentos em

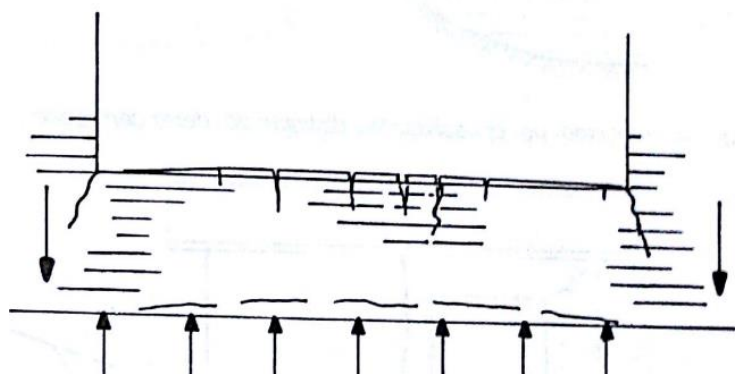
forma de escamas, variação de abertura da fissura em casos de recalques acentuados, e fissuras iniciando do peitoril da janela (Figuras 38 e 39).

Figura 37 - Fissuras devido ao trecho mais carregado com maior recalque



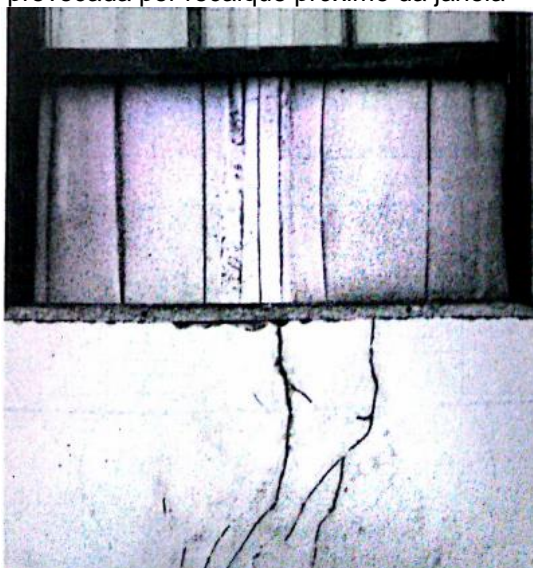
Fonte: Thomaz (1989)

Figura 38 - Fissuras de flexão sob as aberturas



Fonte: Thomaz (1989)

Figura 39 - Fissuras de flexão sob a abertura, provocada por recalque próximo da janela



Fonte: Thomaz (1989)

## 2.3 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE VIBRAÇÃO MECÂNICA

A preocupação com os problemas gerados pela vibração mecânica, desde o começo da construção de máquinas industriais, principalmente as que utilizam motores, necessita de técnicas de isolamento, redução e medição mais exata (BRÜEL & KJAER, 1982).

A análise de vibração tem o propósito de avaliar, diagnosticar e monitorar uma estrutura e realizar levantamento dos níveis de vibração mecânica ocasionados em edificação, objeto de investigação empírica pelo fluxo viário, seguindo orientação expressa pelas normas técnicas:

- ISO 4866:2010 - Vibração Mecânica e Choque - Vibração de Estruturas Fixas - Diretrizes para a medição de vibrações e avaliação de seus efeitos nas estruturas (tradução nossa).
- ISO 5348:1998 - Vibração mecânica e choque - Montagem mecânica de acelerômetros (tradução nossa).
- ABNT NBR 10273:2013 Ensaio não destrutivo - Análise de vibrações - Requisitos para instrumentos de medição de severidade de vibração de máquinas.

A norma ISO 4866:2010, analisada anteriormente, sugere princípios de medição e processamento de dados na avaliação de prováveis danos ocasionados por vibração em estruturas. A metodologia abordada pela norma, e aplicada no presente trabalho, consiste em duas etapas: avaliação de vibração; realização levantamento dos níveis de vibração mecânica e seus possíveis efeitos nas estruturas; análise geotécnica, para identificar o tipo de solo da região, seu comportamento e suscetibilidade à vibração.

### 2.3.1 Avaliação da vibração

A avaliação da vibração tem como objetivo identificar os níveis de vibração mecânica e seus efeitos nas estruturas. Deve considerar fatores como a frequência natural e amortecimento da estrutura, o tipo de construção, sua condição de conservação e materiais construtivos da mesma.

A idade e a condição do edifício são fatores a serem considerados na avaliação da vibração. Em edifícios históricos, os danos ocasionados por vibração podem estar ocultos por restauração ou reforma recente (BRITISH STANDARD, 1993).

A classificação da fonte de vibração considera a duração da exposição, a variação de amplitude e tempo, e os sinais de vibração. A vibração ocasionada pelo tráfego viário classifica-se por duração intermitente, com sucessão de eventos relativamente curtos separados por intervalos irregulares; variação de amplitude que não se define como cíclica ou estável, então recebe a classificação como ‘outros’; com sinal de vibração transitório (INTERNATIONAL STANDARD, 2010).

A coleta de dados para análise depende do evento de vibração que a estrutura está exposta. A Tabela 7 identifica o intervalo de tempo em que se deve realizar a medição para análise de vibração ocasionada por tráfego viário:

Tabela 7 - Intervalo de tempo de observação e medição

<b>Tipo de evento</b>	<b>Fonte de vibração</b>	<b>Categoria do evento</b>	<b>Intervalo de tempo de observação</b>	<b>Intervalo de tempo de medição</b>	<b>Exemplo de fonte</b>
Permanente	Conhecida	Outros	Um dia selecionado	Determinado por amplitude- dependente desencadeando	Tráfego viário pesado

Fonte: Traduzido e adaptado de International Standard (2010)

O relatório de avaliação deve descrever sua finalidade, a fonte de vibração, o tipo e a condição da estrutura e do solo, indicando a norma de referência utilizada; identificar a o fabricante e o modelo dos transdutores utilizados, bem como a forma de acoplamento e o posicionamento na edificação; relatar a faixa de frequência e o pico de valores; apresentar os resultados de inspeção das estruturas antes e depois da exposição das vibrações analisadas e a avaliação dos danos. As vibrações são representadas através de espectros de frequência<sup>8</sup>, e sua avaliação sobre a estrutura. Em alguns casos, pode ser observada pela abertura progressiva de fissuras (INTERNATIONAL STANDARD, 2010).

O nível de vibração considerado “aceitável” é estabelecido em análise estatística de probabilidade de dano; não há um nível exato para o seu surgimento, pois depende

<sup>8</sup> Espectro de frequência é a representação em diagrama de amplitude em relação à frequência. (RAO, 2009)



de diversos fatores, como a condição e idade da estrutura, tipo do terreno e a frequência da vibração. Isso significa que nem todos os limites considerados admissíveis são prejudiciais a algum tipo de estrutura.

Os níveis de interesse para análise de vibração variam dependendo da frequência. A Tabela 8 identifica os níveis de resposta estrutural para o tráfego viário.

Tabela 8 - Gama de resposta estrutural de fonte de vibração

Fonte de vibração	Faixa de frequência	Faixa de amplitude	Faixa de velocidade da partícula	Faixa de aceleração da partícula	Característica de tempo
<b>Tráfego</b>					
Rodoviário, ferroviário	1 a 100	1 a 200	0,2 a 50	0,02 a 1	Contínuo ou transitório

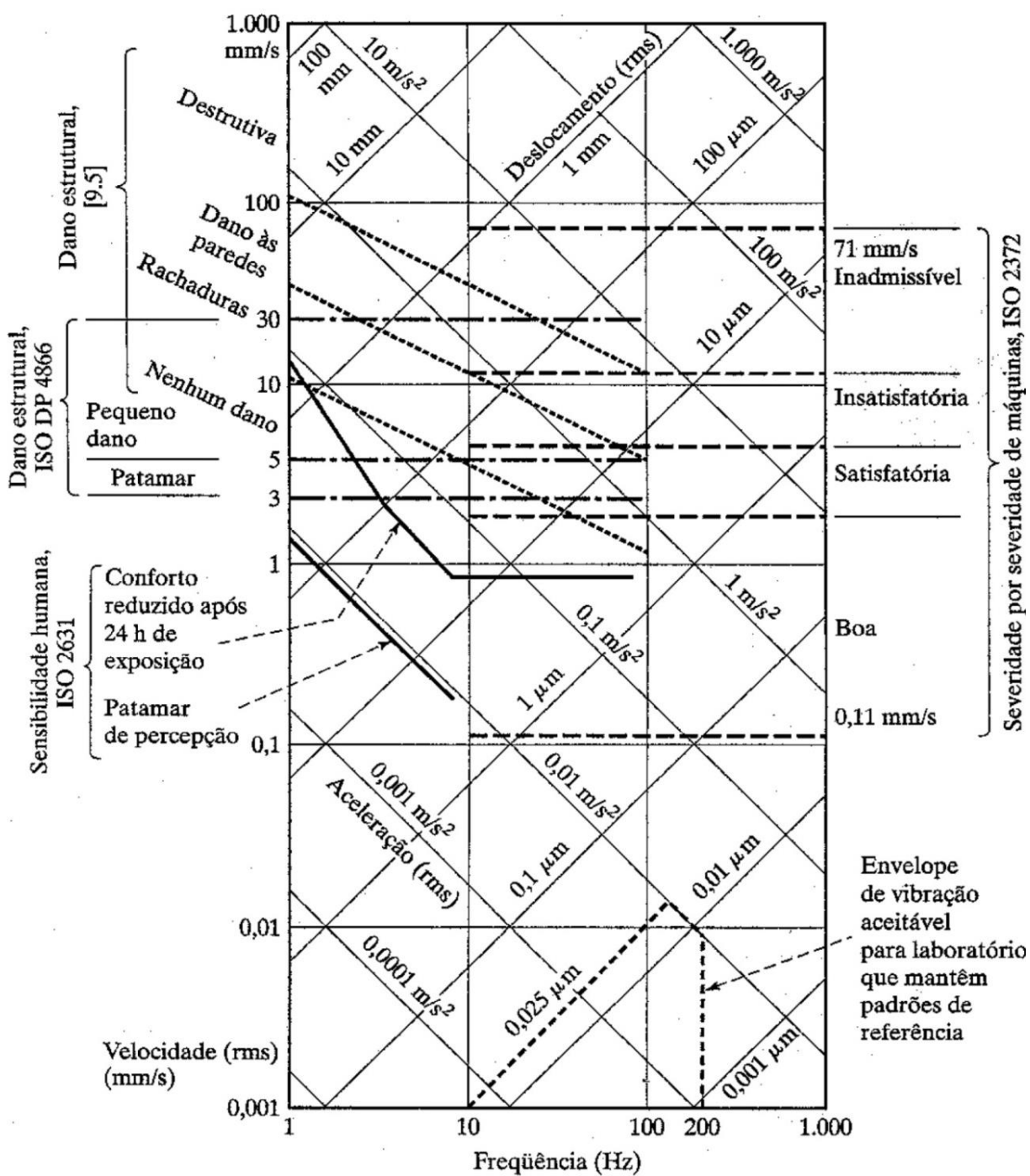
Fonte: Traduzido e adaptado de International Standard (2010)

A velocidade é a principal medida de referência para avaliar as vibrações ocasionadas pelo tráfego viário, e é usualmente medida na base da estrutura. Para avaliação dos efeitos da vibração na estrutura, podem ser utilizados diferentes padrões, mesmo apresentando diferentes variações quanto ao valor aceitável de vibração (BACHMANN, 1995).

O nomograma de vibração (Figura 40) apresenta os limites e as “variações da amplitude de deslocamento, velocidade e aceleração em relação à frequência de vibração”. A vibração imprimida ao edifício é composta de muitas frequências, por isso os valores de RMS<sup>9</sup> são utilizados para a especificação dos níveis de vibração. Os limites de velocidade, em RMS, indicados pelo Monograma de vibração, são de “3 a 5 mm/s para patamar de danos e 5 a 30 mm/s para pequenos danos”, e o aumento da severidade dos danos cresce progressivamente com o aumento da velocidade: até 100 mm/s para danos às paredes, e acima desse valor, dano estrutural destrutivo (RAO, 2009, p. 305-306).

<sup>9</sup> RMS, do inglês *Root mean square*, também chamado de valor eficaz, é uma característica importante onda senoidal, definido como a raiz quadrada do valor médio do quadrado dos valores. (NILSSON; RIEDEL, 2003)

Figura 40 - Monograma de vibração



Fonte: Rao (2009)

Resende (2011) apresenta comparação dos limites de velocidade de pico para reações humanas e efeitos nas vibrações (Tabela 9):

Tabela 9 - Comparação entre Reações Humanas e Efeitos sobre as Edificações

Velocidade de pico da partícula (mm/s)	Reações humanas	Efeitos nas edificações
0 a 0,15	Imperceptível	Vibrações incapazes de causar qualquer tipo de dano.
0,15 a 0,30	Limite de percepção, possibilidade de incômodo	Vibrações incapazes de causar qualquer tipo de dano
2,0	Vibrações perceptíveis	Limite máximo da vibração ao qual podem estar sujeitos monumentos antigos e ruínas
2,5	Nível no qual vibrações contínuas começam a incomodar	Não existe risco de dano arquitetônico para edifícios normais
5,0	Vibrações incômodas para pessoas em edifícios	Limite no qual existe risco de dano arquitetônico para residências com tetos e paredes com acabamento em gesso
10 a 15	Vibrações consideradas incômodas por pessoas sujeitas a vibrações contínuas	Vibrações muito superiores às normalmente esperadas com origem no tráfego. Causam danos arquitetônicos e possivelmente danos estruturais pequenos

Fonte: Resende (2011)

Torraca (1986) e Oliveira (2011) utilizam como referência para os limites admissíveis de vibração, os valores especificados pela antiga Norma Alemã DIN 4150 (1970) (Tabela 10):

Tabela 10 - Velocidade admissível para vibração

Velocidade	Tipo de estrutura
2 mm/s	Ruínas e edifícios de valor histórico
5 mm/s	Construções com defeitos
10 mm/s	Construções sem danos ou com pequeno defeito no reboco
10 a 40 mm/s	Construções robustas
Máximo de 20mm/s	Pisos e forros

Fonte: Oliveira (2011)

Os parâmetros de medição adotados nos ensaios são definidos nas configurações do programa, utilizando frequência máxima de 100 Hz e 1600 linhas. A velocidade é medida em mm/s, durante 48 h consecutivas, com intervalo entre as leituras de 20 segundos para cada acelerômetro, tempo necessário para formação de cada leitura, obtidas alternadamente.

A precisão da medição de vibração depende das características do equipamento a ser utilizado, o sistema de medição é composto por transdutores, equipamento de sinal condicionado e sistema de gravação de dados. Os transdutores são divididos em dois tipos: o transdutor de velocidade (geofone), que opera em frequências superiores à frequência natural<sup>10</sup>; e o acelerômetro piezoelétrico, que opera abaixo da frequência natural (INTERNATIONAL STANDARD, 2010).

A norma ISO 4866:2010 indica que os instrumentos para análise de engenharia devam ter capacidade de armazenamento de 30s por canal, taxa mínima de 1000 amostras/s ou quando a frequência aproxima de 500 Hz a amostragem deve ser de 2500 amostras/s. A coleta de dados digitais deve permitir observar os dados durante o tempo da amostra. A frequência deve ser de 1 Hz a 150 Hz, a faixa dinâmica do equipamento de pelo menos 72 dB, a amplitude mínima de 10 mm/s (INTERNATIONAL STANDARD, 2010).

A ABNT NBR 10273:2013 - Ensaio não destrutivo - Análise de vibrações - Requisitos para instrumentos de medição de severidade de vibração de máquinas, estabelece requisitos para instrumentos de medição de vibração. Segundo a norma, o instrumento é constituído por um captador de vibração; um conjunto indicador contendo um amplificador; um filtro de correção para a resposta em frequência; um instrumento para indicação e registro; e um sistema de alimentação.

O captador deve medir vibrações com referência inercial, a sua forma de fixação não pode alterar a ressonância, e o usuário deve ser cauteloso quanto às influências que podem ocorrer, como no campo eletromagnético, aterramento do sistema, ruído acústico elevado e temperatura. O instrumento deve indicar valor eficaz verdadeiro da vibração, deve estabelecer temperaturas e umidade de operação, e ser mencionado, caso usado em ambientes agressivos (ASSOCIAÇÃO..., 2013).

---

<sup>10</sup> Frequência natural é a frequência de oscilação decorrente de uma perturbação inicial, onde o sistema continua a vibrar sem ação de forças externas. (RAO, 2009)

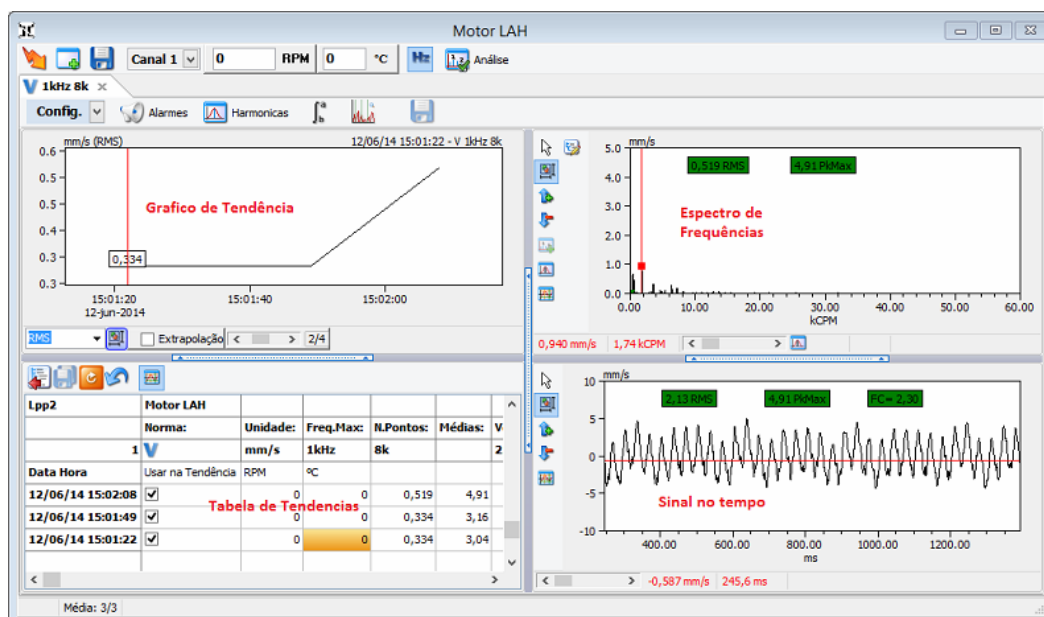
O equipamento utilizado para as medições de vibração mecânica é o Coletor e Analisador de Vibrações NK 840 com quatro canais de entrada para acelerômetros e comunicação USB para computador, precisão de espectros de frequência em oito faixas de 0,5 Hz a 10 kHz, possui capacidade para impressão dos registros de sinais, espectros e gráficos de tendência e exportação dos dados para planilhas eletrônicas. O acelerômetro a ser utilizado é o Sensor de Vibrações NK 30 (Figura 41), piezoelétrico com amplificador de carga interno, com resposta em frequência de 0,8 Hz a 10 kHz. A leitura das ondas é realizada através do software Sistema Digital de Análise de Vibrações - SDAV 2015 (Figura 42), que registra ondas e espectros de frequência, e forma gráficos dos níveis de vibração em RMS e Valor de Pico (TEKNIKAO, 2016).

Figura 41 - Coletor e Analisador de Vibrações NK 840 e Sensor de Vibrações NK 30



Fonte: Teknikao (2016)

Figura 42 - Janelas no SDAV 2015 onde são definidos dos dados para análise



Fonte: Teknikao (2016)

O aparelho pode apresentar limitações quanto à análise de vibração mecânica gerada por tráfego viário, pois é desenvolvido para analisar vibrações em máquinas, porém atende às especificações apresentadas pela norma ISO 4866:2010, por permitir configuração para sinais de velocidade e aceleração, o sensor de vibração utilizado tem resposta em frequência de 0,8 Hz a 10 KHz, e a norma identifica que a coleta de dados deve permitir a frequência de 1Hz a 150 Hz.

O posicionamento dos transdutores deve considerar obrigações contratuais, estrutura, estado de conservação, geometria, resposta dinâmica e sistema de fundação do objeto monitorado, a distância entre objeto e fonte, e o modo de energia dissipado. Em fontes que propagam vibrações através do solo, o melhor posicionamento para medição é na fundação, e, quando não for possível, realizar em um ponto baixo na principal parede externa que suporta a carga do piso térreo, podendo serem adicionados pontos de medição no chão (INTERNATIONAL STANDARD, 2010).

A quantidade de transdutores depende da dimensão e da complexidade da estrutura. Para vibração decorrente do tráfego viário, é necessário realizar medições no interior da estrutura em proporção à altura e profundidade. A fixação dos transdutores na estrutura pode ser realizada através de parafusos de expansão (INTERNATIONAL STANDARD, 2010).

Os transdutores devem ser colocados em contato físico com a superfície da alvenaria, posicionados em pontos baixos na principal parede externa que suporta a carga do piso térreo, por não ser possível o posicionamento dos mesmos nas fundações das edificações selecionadas, como sugere a Norma ISO 4866:2010.

A montagem do acelerômetro deve ser o mais firme possível, fixado por uma fina camada de cera, fita adesiva dupla face sensível à pressão, fixação magnética, fixação de montagem de encaixe rápido, ou montagem à vácuo (INTERNATIONAL STANDARD, 1998).

A fixação adotada na pesquisa se realiza por meio da fita adesiva dupla face sensível a pressão. A fita utilizada na fixação dos acelerômetros é a Fita 3M Scotch® Fixa Forte – Transparente, dupla face de adesão instantânea e permanente. Tamanho: 25mm x 2m. Composição do material: Massa de adesivo acrílico transparente de alta adesão.

### 2.3.2 Análise geotécnica

A análise geotécnica tem como objetivo identificar o tipo de solo da região, seu comportamento e suscetibilidade à vibração. Os solos têm origem da decomposição das rochas, a primeira diferença entre eles é a grande variedade do tamanho das partículas, alguns com grãos perceptíveis a olho nu e outros finos, que, quando molhados, transformam-se em barro, e em um solo geralmente possui partículas de tamanhos diferentes (PINTO, 2000).

Devido à sua diversidade, os solos são classificados e agrupados em conjuntos, aos quais é possível atribuir algumas propriedades e estimar seu provável comportamento. Existem diversas formas de classificação do solo, os sistemas mais conhecidos são baseados nas características dos grãos, com objetivo de compreender o comportamento das partículas. Neles são empregados a composição granulométrica e os limites de Atterberg<sup>11</sup> (PINTO, 2000).

A Tabela 11 apresenta a denominação para as faixas de tamanho dos grãos:

Tabela 11 - Denominação para solo de acordo com o tamanho de grãos

<b>Fração</b>	<b>Limites definidos pela norma ABNT NBR 6502:1995</b>
Matacão	De 200 mm a 1 m
Pedra	De 60 mm a 200 mm
Pedregulho	De 2,0 mm a 60 mm
Areia grossa	De 0,60 mm a 2,0 mm
Areia média	De 0,20 mm a 0,60 mm
Areia fina	De 0,06 mm a 0,2 mm
Silte	De 0,002 mm a 0,06 mm
Argila	Inferior a 0,002 mm

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995)

A norma ISO 4866:2010 identifica fatores estruturais a serem considerados na avaliação da reação das estruturas em resposta à vibração. Entre eles, é identificada a influência da condição do solo e sua interação com a estrutura. O Anexo B da norma ISO 4866:2010 fornece indicações para a classificação de edifícios. Para tanto, considera quatro fatores: tipo de construção, fundação, solo, e fator de

<sup>11</sup> Limites de Atterberg: Conhecido como Limite de consistência, composto por Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade, e Limite de Contração.

importância política. A compreensão da interação dinâmica da fundação com o solo é necessária, a fim de prever a sua resposta à vibração.

Os tipos de solo são agrupados de forma decrescente em relação ao nível aceitável dos efeitos de vibração (Anexo A), sendo eles:

Tipo a: rochas não fissuradas ou rochas bastante sólidas, ligeiramente fissuradas ou areias cimentadas;

Tipo b: solos com camadas horizontais, solos não coesos muito firmes e compactados;

Tipo c: solos com camadas horizontais, solos não coesivos moderadamente firmes e pouco compactados, solos firmes e coesos;

Tipo d: todos os tipos de superfícies inclinadas com potenciais planos de deslizamento;

Tipo e: solos soltos não coesivos (areias, cascalhos, rochas), solos macios coesivos (argilas), solos orgânicos (turfa);

Tipo f: preencher. (INTERNATIONAL STANDARD. ISO 4866:2010, p. 20, tradução nossa).

O procedimento para análise geotécnica adotado na pesquisa se faz por meio de sondagem de simples reconhecimento com SPT<sup>12</sup>, também denominada sondagem a percussão, realizada pela Construtora Eltecom, no dia 06 de julho de 2012, contratado pela Prefeitura Municipal, por meio do Fundo Municipal de Saúde de Santa Leopoldina, para a construção da Unidade de Saúde, localizada na Avenida Prefeito Hélio Rocha.

A Norma ANBT NBR 6484:2001 “Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio” prescreve o método de execução da sondagem, que tem como princípio a “perfuração e cravação dinâmica de amostrador-padrão, a cada metro, resultando na determinação do tipo de solo e de um índice de resistência, bem como da observação do nível do lençol freático” (ASSOCIAÇÃO..., 2001, p. 2).

O índice de resistência à penetração, abreviado pela letra N, é determinado pelo “número de golpes correspondente à cravação de 30 cm do amostrador padrão, após a cravação inicial de 15 cm” (ASSOCIAÇÃO..., 2001, p. 2).

A Tabela 12 indica a compacidade e consistência das camadas de solo investigadas, a partir do índice de resistência à penetração:

---

<sup>12</sup> SPT: *Standard Penetration Test* (Ensaio de Penetração Padrão, tradução nossa).



Tabela 12 - Estados de compactidade e consistência segundo a NBR 6484:2001

Solo	Índice de resistência à penetração N	Designação <sup>1</sup>
<b>Areias e siltes arenosos</b>	≤ 4	Fofa (o)
	5 a 8	Pouco compacta (o)
	9 a 18	Medianamente compacta (o)
	19 a 40	Compacta (o)
	>40	Muito compacta (o)
<b>Argilas e siltes argilosos</b>	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média (o)
	11 a 19	Rija (o)
	> 19	Dura (o)

<sup>1</sup> As expressões empregadas para a classificação da compactidade das areias (fofa, compacta, etc.), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compactidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na Mecânica dos Solos

Fonte: Associação Brasileira De Normas Técnicas (2001)

Os componentes da aparelhagem padrão para a realização do ensaio são:

- a) torre com roldana;
  - b) tubos de revestimento;
  - c) composição de perfuração ou cravação;
  - d) trado-concha ou cavadeira;
  - e) trado helicoidal;
  - f) trépano de lavagem;
  - g) amostrador-padrão;
  - h) cabeças de bateria;
  - i) martelo padronizado para a cravação do amostrador;
  - j) baldinho para esgotar o furo;
  - k) medidor de nível-d'água;
  - l) metrodebalcão;
  - m) recipientes para amostras;
  - n) bomba d'água centrífuga motorizada;
  - o) caixa d'água ou tambor com divisória interna para decantação; e
  - p) ferramentas gerais necessárias à operação da aparelhagem.
- (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p. 2).

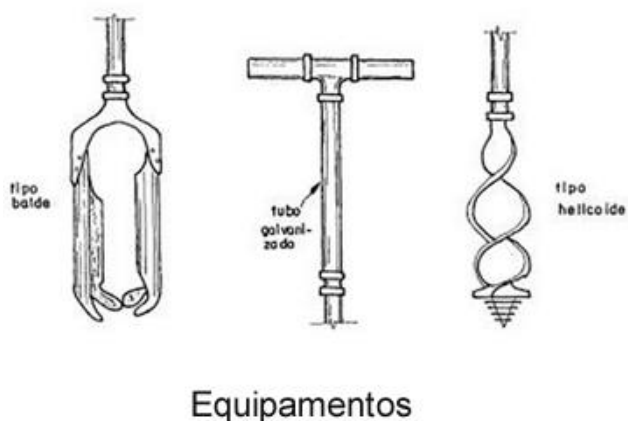
O procedimento da sondagem a percussão consiste na marcação com piquete e com a identificação de cada furo de sondagem a ser realizado no terreno (Figura 43). A perfuração se inicia por “emprego do trado-concha ou cavadeira manual até a profundidade de 1 metro” (Figura 44), prossegue com a coleta do material e instalação do amostrador padrão, que coleta as amostras de solo a cada metro de profundidade, e na sequência, com a utilização do trado helicoidal, até atingir o nível do lençol freático ou algum material resistente (ASSOCIAÇÃO..., 2001).

Figura 43 - Marcação com piquete de madeira



Fonte: Venturini (2015)

Figura 44 – Equipamentos para perfuração inicial

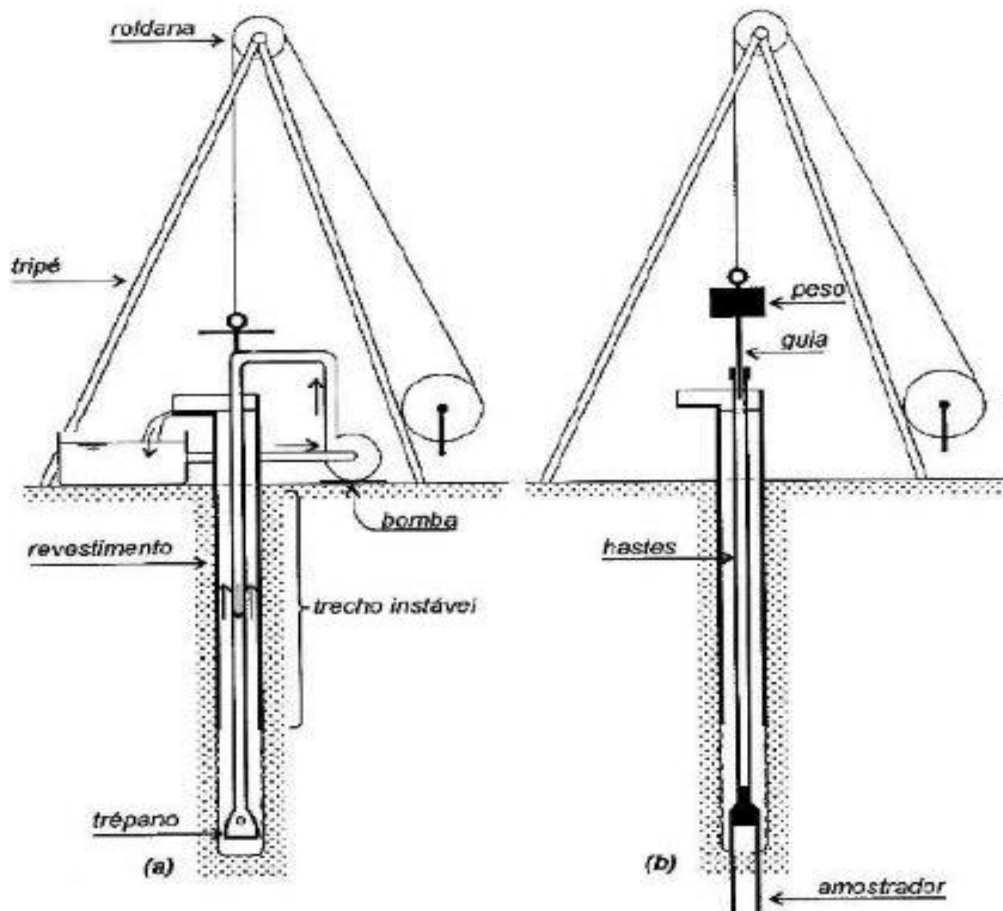


Fonte: Grupo SPT (2015)

O procedimento continua com a perfuração com a circulação de água (Figura 45), conhecido como lavagem, sendo a perfuração realizada pelo trépano, que tem a largura do furo, e o material removido pela circulação de água. O trépano é cavado por meio de queda com altura de cerca de 30 cm do fundo do furo, seguida por movimento rotacional, feito manualmente. A altura de queda é diminuída com a aproximação da cota de ensaio, e, quando a mesma é atingida, deve-se manter a circulação de água, suspensa 20 cm do fundo, até que os detritos sejam removidos

do furo. Caso as paredes do furo sejam instáveis, deve-se instalar tubo de proteção para evitar o desmoronamento, e, em casos especiais, onde a retirada dos tubos for problemática, pode ser aplicado lamas de estabilização. Antes da retirada do aparelho, deve-se apoiá-lo no fundo e marcar a profundidade do furo para continuar o ensaio (ASSOCIAÇÃO..., 2001).

Figura 45 – Etapas na execução de sondagem a percussão: (a) avanço da sondagem por desagregação e lavagem e (b) ensaio de penetração dinâmica (SPT)



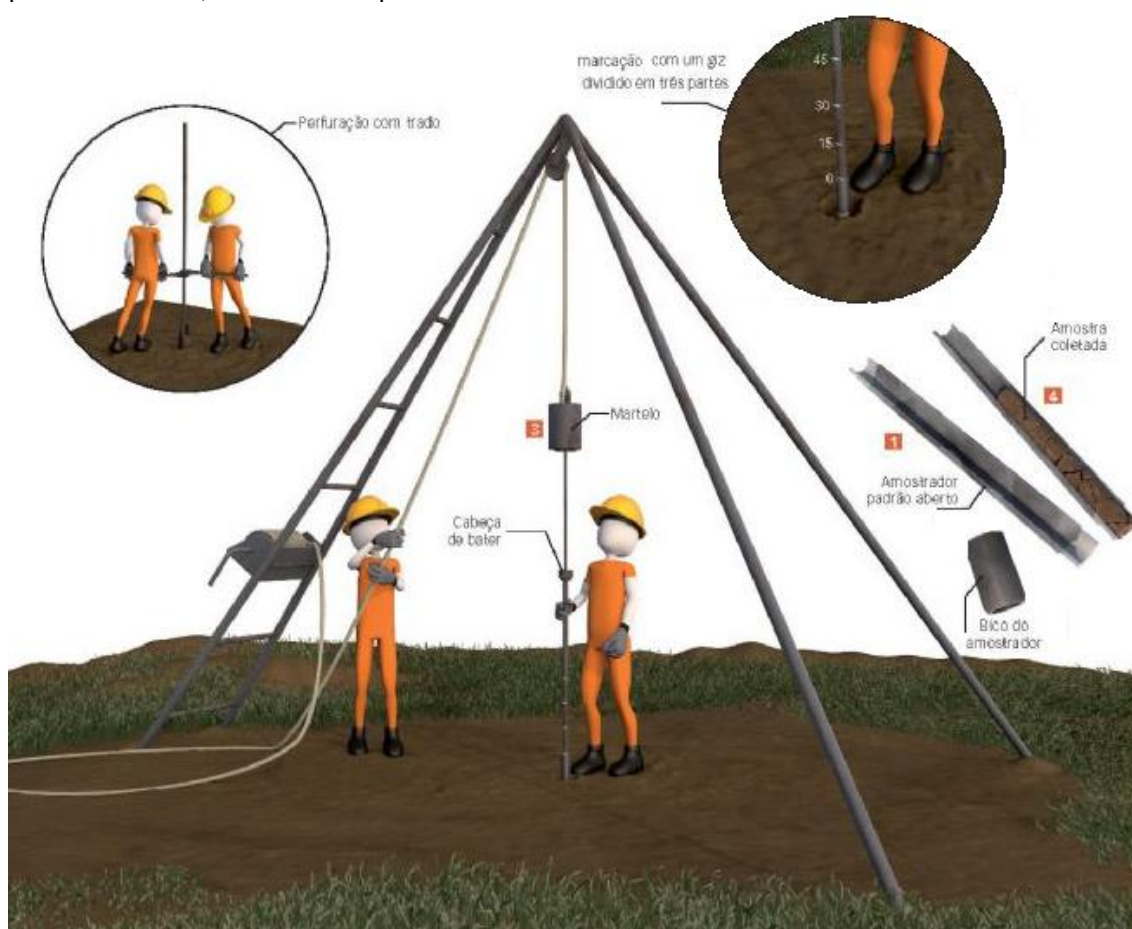
Fonte: Figueiredo (2017)

Com o auxílio do amostrador padrão (Figura 46), deve-se colher amostras a partir de 1 m de profundidade. E o mesmo deve descer e ser apoiado no fundo do furo de sondagem, correspondente à medida realizada anteriormente; caso a medida fique menor 2 cm, repete-se a limpeza do furo. Posicionado o amostrador padrão corretamente, colocar a cabeça de bater, e marcar com giz na haste, um segmento de 45 cm dividido em três partes de 15 cm. Posicionar martelo sobre a cabeça de bater e anotar se houve penetração igual ou maior que 45 cm. Se não houver, posicionar o martelo com peso de 65 kgf a 75 cm de altura e iniciar os golpes

contínuos até completar 45 cm de cravação, anotando a quantidade de golpes necessários para penetração de cada 15 cm (ASSOCIAÇÃO..., 2001).

Na prática, é registrado o número de golpes de penetração superior a 15 cm, 30 cm e 45 cm ou, com o último golpe, ultrapassar esse valor, registrando-se pelas frações do número de golpes e a penetração obtida nas três etapas, exemplo: 3/17 - 4/14 - 5/15. Após os 45 cm, retirar o amostrador, coletar as amostras de solo, e prosseguir com o processo até encontrar o nível d'água (ASSOCIAÇÃO..., 2001).

Figura 46 - Sondagem de simples reconhecimento, perfuração a trado, marcação com giz em três partes de 15 cm, e amostrador padrão com amostra coletada



Fonte: Adaptado de Mariane (2015)

A cravação é interrompida antes dos 45 cm de penetração quando em qualquer das três partes de 15 cm, o número de golpes ultrapassar 30; total de 50 golpes durante a cravação; ou o amostrador padrão não avançar durante a aplicação de cinco golpes sucessivos (ASSOCIAÇÃO..., 2001).

O resultado é registrado pela fração do número de golpes com a penetração obtida nas três etapas de 15 cm, com exceção de alguns casos especiais, como quando a

penetração for maior que 45 cm no primeiro golpe, exemplo: 1/58; quando a penetração for incompleta, exemplo: 12/16 - 30/11, 14/15 - 21/15 - 15/7, 10/0; quando a penetração exceder os 45 cm com poucos golpes ou a penetração das três partes de 15 cm não for clara, exemplo: 0/65, 1/33 - 1/20 (ASSOCIAÇÃO..., 2001).

O ensaio termina quando, em 3 metros sucessivos, se obter índices de penetração de 30/15 iniciais; em 4 metros sucessivos, se obter 50/30; em 5 metros sucessivos, se obter 50/45; quando atingida determinada profundidade, desde que tenha alcançado valor de resistência a penetração pré-estabelecido; nega de trépano de lavagem, que caracteriza a condição de impenetrável ao método de sondagem a percussão, com o uso do ensaio SPT, alternado com o método de avanço por lavagem; ou a pedido do cliente (ASSOCIAÇÃO..., 2001).

As amostras devem ser identificadas pela granulometria, plasticidade, cor e origem; analisadas pela ordenação de profundidade; e divididas em solos grossos (areias e pedregulhos) e solos finos (argilas e siltes) (ASSOCIAÇÃO..., 2001).

O relatório com resultado das sondagens deve conter:

- a) nome da firma executora das sondagens, o nome do interessado ou contratante, local da obra, indicação do número do trabalho e os vistos do desenhista, engenheiro civil ou geólogo, responsável pelo trabalho;
  - b) diâmetro do tubo de revestimento e do amostrador empregados na execução das sondagens;
  - c) número (s) da (s) sondagem (s);
  - d) cota (s) da (s) boca (s) do (s) furo (s) de sondagem, com precisão centimétrica;
  - e) linhas horizontais cotadas a cada 5 m em relação à referência de nível;
  - f) posição das amostras colhidas, devendo ser indicadas as amostras não recuperadas e os detritos colhidos na circulação de água;
  - g) as profundidades, em relação à boca do furo, das transições das camadas e do final da (s) sondagem (s);
  - h) índice de resistência à penetração N ou relações do número de golpes pela penetração (expressa em centímetros) do amostrador;
  - i) identificação dos solos amostrados e convenção gráfica dos mesmos conforme a NBR 13441;
  - j) a posição do (s) nível (is) d'água encontrado (s) e a (s) respectiva (s) data(s) de observação (ões), indicando se houve pressão ou perda de água durante a perfuração;
  - k) indicação da não ocorrência de nível de água, quando não encontrado;
  - l) datas de início e término de cada sondagem;
  - m) indicação dos processos de perfuração empregados (TH trado helicoidal, CA - circulação de água) e respectivos trechos, bem como as posições sucessivas do tubo de revestimento e uso de lama de estabilização quando utilizada;
  - n) procedimentos especiais utilizados, previstos nesta Norma; e
  - o) resultado dos ensaios de avanço de perfuração por circulação d'água
- Desenhar as sondagens na escala vertical de 1:100 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001, p. 16).

### **3 A DEGRADAÇÃO DE EDIFÍCIOS HISTÓRICOS DECORRENTE DO TRÁFEGO VIÁRIO EM SANTA LEOPOLDINA**

Este capítulo aborda a investigação tecnológica, a partir de observação e ensaios realizados no objeto de estudo. Compreende o levantamento e a análise quantitativa e qualitativa do tráfego viário, descrevendo o traçado urbano no Sítio Histórico de Santa Leopoldina, e a caracterização técnica-construtiva dos edifícios históricos.

Por fim, apresenta os edifícios selecionados e a aplicação da metodologia de análise de vibração, por meio do uso de acelerômetros e geotécnica, através de análise dos dados obtidos em relatório de sondagem de simples reconhecimento com SPT, também denominada sondagem a percussão. Esses ensaios auxiliam no entendimento das manifestações patológicas ocasionadas por vibração mecânica, na correlação das condições geotécnicas e dos níveis de vibração, e na identificação dos procedimentos para elaboração de diretrizes para salvaguarda dos edifícios históricos.

### 3.1 O TRÁFEGO VIÁRIO

A gestão de cidades com sítios históricos urbanos deve considerar, como fatores primordiais, questões relativas à mobilidade, pois, apesar do traçado das vias seguir o modelo de origem, baseado no trânsito dos meios de transporte utilizados na época de seu desenvolvimento, deve ser considerado o elevado fluxo de automóveis, verificando a necessidade de reabilitação dos centros históricos para as condições contemporâneas. Para isso, é necessário o estabelecimento de recomendações e políticas de preservação e planejamento urbano, com objetivo de proteção e conservação do patrimônio histórico (CARVALHO, 2013).

O Plano Diretor Municipal da cidade de Santa Leopoldina, Lei Complementar nº 1223/2007, fundamenta onze princípios como parte do processo de planejamento e gestão municipal. Entre eles, destaca-se o item “VIII. Preservação e recuperação do ambiente natural e construído, do patrimônio histórico, cultural e ambiental – ecológico”. O capítulo IV “Da Política de Proteção ao Patrimônio Histórico Cultural”, tem como duas de suas diretrizes:

I - Propiciar o desenvolvimento de estudos, pesquisas, inventários, registros, tombamentos, desapropriações além de outros meios e instrumentos previstos em Lei, destinados ao acatamento, preservação e repressão aos danos e às ameaças ao patrimônio cultural do Município;

II - Preservar e valorizar o patrimônio cultural de Santa Leopoldina, protegendo suas expressões materiais e imateriais de maneira individual ou em conjunto (SANTA LEOPOLDINA, 2007, p. 21).

O presente trabalho se apoia em tais diretrizes, uma vez que as vibrações mecânicas ocasionadas pelo tráfego viário se configuram como ameaça à integridade dos edifícios históricos, reforçando-se a preservação dos edifícios tombados, identificados como bens de valor histórico, cultural, arquitetônico, e afetivo à população.

Em relação ao sistema viário e ao tráfego, a seção V “da Política de Circulação, Transporte e Tráfego do Sistema Viário e do Transporte Coletivo” apresenta diretrizes direcionadas ao perímetro urbano, onde se encontram os edifícios históricos, com intuito de preservação dos bens e minimizar os impactos gerados pelo tráfego viário.



III – Dar tratamento urbanístico adequado e melhoria às vias da rede estrutural e corredores de transportes, de modo a garantir a segurança dos cidadãos e preservação do patrimônio histórico, ambiental e arquitetônico da cidade;

[...]

VII – Implementar estudos de viabilidade técnica visando minimizar impactos de trânsito no centro histórico (SANTA LEOPOLDINA, 2007, p.33).

Pelo exposto, pode-se afirmar que, o Plano Diretor Municipal de Santa Leopoldina reconhece a importância da preservação do patrimônio histórico arquitetônico frente aos possíveis impactos e danos ocasionados pelo tráfego viário, em especial às edificações situadas no centro histórico da cidade. A avaliação do tipo e quantidade do fluxo viário observa em que pontos tais diretrizes são adotadas, e como ocorre o desenvolvimento do tráfego na região estudada.

Para viabilizar a pesquisa experimental, protocola-se junto à Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina, sob o Processo Administrativo nº 2659/2016, requerimento da gravação das câmeras de monitoramento da via, durante o período de análise de vibração nos edifícios do Museu do Colono e Prefeitura, de 16 a 24 de novembro de 2016, para contagem do fluxo viário, com intuito de realizar análise do tipo de veículo e tráfego, em conjunto com os níveis de vibração captados.

No dia 24 de janeiro de 2017, em resposta a solicitação realizada, através do ofício nº 037/2017, o prefeito municipal Valdemar Luiz Horbelt Coutinho informa não ser possível a disponibilização das imagens devido a um problema ocorrido neste equipamento e conseqüente impossibilidade de gravação das imagens no período.

Para tanto, para a análise da quantidade de fluxo e tipo de veículos que transitam pelo sítio histórico de Santa Leopoldina, adota-se levantamento realizado no dia 24 de março de 2016, no período entre 16h:30 min e 18h:30min (Tabela 13), que obtém o seguinte resultado:

Tabela 13- Levantamento do fluxo viário no Sítio Histórico de Santa Leopoldina, dia 24 de março de 2016, no período entre 16h:30 min e 18h:30min

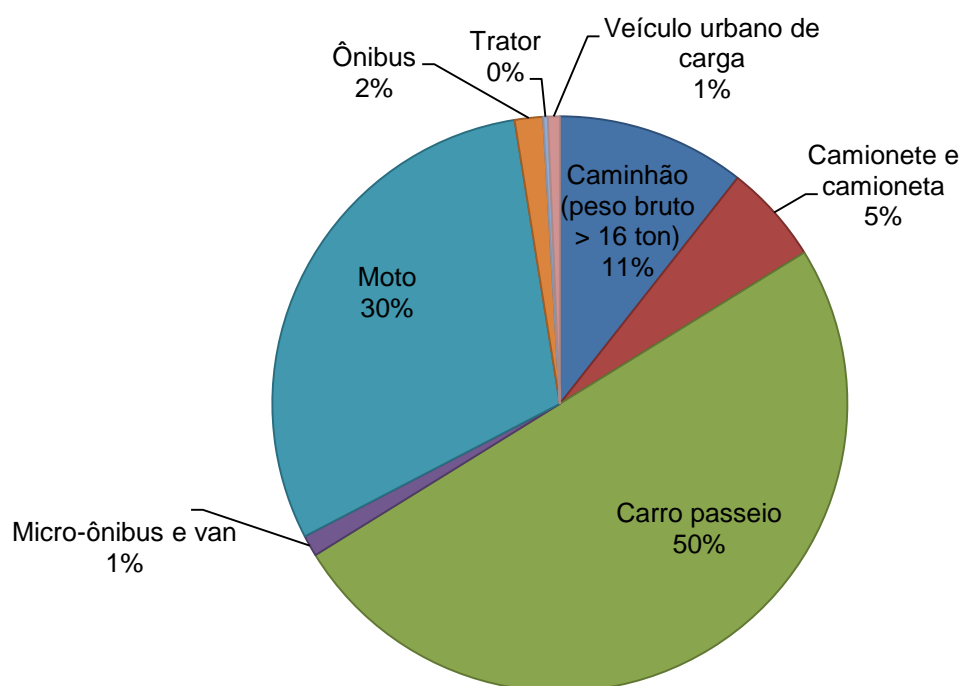
<b>Fluxo viário no Sítio Histórico de Santa Leopoldina (16h:30 e 18h:30min - 24/03/16)</b>	
<b>Tipo de veículo</b>	<b>Quantidade</b>
<b>Total</b>	<b>754</b>
Caminhão rodotrem	01
Caminhão cavalo mecânico - carreta de dois eixos	00
Caminhão cavalo mecânico - carreta de três eixos	01
Caminhão cavalo mecânico trucado - carreta de três eixos	01
Caminhão cavalo mecânico trucado - sem carretas	02
Caminhão pesado – Truck	15
Caminhão semi-pesado – Toco	60
Camionete e camioneta	42
Carro passeio	377
Micro-ônibus e van	09
Moto	227
Ônibus	12
Trator	02
Veículo urbano de carga (VUC)	05

A classificação por tipo de veículo é feita utilizando como princípio o peso médio entre os veículos. O tipo de veículo com maior fluxo é o carro de passeio, tendo-se verificado 377 veículos. Em segundo, moto, com 227 unidades. Em terceiro, caminhão semipesado ou caminhão toco, que tem eixo simples na carroceria, capacidade de até 06 toneladas, peso bruto de até 16 toneladas e comprimento máximo de 14 metros, para esse tipo de veículo são registradas 60 unidades cada, sendo 20 com carroceria fechada e 40 com carroceria aberta. Em quarto, camionete e camioneta, com 42 unidades. Em quinto, caminhão pesado ou caminhão truck, com 15 unidades, que tem eixo duplo na carroceria, capacidade de 10 a 14 toneladas, peso bruto de até 23 toneladas e comprimento máximo de 14 metros. Em sexto, são registrados 12 ônibus, sendo 01 ônibus semi leito de dois andares. Em sétimo, micro-ônibus e van, que possuem peso total inferior a 05 toneladas, com 09 unidades. Em oitavo, veículo urbano de carga, também conhecido como VUC, com 05 unidades, classificado como caminhão de pequeno porte, com largura máxima de 2,2 metros, comprimento máximo de 6,3 metros e capacidade de 03 toneladas. Em nono, caminhão cavalo mecânico trucado, com eixo duplo na frente, com 03

unidades, sendo 02 unidades sem carreta engatada e 01 unidade com carreta de três eixos engatada, com peso máximo de 41,5 toneladas e comprimento máximo de 18,15 metros. Em décimo, o trator, com duas unidades. Também é registrado 01 caminhão cavalo mecânico, ou caminhão extrapesado, que possui rodas de tração com eixos simples, com carreta de três eixos engatada, com peso bruto de até 41,5 toneladas e comprimento máximo de 18,15 metros. E um caminhão rodotrem, de nove eixos, composto por um cavalo mecânico trucado com duas articulações, ou seja, duas carretas engatadas, com peso bruto de 74 toneladas<sup>13</sup>.

Do volume total de fluxo viário registrado no dia 24 de março de 2016, de 16h:30 às 18h:30min (Figura 47), carro de passeio corresponde a 50% do volume total; moto 30%; em terceiro lugar, diferentes modelos de caminhões que possuem peso bruto igual ou superior a 16 toneladas, o que corresponde a 11%; em seguida, as camionetes e camionetas com 5%, ônibus 2%, Veículo urbano de carga, vans e micro-ônibus aparecem com 1% cada, e trator com 0%, onde são registradas 02 unidades.

Figura 47 – Gráfico do fluxo viário no Sítio Histórico de Santa Leopoldina registrado no dia 24 de março de 2016, de 16h:30 às 18h:30min



<sup>13</sup> Fonte: Tipos de caminhões (tamanhos e capacidades). Disponível em: <<http://www.logisticadescomplicada.com/tipos-de-caminhoes-tamanhos-e-capacidades/>> . Acesso em: 10 março 2016.

A porcentagem de 11% de caminhões classificados como veículo pesado, com total de 80 unidades, é considerada como volume significativo no número total de veículos registrados, e essa porcentagem aumenta para 15% se são desconsideradas as motos do volume total. Apesar do número de veículo de passeio corresponder a 50% do volume total, é importante ressaltar a afirmação de Henwood (2002) que identifica que esse tipo de veículo raramente causa danos estruturais, sendo mais significativas as vibrações geradas por veículos pesados.

Para comparar, um caminhão de grande porte, como por exemplo, um caminhão truck, de capacidade de 10 a 14 toneladas, o terceiro tipo de veículo mais registrado, ficando atrás apenas de carros de passeio e moto, equivale a aproximadamente cinco unidades de veículo urbano de carga.

A associação do aumento do peso do quantitativo de veículos transitando pela cidade, promove a intensificação de danos resultantes do tráfego viário, confirmando o paradoxo, entre dinamismo sócio econômico de áreas urbanas e demandas da preservação do patrimônio edificado (RESENDE, 2011).

O Departamento Nacional de Trânsito - Denatran disponibiliza relatórios mensais da frota por município, identificando a quantidade por tipo de veículo. Comparando os meses de outubro de 2015, com total de 6.256 veículos, e outubro de 2016, com total de 6.518 veículos (Tabela 14), a cidade de Santa Leopoldina apresenta um crescimento de aproximadamente 4,19% na frota total. A cidade possui 12.887 habitantes, segundo a estimativa populacional realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017) em 2016, o que corresponde à aproximadamente 02 veículos por habitante. Valor aproximado à média de veículo por habitante a nível nacional, com frota de pouco mais de 93 milhões de veículos, segundo dados do Denatran do mês de outubro de 2016 (DEPARTAMENTO..., 2017).

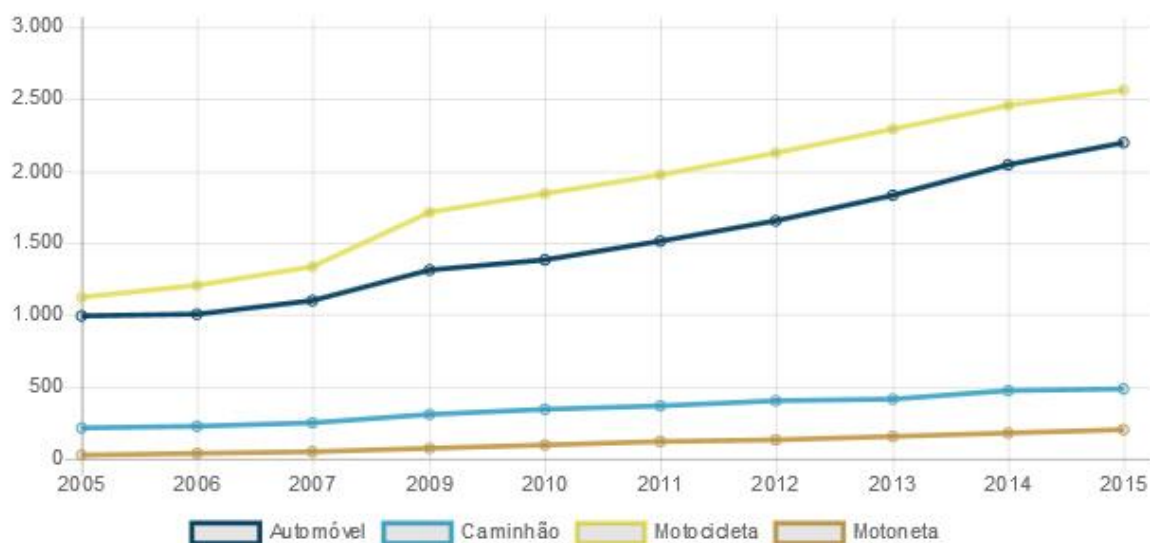
Tabela 14 - Frota de veículos do mês de outubro de 2015 e outubro de 2016 da cidade de Santa Leopoldina - ES

Tipo de veículo	Quantidade por ano	
	10/2015	10/2016
<b>Total</b>	<b>6256</b>	<b>6518</b>
Automóvel	2175	2281
Caminhão	485	495
Caminhão trator	14	14
Caminhonete	576	607
Camioneta	122	122
Ciclomotor	5	5
Micro-ônibus	44	47
Motocicleta	2542	2635
Motoneta	193	202
Ônibus	35	35
Reboque	31	35
Semirreboque	16	16
Trator- rodas	6	6
Triciclo	1	1
Utilitário	10	17

Fonte: Departamento Nacional de Trânsito, 2017

A Figura 48 classifica a frota de Santa Leopoldina em quatro categorias: automóvel, caminhão, motocicleta e motoneta, e identifica o crescimento de cada categoria desde o ano de 2005 até 2015.

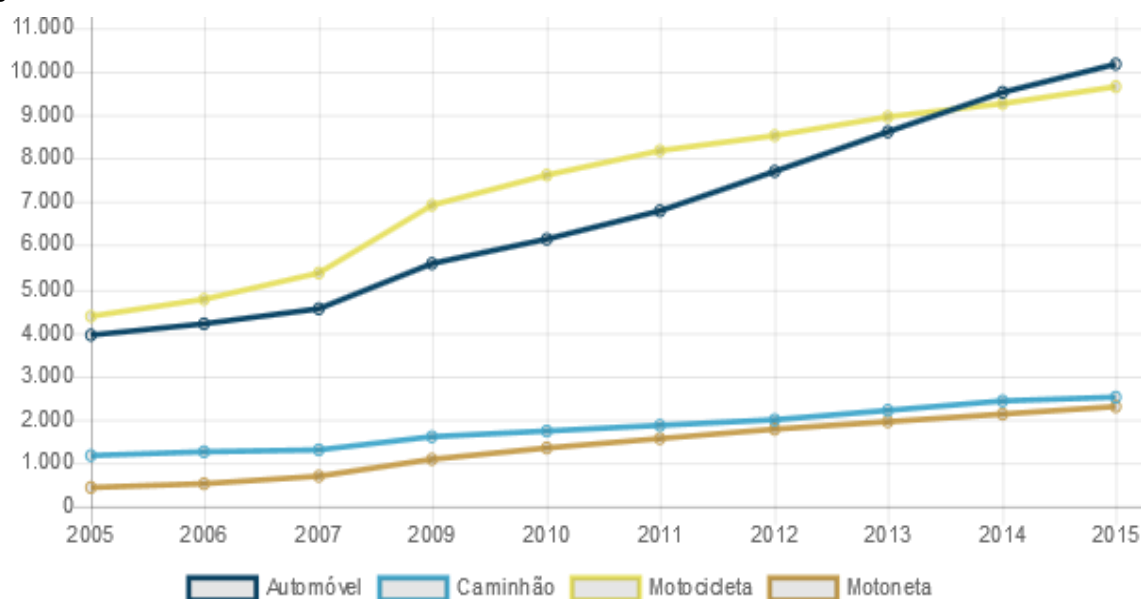
Figura 48 - Frota de veículos de Santa Leopoldina entre os anos de 2005 a 2015



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017)

Ressalta-se que, no Sítio Histórico de Santa Leopoldina, o tráfego viário flutuante é maior do que o do município, por ser composto por veículos de cidades vizinhas e se caracterizar como importante rota intermunicipal; e que, o aumento significativo da frota também é observado nas cidades vizinhas. Por exemplo, na cidade de Santa Maria de Jetibá, há um aumento de 28.715 veículos em outubro de 2015, para 30.325 em outubro de 2016, com acréscimo de 5,61% na frota total. A Figura 49 ilustra o crescimento da frota de veículos entre os anos de 2005 até 2015 (DEPARTAMENTO..., 2017).

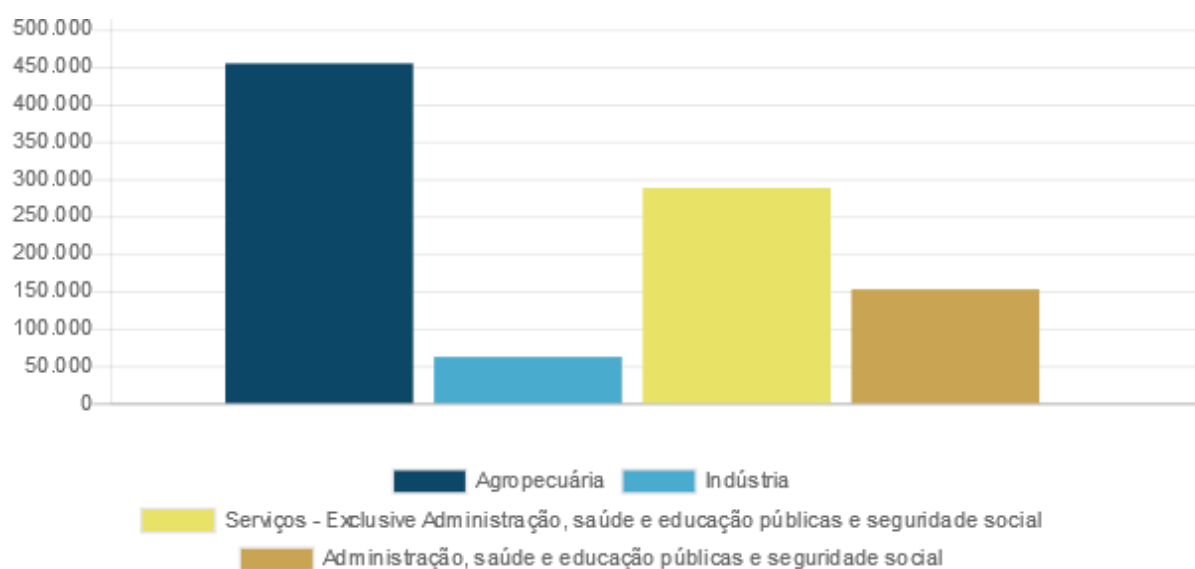
Figura 49 - Frota de veículos de Santa Maria de Jetibá entre os anos de 2005 a 2015



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017)

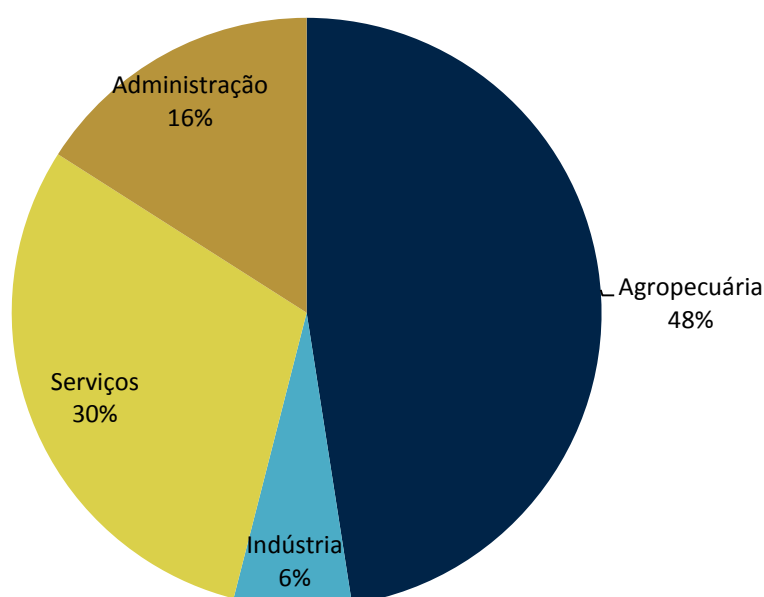
Município este que tem a agropecuária como principal atividade econômica (Figura 50), que em 2014 representa 48% (Figura 51) (INSTITUTO BRASILEIRO..., 2017), e é o maior abastecedor de produtos para a Central de Abastecimento do Espírito Santo – CEASA/ES, que durante o período de janeiro de 2016 a junho de 2016 fornece 30.650.374 Kg de produtos entre verduras, legumes, frutas, ovos e peixes, totalizando o valor de R\$ 67.554.709,07 (CENTRAL DE ABASTECIMENTO..., 2016).

Figura 50 - Composição do Valor Adicionado Bruto (1000 R\$) de Santa Maria de Jetibá, 2014



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017)

Figura 51 - Porcentagem da Composição do Valor Adicionado Bruto de Santa Maria de Jetibá, 2014

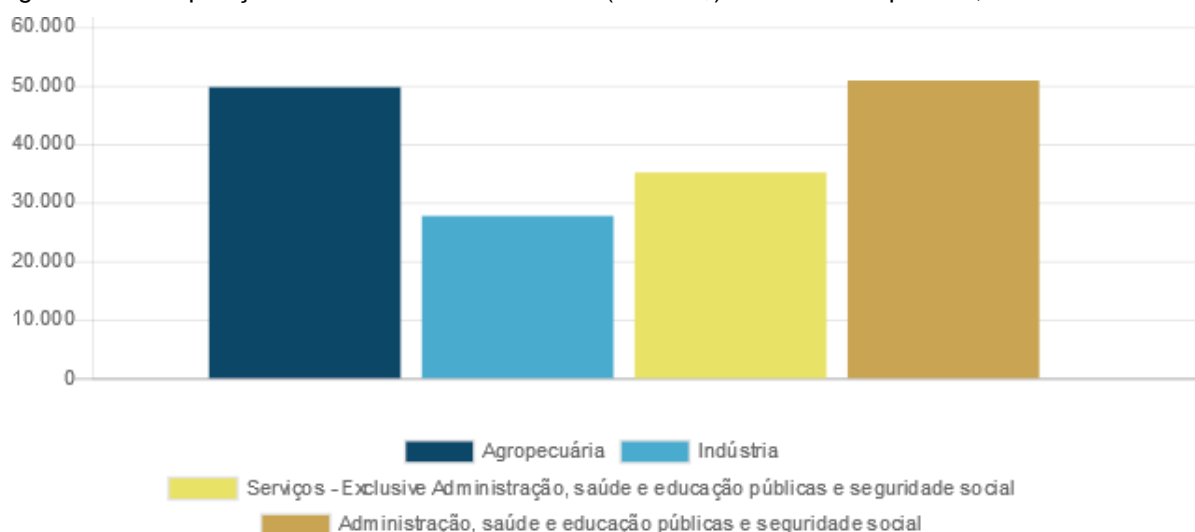


Fonte: Adaptado de Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017)



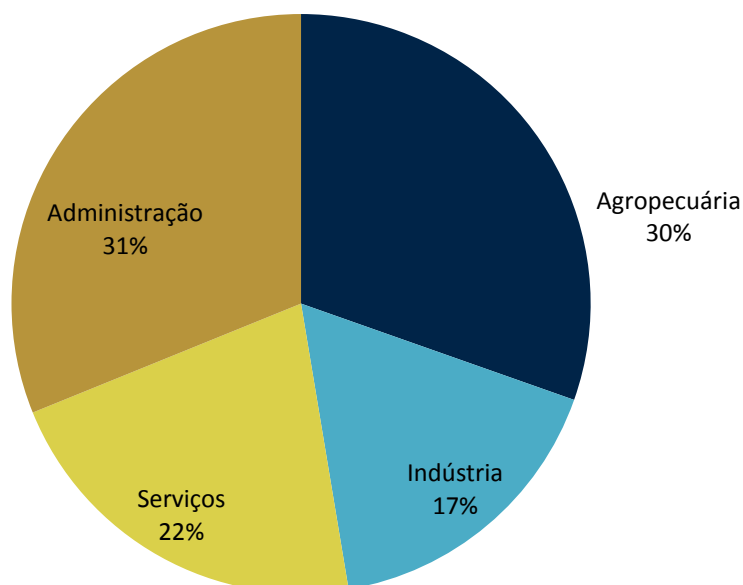
Enquanto em Santa Leopoldina a atividade Agropecuária fica em segundo lugar (Figura 52) com 30% (Figura 53), pouco menos que a Administração, saúde e educação públicas e seguridade social com 31%, mas ainda de valores expressivos para a economia do município (INSTITUTO BRASILEIRO..., 2017). É o terceiro maior fornecedor de produtos para a Central de Abastecimento do Espírito Santo – CEASA/ES, ficando atrás de Santa Maria de Jetibá e Domingos Martins, fornece durante o período de janeiro de 2016 a junho de 2016, 11.712.756 Kg de produtos entre verduras, legumes, frutas e ovos, totalizando o valor de R\$ 20.295.046,56 (CENTRAL DE ABASTECIMENTO..., 2016).

Figura 52 - Composição do Valor Adicionado Bruto (1000 R\$) de Santa Leopoldina, 2014



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017)

Figura 53 - Porcentagem da Composição do Valor Adicionado Bruto de Santa Maria de Jetibá, 2014



Fonte: Adaptado de Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017)

Santa Maria de Jetibá e Santa Leopoldina estão situadas aproximadamente a 34,5 km e 77 km, respectivamente, de distância da CEASA, localizada em Cariacica, município da Região Metropolitana de Vitória, e a rota utilizada no escoamento da produção agrícola, dessas e outras cidades vizinhas, passa pela Rodovia ES-080 Rodovia José Sette, que na cidade de Santa Leopoldina recebe o nome de Avenida Prefeito Hélio Rocha e Avenida Presidente Vargas, onde se encontra o sítio histórico, com a maior parte dos edifícios tombados da cidade e a área de estudo.

Anteriormente definida para tráfego de pessoas e animais, “o traçado tem um caráter de permanência, não totalmente modificável, que lhe permite resistir às transformações urbanas” (LAMAS, 2004, p.100), o traçado da avenida permanece frente às modificações do tempo, e segue percurso paralelo ao rio Santa Maria, ocupando a área plana de vale entre montanhas; é delimitado por calçadas estreitas; e a maior parte dos edifícios não possuem afastamento frontal.

O traçado estabelece a relação mais direta de assentamento entre a cidade e o território. Na análise de M. Poète, a rua ou o traçado relaciona-se diretamente com a formação e crescimento da cidade de modo hierarquizado, em função da importância funcional da deslocação, do percurso e da mobilidade de bens, pessoas e ideias. É o traçado que define o plano – intervindo na organização da forma urbana a diferentes dimensões. É também de importância vital na orientação em uma qualquer cidade. (LAMAS, 2004, p.100)

Diversos edifícios históricos situados na Avenida Prefeito Hélio Rocha e Avenida Presidente Vargas são readequados para abrigar novo uso - como loja, lanchonete, supermercado, banco, entre outras utilizações – caracterizando a área como o centro comercial da cidade, e principal polo de atração de intenso tráfego de pedestres, ciclistas e automóveis, além dos que usam a avenida como rota de passagem para outros destinos (Figura 54). Essa circulação intensa se contrapõe a largura da via, de aproximadamente 7,0 metros, e trechos com largura inferior a 5,5 metros, com duplo sentido de circulação, e estacionamento em um dos lados da pista, “[gerando] situações de congestionamentos e insegurança para os usuários da via e para as construções históricas localizadas em suas margens” (ESPÍRITO SANTO, 2008, p. 38).

Figura 54 - Tráfego viário no Sítio Histórico de Santa Leopoldina



Fonte: Acervo da autora (22 março 2016)

O Conselho Estadual de Cultura, através da Análise da Proteção do Ambiente Cultural, salienta a necessidade de construção de contorno para desviar o tráfego do Sítio Histórico, para atenuar o congestionamento e demais problemas decorrentes do alto tráfego, e propõe, como alternativa a “construção de uma ponte na altura do imóvel da Prefeitura Municipal que interligaria a Rua Prefeito Hélio Rocha à Rua José Machado Alvarenga, nas proximidades de um campo de futebol” (Figura 55), de forma a reordenar o trânsito, convertendo as pontes e a Avenida Presidente Vargas em sentido único de fluxo, realizando um anel viário em torno do centro (ESPÍRITO SANTO, 2008, p. 39).

Ou ainda, juntamente com essa proposta, a construção de outra ponte na saída para Santa Maria de Jetibá (Figura 56), assim “o fluxo de caminhões deveria ser restringido a circular apenas a esquerda do rio Santa Maria reservando a Avenida Presidente Vargas para o trânsito de veículos leves” e solucionando o problema do tráfego de veículos pesados no Sítio Histórico (ESPÍRITO SANTO, 2008, p. 40).

Figura 55 - Proposta de alteração do fluxo de caminhões na Sede de Santa Leopoldina, com a construção de nova ponte nas proximidades da Prefeitura Municipal



Fonte: Espírito Santo (2008)

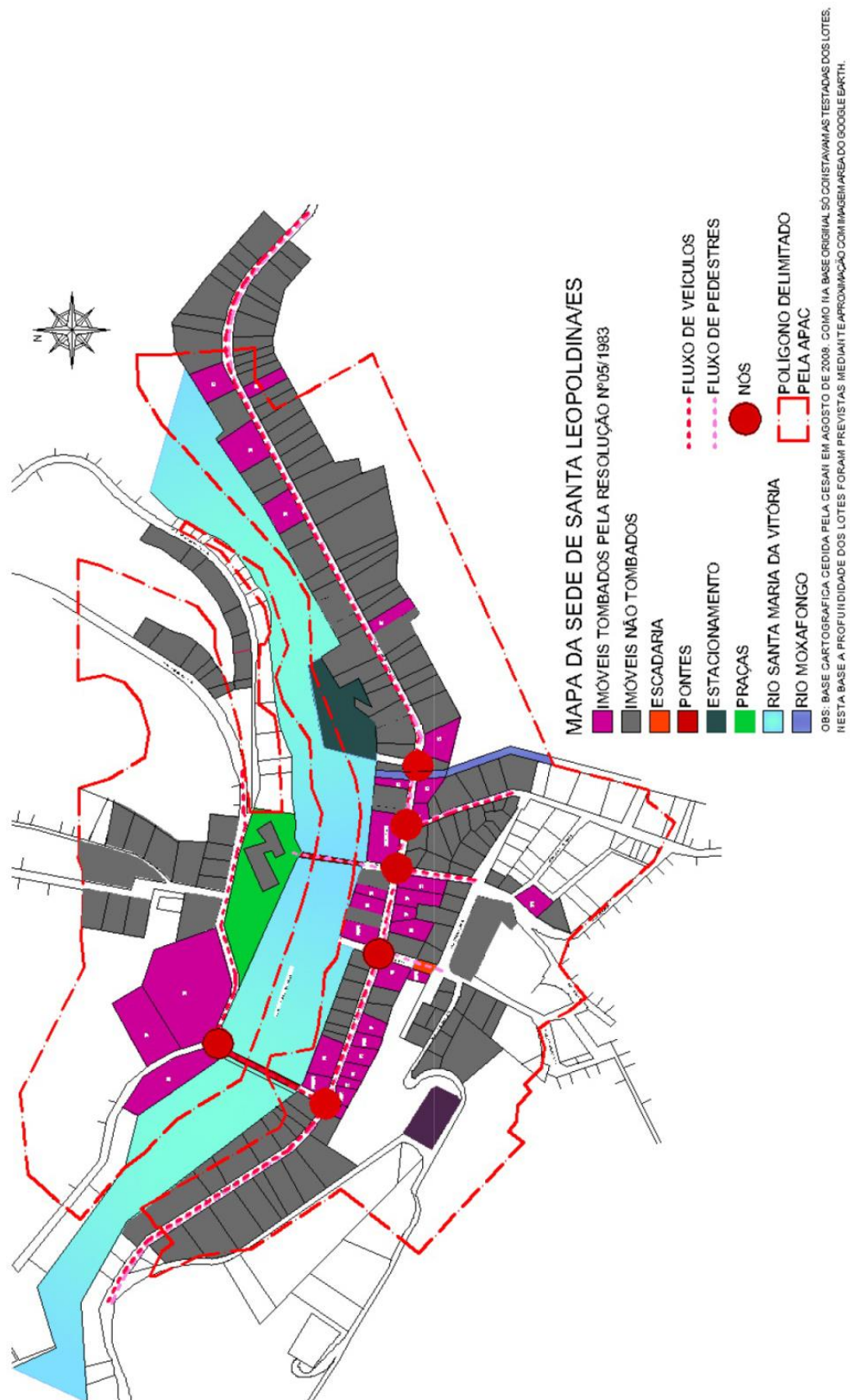
Figura 56 - Proposta de alteração do fluxo de caminhões na Sede de Santa Leopoldina, com a construção de duas novas pontes



Fonte: Espírito Santo (2008)

A Figura 57 apresenta a Área de Proteção Ambiental Cultural - APAC, a localização dos imóveis tombados, identifica as vias de maior fluxo e os cruzamentos, denominado por nós, com encontro de fluxos e localizados na área de maior intensidade comercial (MORELATO, 2013).

Figura 57 - Mapa do centro de Santa Leopoldina, com localização dos imóveis tombados, estacionamentos e fluxos



Fonte: Adaptado de Morelato (2013)



As figuras 58 e 59 expõem a situação do tráfego na avenida que, devido à sua largura estreita, por vezes, é possível observar de caminhões pesados avançando sobre a calçada para dar espaço para outro caminhão, que segue em sentido contrário, passar. Além da largura, a proximidade das construções em relação à via, faz com que estejam sempre próximas às fontes de vibração.

Figura 58 – Caminhão pesado avançando sobre a calçada no Sítio Histórico



Fonte: Acervo da autora (21 de novembro 2016)

Figura 59 – Caminhão pesado avançando sobre a calçada no Sítio Histórico



Fonte: Acervo da autora (21 de novembro 2016)

É necessário observar outras características da via, que contribuem ou potencializam a propagação das ondas de vibração, anteriormente apresentados por Henwood (2002) e Brito (2014) como, por exemplo, a condição da estrada, a existência de irregularidade, buracos e rachaduras na via, o tipo e a regularidade da pavimentação da estrada.

A via do Sítio Histórico recebe calçamento de blocos de concreto intertravado (Figura 60) até o ano de 2002 quando, devido às obras na rede de água e esgoto, é retirado. Devido a isso, a Prefeitura Municipal solicita ao Conselho Estadual de Cultura a sugestão de alteração da pavimentação por asfalto, devido ao seu baixo custo e à baixa vibração ocasionada por veículos, quando comparados à recolocação dos paralelepípedos (ESPÍRITO SANTO, 2008).

Segundo este ofício, as obras de implantação da rede coletora e a construção de estações elevatórias e de tratamento de esgoto exigiram a remoção do calçamento de paralelepípedos e blocos pré-moldados de concreto de ruas e avenidas do centro histórico de Santa Leopoldina, sendo sua recolocação onerosa e passível de deformações causadas por compactação não uniforme. O laudo técnico que acompanha o ofício indica o asfalto como solução mais adequada e econômica para a pavimentação das ruas e avenidas, devido à baixa trepidação causada pelo tráfego intenso de veículos pesados (se comparada aos paralelepípedos). (ESPÍRITO SANTO, 2008, p. 23)

Figura 60 – Antigo pavimento de paralelepípedo no Sítio Histórico



Fonte: Espírito Santo (2008)

A Câmara de Patrimônio Histórico e Cultural do Conselho Estadual de Cultura autoriza a pavimentação asfáltica, com ressalva de ser essa solução de curto prazo, ser regulamentada a velocidade máxima de 30 km/h, e ser elaborado projeto de anel



viário para retirar o tráfego do Sítio Histórico, que, ao fim da vida útil do asfalto, o mesmo ser removido e ser reassentado a pavimentação de os paralelepípedo original (ESPÍRITO SANTO, 2008).

Quanto ao anel viário, em 09 de setembro de 2003, a Secretaria de Estado da Cultura, solicita a elaboração do projeto ao Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Espírito Santo. Em resposta, a DERTES informa que “esta alternativa já havia sido objeto de estudo anterior e abandonada devido à falta de recursos, por apresentar “elevadíssimo custo” devido à necessidade de construção de pontes, viadutos e a alta incidência de desmonte de rochas” (ESPÍRITO SANTO, 2008, p. 24).

Ainda hoje a pavimentação utilizada no Sítio Histórico é asfáltica, o que, segundo Brito (2014), confirma a informação da Prefeitura, ao atenuar a vibração, e ser menos suscetível à geração de energia vibratória do que os pavimentos irregulares, como os de paralelepípedo. Alguns pontos da via possuem “remendos” com alteração de pavimentação, como mostram a Figura 61, e em outros locais, é possível observar pequenas fissuras no asfalto (Figura 62).

Figura 61 - Alteração de parte da pavimentação da via: (a) lateral da via, (b) centro da via



(a)



(b)

Fonte: Acervo da autora (18 de novembro 2016)

Figura 62 – (a) Alteração de parte da pavimentação da via, (b) pequenas fissuras no asfalto



(a)



(b)

Fonte: Acervo da autora (18 de novembro 2016)

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICO-CONSTRUTIVA

A importância do estudo das vibrações em edifícios históricos ressalta que, além do valor histórico e artístico dos monumentos, é necessário compreender que os materiais e técnicas construtivas utilizadas no passado, por vezes, não são capazes de suportar imposições induzidas pelas fontes modernas, como os automóveis.

Os materiais de construção mais utilizados são os encontrados na região, sendo a utilização de materiais mais sofisticados, como o vidro, proporcionada pela industrialização do século XIX. O emprego de materiais cerâmicos, como a telha e o tijolo, é registrado desde tempos remotos, com registros de utilização do tijolo cozido na Babilônia, em obras de archedutos, cais e arquiteturas monumentais; em construções assírias; e na Roma antiga, a partir do Império de Augusto, obtendo um padrão construtivo de qualidade e uniformidade para as construções ao longo do território do Império (RIBEIRO, 2009).

As técnicas construtivas utilizadas pelos portugueses, na época da colonização, são predominantes por construção de terra, e depois por pedra e cal. O uso dos tijolos é escasso no período colonial, pela carência da mão de obra de oleiro, e pelo elevado custo devido à baixa produtividade e a utilização da pedra de mão em locais de obtenção do material. Somente na segunda metade do século XIX, quando as olarias adotam a produção mecanizada, com desenvolvimento da fabricação e queima, e padronização das medidas, aumenta a qualidade e quantidade e diminui o custo do material, e a alvenaria de tijolo cerâmico se destaca (RIBEIRO, 2009).

As alvenarias são estruturais e os tijolos utilizados nessa época são maciços e, entre o final do século XIX e início do XX, o tijolo se destaca como principal elemento do sistema construtivo utilizado no Brasil, frequentemente utilizado no segundo pavimento de estruturas com térreo de pedra e cal (FLORENZANO, 2016).

Ribeiro (2009) aponta que a espessura das paredes de alvenaria de tijolo cerâmico não é constante, variando de acordo com a função e a carga que recebe, ou seja, as paredes com função estrutural são mais espessas que as paredes com função de dividir ambientes. A espessura das paredes diminui nos andares superiores, criando um apoio para o piso que divide os pavimentos. Afirma ainda ser comum parede com uso misto de pedra e tijolo, adotando a pedra nos pontos que necessitam de maior resistência.

Ribeiro (2009) descreve algumas regras específicas de como funciona as paredes de alvenaria de tijolo cerâmico (Figura 63):

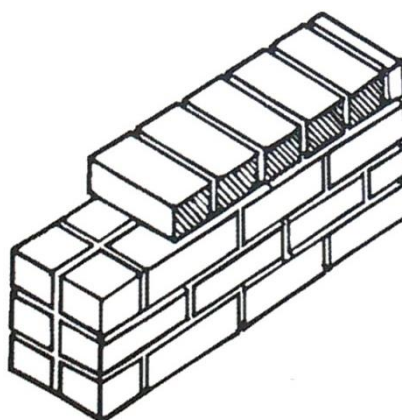
As juntas horizontais devem formar um plano no nível do horizonte e isto se consegue com fios de prumo.

As juntas verticais devem ser sempre interrompidas na fiada superior.

Os tijolos devem sempre ser usados inteiros reservando-se as peças partidas para as extremidades da fiada.

Se a parede for composta de duas prumadas de tijolos posicionados ao longe pela (parede de vez inteira), a um determinado número de fiadas horizontais deve ser introduzida uma fiada de perpianhos<sup>14</sup> para fazer a costura (RIBEIRO, 2009, p.59).

Figura 63 - Fiada de perpianhos colocada numa alvenaria de tijolos de uma vez

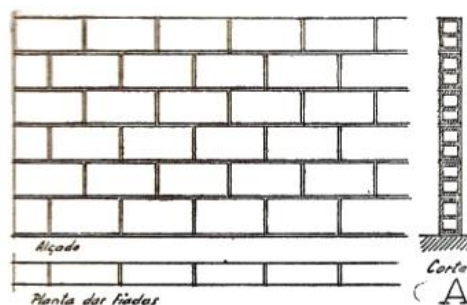


Fonte: Ribeiro (2009)

Utilizado de forma estrutural, combinado com estrutura de pedra ou concreto armado, os tijolos são amplamente utilizados nas alvenarias. Costa (1955) descreve os tipos de assentamento dos tijolos cerâmicos para elevação de alvenaria:

Parede de tijolo a cutelo (Figura 64): paredes delgadas, com tijolos posicionados horizontalmente pela sua menor dimensão, em fiadas niveladas e desencontradas (COSTA, 1955).

Figura 64 – Parede de tijolo a cutelo

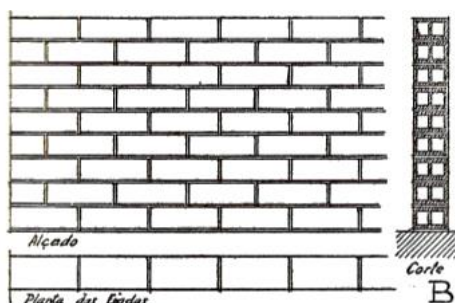


Fonte: Costa (1955)

<sup>14</sup> Perpianho: "Na alvenaria, tijolo assentado de modo que seu comprimento forme a espessura da parede". Fonte: Arkitek Turbo. Disponível em: <<http://www.arkitekturbo.arq.br>>. Acesso em 02 de fevereiro de 2017

Parede de  $\frac{1}{2}$  vez de tijolo (Figura 65): os tijolos são assentados no sentido do comprimento dos tijolos, pela face mais larga, em fiadas niveladas e desencontradas (COSTA, 1955).

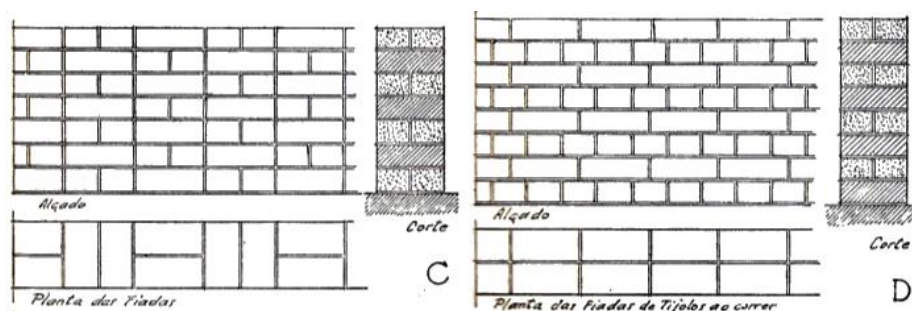
Figura 65 – Parede de tijolo a  $\frac{1}{2}$  vez



Fonte: Costa (1955)

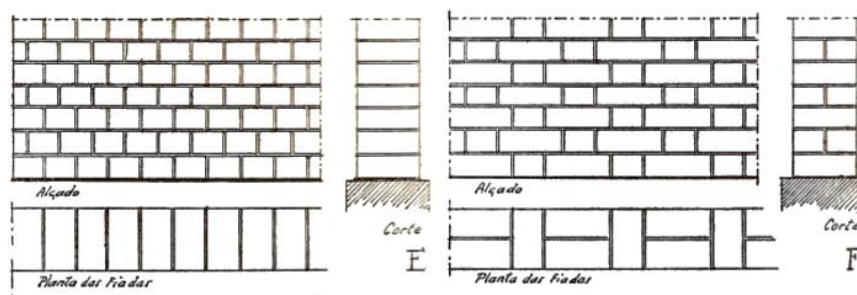
Parede de 1 vez de tijolo (Figuras 66, 67 e 68): assentamento por fiadas, com um posicionado de comprido e dois atravessados, alternando no comprimento e altura (COSTA, 1955). É possível vários tipos de assentamento, o indicado na figura 78 E é o menos indicado, por não ter amarração perfeita.

Figura 66 – Parede de tijolo a 1 vez – aparelho de sistema inglês



Fonte: Costa (1955)

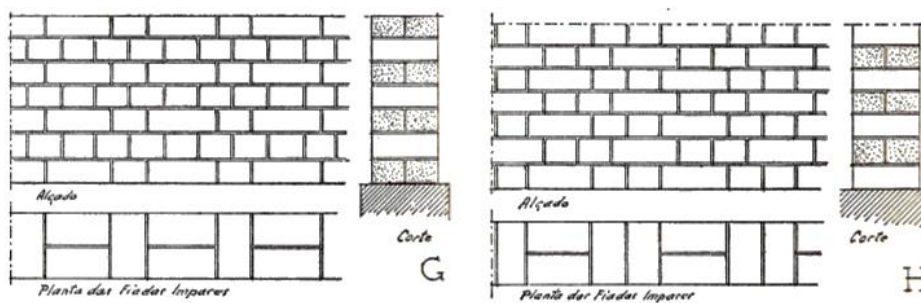
Figura 67 – Parede de tijolo a 1 vez – E: Aparelho de tipo Perpianho, F: aparelho de sistema flamengo



Fonte: Costa (1955)



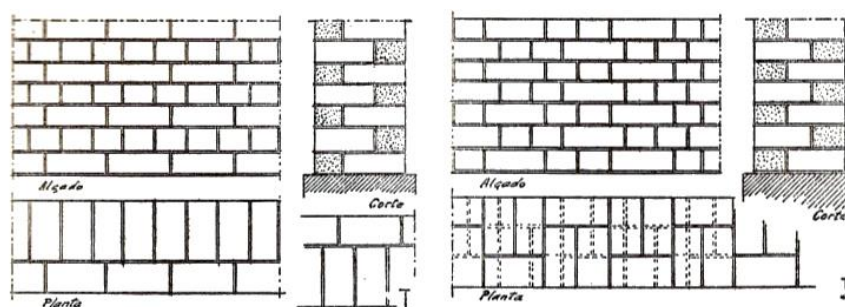
Figura 68 – Parede de tijolo a 1 vez – G: aparelho de sistema holandês, H: Aparelho de sistema francês



Fonte: Costa (1955)

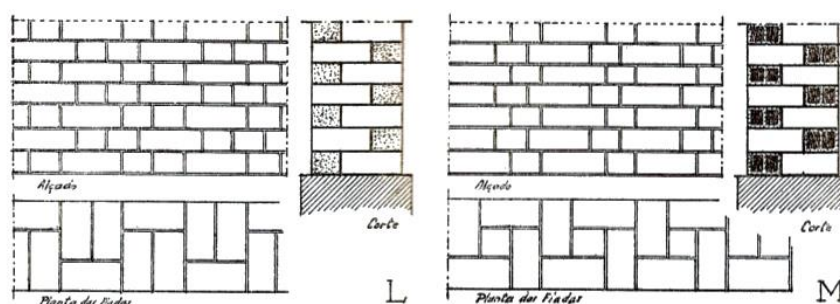
Parede de 1 e  $\frac{1}{2}$  vezes de tijolo (Figuras 69 e 70): composta por um tijolo atravessado e um de comprido, assentamento por fiadas horizontais desencontadas na largura e no comprimento, resultando em uma parede mais grossa. (COSTA, 1955).

Figura 69 – Parede de tijolo a 1  $\frac{1}{2}$  vez – I: aparelho de sistema holandês, J: Aparelho de sistema inglês



Fonte: Costa (1955)

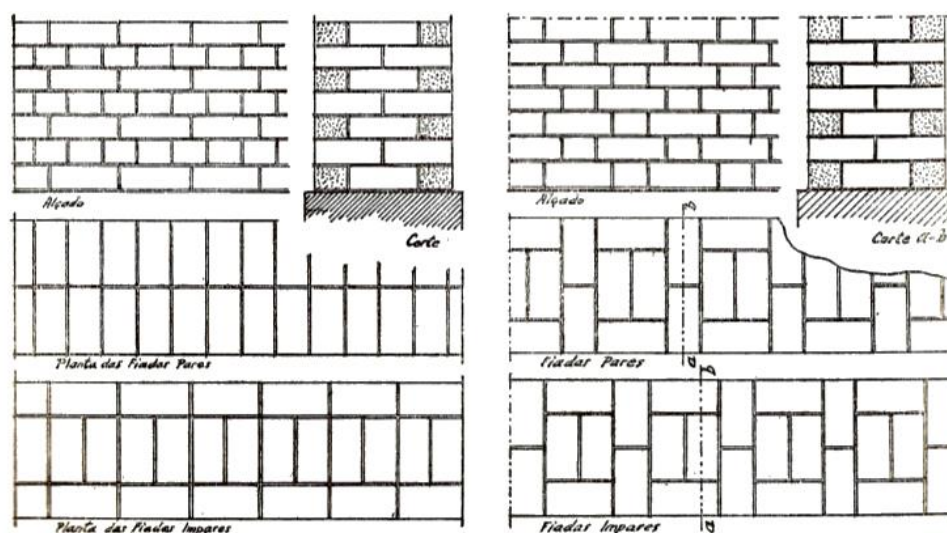
Figura 70 – Parede de tijolo a 1  $\frac{1}{2}$  vez – L: aparelho de sistema inglês, M: Aparelho de sistema flamengo



Fonte: Costa (1955)

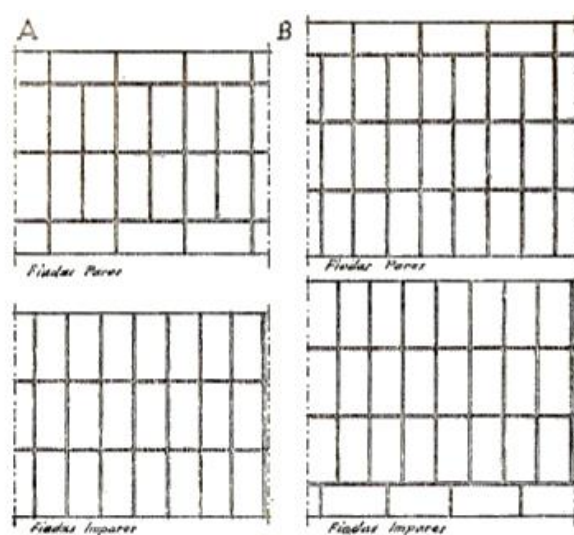
Parede de 2 vezes de tijolo (Figuras 71, 72 e 73): Espessura correspondente a espessura de dois tijolos atravessados, também encontrado com dois e meio tijolo, três ou mais (COSTA, 1955).

Figura 71 – Parede de tijolo a 2 vezes – aparelho de sistema inglês, aparelho de sistema flamengo



Fonte: Costa (1955)

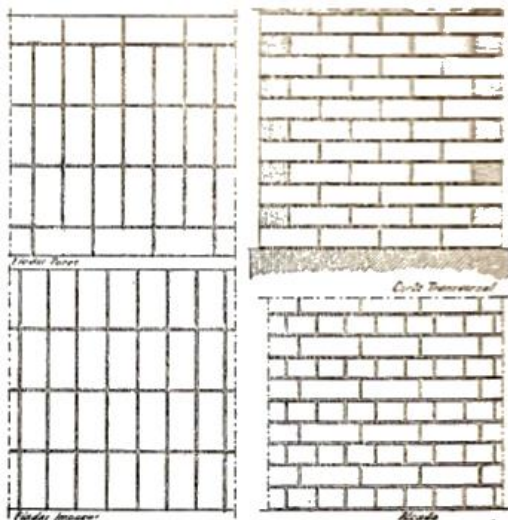
Figura 72 – Parede de tijolo – A: Paredes de 3 vezes aparelho de sistema inglês, B: Paredes de 3 ½ vezes aparelho de sistema inglês



Fonte: COSTA (1955)



Figura 73 – Parede de tijolo a 4 vezes – Aparelho de sistema inglês



Fonte: COSTA (1955)

As argamassas têm função de “ligar pedras e tijolos entre si formando as alvenarias e favorecendo a distribuição de esforços, assim como colar revestimentos cerâmicos e pétreos em paredes e pisos”, além de possuir característica de isolamento térmica e acústica. É formada pela mistura de aglomerante com água, ou aglomerante, água e agregado (RIBEIRO, 2009, p.63). O aglomerante é responsável pela união e endurecimento da argamassa, como a argila, gesso, cal, e cimento Portland. A água é o que torna a argamassa pastosa a fim de ser aplicada e é responsável pelo processo de endurecimento de alguns aglomerantes. O agregado tem função de baratear a mistura e aumentar a resistência, como a areia (RIBEIRO, 2009).

A argamassa histórica de cal é a mais utilizada até o início do século XX, por seu baixo custo e resistência às intempéries. As argamassas de argila também têm baixo custo, porém não são tão resistentes, e a de gesso tem custo mais elevado (RIBEIRO, 2009).

Teutonico (1988) identifica teste simples para determinar o aglomerante, agregado e finos, que são os três principais componentes da argamassa histórica, e deve ser realizada em conjunto com outras análises, como mineralógica.

As fundações são executadas com base no empirismo, “no método da tentativa e erro”. O princípio geral é distribuir e reduzir a carga da área da parede estrutural em uma seção maior como base da fundação, ou escavar o terreno menos resistente até encontrar solo resistente. À época, são executadas com cuidado e superdimensionadas, e mesmo assim, muitas vezes ocorrem pequenos recalques

diferenciais, e seus primeiros indícios aparecem nas alvenarias, em forma de fissuras. O uso de fundações escalonadas, com uso de concreto ou perfil metálico começa a ser utilizado no final do século XIX e início de do XX (RIBEIRO, 2009).

O presente trabalho não tem a intenção de realizar análise dos materiais construtivos encontrados nos edifícios selecionados. Para isso, toma como base a avaliação realizada por Florenzano (2016), que analisa a característica física e mineralógica dos tijolos e da argamassa de revestimento e as manifestações patológicas de três edifícios situados no sítio histórico de Santa Leopoldina, sendo eles os imóveis 03, 24 e 29. Apesar dos ensaios terem sido realizados em edifícios distintos ao da presente pesquisa, há hipótese de produção local dos tijolos cerâmicos utilizados nos edifícios do Sítio Histórico de Santa Leopoldina. Grosselli (2008) inclusive, indica a existência de quatro fábricas de tijolos na cidade no ano de 1880.

Florenzano (2016) coleta amostras de tijolos aparentes para os ensaios de: “absorção total em água, massa unitária, resistência mecânica e difração de raios-x”; amostras de tijolo e argamassa: “ensaio de identificação de sais solúveis e teor de umidade”; e amostras de argamassa: “ensaio de determinação provável do traço de argamassa e análise granulométrica do agregado” (FLORENZANO, 2016, p. 93).

Destaca-se, entre os ensaios, o de resistência mecânica em tijolos cerâmicos, por serem utilizados como elemento estrutural, pois esse tem por objetivo obter a resistência à compressão do mesmo. Florenzano (2016) realiza o ensaio para três edificações, seguindo as recomendações da Norma 6460:1983, com adaptações por se tratar de edifício histórico onde o material pode estar fragilizado (FLORENZANO, 2016).

Os resultados obtidos apresentam variação dos níveis de carga e tensão de ruptura. O imóvel 03, suporta carga de ruptura de 7.750 Kgf e tensão de ruptura de 5,23 Mpa. O Imóvel 24 suporta carga de ruptura de 16.000 Kgf e tensão de ruptura de 7,28 Mpa. O Imóvel 29 suporta carga de ruptura de 820 Kgf e tensão de ruptura de 1,48 Mpa. Sendo assim, os imóveis 03 e 24 apresentam boa resistência a compressão e “atendem de forma satisfatória aos esforços exercidos pela estrutura”. Já o imóvel 29 apresenta baixa resistência, porém não é possível considerar os seus resultados definitivos pelo uso de parte do tijolo para ensaio, que se rompe durante a coleta de material (FLORENZANO, 2016).

Para determinação do traço da argamassa das alvenarias dos edifícios históricos de Santa Leopoldina, Florenzano (2016) adota, com adaptações, a metodologia proposta por Teutonico (1988). As amostras são coletadas no interior dos edifícios, apresentando efervescência e indício de Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). O resultado da determinação do traço é a identificação de argamassa com mais de um aglomerante (cal e argila), classificadas como “fraca”, devido à grande quantidade de areia na composição.

Como apresentado por Grosselli (2008), as análises de Florenzano (2016) também apontam para a produção local dos tijolos cerâmicos em pequenas olarias, fabricados de forma artesanal, não mecanizado, por apresentarem diferenças significativas entre os tijolos nos resultados das análises, e possuírem dimensões que variam entre “22 a 25 cm de comprimento, 13 a 15 cm de largura e 5 a 7 cm de espessura, revelando um padrão não muito preciso que pode ser reflexo de moldes artesanais” (FLORENZANO, 2016, p. 138).

Não é possível identificar o modo de assentamento dos tijolos nas edificações selecionadas, pois as mesmas apresentam todas as paredes emassadas e pintadas, assim, realiza-se análise das alvenarias dos imóveis 29 e 03, tratados por Florenzano (2016), que apresentam trechos do sistema construtivo exposto, permitindo identificar o tipo de posicionamento dos tijolos cerâmicos. Nessas é possível observar a variedade de assentamento em cada edifício, o que indica a inexistência de uma regra única de construção para a elevação das alvenarias. O imóvel 24 não é abordado, pois o trecho exposto é pequeno, não sendo possível observar o emparelhamento.

No imóvel 29 (Figura 74) os tijolos são assentados com a face mais larga virada para baixo, em fiadas niveladas e desencontradas, ou chamadas de Parede de  $\frac{1}{2}$  vez de tijolo. Já no imóvel 03 (Figura 75), os tijolos são dispostos dois de comprimento em uma fiada, e atravessados na fiada seguinte, com a parte mais larga para baixo, cruzados em cada fileira, chamado de Parede de 1 vez de tijolo no sistema inglês.

Figura 74 - Imóvel 29 e alvenaria exposta



Fonte: Adaptado de Florenzano (2016)

Figura 75 - Imóvel 03 e alvenaria do térreo exposta



Fonte: Adaptado de Florenzano (2016)

### 3.3 APLICAÇÃO METODOLÓGICA

A análise das construções antigas é um desafio, e isso se deve às complexidades quanto à sua geometria, às propriedades dos materiais de construção e técnicas de construção, além do desconhecimento dos danos sofridos pela estrutura e falta de normas aplicáveis específicas para construções históricas. Por vezes, é inaceitável que construções históricas estejam em conformidade com regulamentos e normas destinadas aos edifícios contemporâneos sendo, portanto, necessário reconhecer a diferença entre o projeto moderno e a conservação (LOURENÇO, 2005).

A aplicação metodológica segue indicação do ICOMOS (2004) e se baseia em informações históricas, abordagem qualitativa, com a observação dos danos, e abordagem quantitativa, com a realização de ensaios. Dessa forma, são apresentados a aplicação metodológica e seus resultados, com intuito de compreender e avaliar a possibilidade de degradação por vibração, ocasionada pelo tráfego viário no Sítio Histórico de Santa Leopoldina, compreendendo em análise dos edifícios selecionados, análise de vibração mecânica e análise geotécnica.

#### 3.3.1 Edifícios para aplicação metodológica

Conhecer a história do edifício, como ele se comporta diante das ocorrências e interações no passado, que possam ter alterado seu desempenho original, auxilia no entendimento do comportamento e condição atual da estrutura.

Com o desenvolvimento econômico da cidade de Santa Leopoldina, as características arquitetônicas se modernizam, e, no fim do século XIX, materiais importados começam a ser utilizados nas edificações, como “gradis de ferro, telhas, vidros, portas, janelas, louças para banheiro, móveis, entre outros”. O sistema estrutural dos edifícios também acompanha as mudanças, deixando de ser construídas de pedra e taipa, por alvenarias de tijolo cerâmico (ESPÍRITO SANTO, 2008, p. 58).

Em levantamento dos edifícios tombados, realizado pelo Conselho Estadual de Cultura, no ano de 2008, constata-se que a maior parte dos mesmos apresenta bom estado de conservação, como apresentado na Tabela 15:

Tabela 15 - Situação dos imóveis tombados em Santa Leopoldina, 2008

<b>Condições dos imóveis</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
Restaurado	2	6,3%
Bom	21	65,6%
Regular	6	18,8%
Grave estado	2	6,3%
Desfigurado	1	3,1%
Ruiu ou demolido	0	0,0%
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Espírito Santo, 2008

Para análise da aplicação metodológica, através da medição de níveis de vibração mecânica, são selecionados dois edifícios: o Museu do Colono e a Prefeitura Municipal. A escolha de tais edifícios segue critério de representatividade histórica, artística e relevância ao município e seus moradores, possuir características de construção originais, diversidade quanto à implantação no terreno e fissuras visíveis, além de estar situados em pontos distintos do Sítio Histórico, onde há variação da velocidade dos veículos.

Localizado do lado da via que faz divisa com a montanha, o primeiro edifício para análise é o Museu do Colono (Figuras 76 e 77), imóvel nº 17, atual 1501, é uma construção do final do século XIX, onde reside Luiz Holzmeister Júnior, prefeito de Santa Leopoldina, entre os anos de 1916 e 1919. Serve de moradia para a família Holzmeister até o ano de 1969, quando o edifício é adquirido pelo Governo do Estado do Espírito Santo para a implantação do Museu do Colono, anteriormente denominado, até o ano de 1973, como Museu do Imigrante (MUSEU DO COLONO, 2007). O edifício é protegido pela Resolução nº 05 de 1983 do Conselho Estadual de Cultura, com inscrição no Livro do Tombo Histórico sob o nº 32 a 68, folhas 4v a 7v. (ESPÍRITO SANTO, 2009).



Figura 76 - Museu do Colono [198-]



Fonte: Acervo Conselho Estadual de Cultura

Figura 77 - Museu do Colono



Fonte: Santa Leopoldina, 2017

Caracterizado como arquitetura colonial, o edifício, com dois pavimentos, implantado no terreno à meia encosta, justaposto lateralmente a outros sobrados e à frente pela Avenida Presidente Vargas, com afastamento posterior, onde se encontra quintal em dois patamares, com acesso por escada, local onde atualmente é realizada obra de ampliação.

A fachada frontal (Figura 78), justaposta à via, possui quatro portas simetricamente dispostas no térreo, em folha dupla de madeira e bandeira em gradil e vidro, e, alinhadas a estas, quatro portas de folha dupla em madeira e vidro, com guarda corpo em gradil, no piso superior. A presença do vidro em detalhes das esquadrias do piso superior indica uma construção sofisticada para a época. “A qualidade estética do edifício está ainda presente em delicado ornato em forma de fita sobreposto aos vãos em posição inferior à cimalha de arremate da fachada” (ESPÍRITO SANTO, 2009, p. 188). A fachada posterior (Figura 79) possui duas portas de madeira no térreo, e escada externa à edificação que dá acesso a uma varanda no segundo pavimento, com uma porta de folha dupla de madeira, com bandeira em madeira e vidro, posicionada à direita da fachada, e ao lado esquerdo há duas janelas (ESPÍRITO SANTO, 2009).



Figura 78 - Fachada frontal do Museu do Colono



Fonte: Espírito Santo (2009)

Figura 79 - Fachada posterior do Museu do Colono, antes da ampliação [2015]



Fonte: Espírito Santo (2015)

O edifício que passa por obras de restauro nos anos de 1983, 1994 e 2006, está em processo de restauração e ampliação. O restauro realizado no ano de 1983 (Figura 80), ano do tombamento do imóvel, é orientado pelo então chefe da Divisão de Patrimônio Histórico, do Departamento Estadual de Cultura, arquiteto José Daher. Apesar do museu já ter sido inaugurado, na ocasião do seu fechamento para reforma, o arquiteto justifica as obras “porque a sua estrutura estava correndo perigo de desabamento”, que contemplam a renovação do telhado, novas instalações elétricas e hidráulicas e reparos na estrutura (CRISTINA, 1983).

Figura 80 - Reportagem do jornal A Tribuna, dia 07 de maio de 1983

# Em Santa Leopoldina, o resgate do patrimônio

*M0410573 p. 132 col. 2. 25. 84.*

**Glória Cristina**

Após ter sido fechado para reformas, o Museu do Colono terá sua festa de reabertura hoje, às 9 horas, quando uma parte do acervo artístico do DEC estará abrindo uma exposição de desenho, seguindo uma apresentação da Banda da Comunidade de Santa Maria. Depois disso, haverá um debate sobre o tema **Importância da Preservação do Patrimônio Histórico de Santa Leopoldina**.

Amanhã, a programação no Museu prosseguirá, a partir das 16 horas, com um número musical do Coral do DEC, e às 18 horas, haverá uma sessão do filme **Os Mucker**, de Jorge Bodanscke e Wolf Gauer. O filme já recebeu prêmios de Melhor Direção, Melhor Atriz e Melhor Cenografia no Festival de Gramado. O termo "mucker" é considerado xingamento ou ofensa, toda vez em que é lembrada a rebelião daquele grupo, episódio violento que fez parte da história brasileira.

A comunidade de Santa Leopoldina terá seu espaço cultural aberto às mais livres manifestações artísticas, a partir de amanhã, quando será reativado o Museu do Colono, na avenida principal daquele município. Embora já tenha sido inaugurado, o Museu teve suas portas fechadas para obras, "porque a sua estrutura estava correndo perigo de desabamento", segundo o arquiteto José Daher, responsável pelo projeto de restauração do Museu, chefe da Divisão de Patrimônio Histórico do DEC.

Em uma bela construção do século XIX, o Museu do Colono, agora todo restaurado, foi doado pela família Holz Meinster com todas as peças de uso doméstico, mobiliário, jogos de quarto e sala, pronto para visitas no seu andar superior. No andar inferior serão programadas exposições rotativas, iniciando com uma parte do acervo artístico do DEC, mostrando apenas a técnica de desenho "para que haja uma discussão didática a respeito. Depois levaremos outras técnicas", diz a coordenadora de Artes Plásticas do DEC, Neusa Mendes Rocha.

A reabertura do Museu do Colono é de suma importância no estreito panorama cultural do Estado. "Ele passará a fazer parte da comunidade, ocupando aquele espaço para reuniões, palestras, cinema, exposições e teatro e acredito que, a partir do momento em que as pessoas começarem a sentir que a preservação do casario daquela região é em benefício delas próprias, tudo será mais fácil", assegurou a diretora geral do DEC, Gleyce Coutinho.

Foram gastos um total de Cr\$ 3 milhões na restauração geral do prédio do Museu, com renovação do telhado, novas instalações hidráulicas e elétricas, além de inúmeros reparos na sua estrutura central. A verba aplicada foi inteiramente proveniente do Governo do Estado, sem contar com a colaboração de outras entidades nacionais.

**PRESERVAÇÃO**

O Museu do Colono é a segunda obra de restauração feita pelo DEC, cujo projeto está sendo liderado por José Daher, indicando o tombamento de um casario composto de 44 imóveis — todos do século passado, que caracterizam o perfil urbano de Santa Leopoldina, delimitando assim a zona de interesse histórico.

Para que o Município não perdesse seu valor iconográfico, com novas construções descaracterizando a avenida central foi necessário um anteprojeto, idealizado por Daher, aprovado pela Câmara Municipal, no qual propõe alguns incentivos aos proprietários dos imóveis tombados, como por exemplo, ficar isento de imposto predial, além de poder continuar morando no imóvel, vendê-lo ou alugá-lo e até mesmo reformá-lo, contanto que siga o padrão de estilo determinado. Em caso de reformas desses imóveis, a Divisão de Patrimônio Histórico oferece, gratuitamente, o projeto arquitetônico, indicando inclusive as cores a serem usadas.

"Tivemos que fazer um levantamento de todas as casas que estavam correndo risco e conscientizar seus proprietários para que eles não se sentissem lesados com o tombamento histórico. Afinal, a solução visa beneficiar a todos: o dono da casa, que muitas vezes não tem recursos para reformas dentro dos moldes de restauração, então doaremos o projeto; a própria história do Município, pois guardará seus traços originais e, até mesmo o visitante comum se sentirá motivado a conhecer uma cidade tombada pelo patrimônio, tornando-se assim Santa Leopoldina um ponto turístico", afirmou Daher.

O DEC está conseguindo, através de empresas como a Caixa Econômica Federal, o Banco do Brasil e comerciantes locais a restauração de imóveis de pessoas que não podem assumir as despesas. Desta forma, o patrimônio estará conservado e o proprietário recebe o aluguel ou a venda do mesmo. "Por intermédio do ganho econômico para o proprietário, atingimos o nosso objetivo primordial que é o ganho cultural de toda a comunidade", explicou Daher.

Um outro trabalho que a Divisão vem desenvolvendo é o levantamento arquitetônico de todos os imóveis tombados pelo Conselho Estadual de Cultural em Santa Leopoldina e em Vitória, como é o caso da restauração do prédio da antiga Fafi que será um grande centro cultural. Este trabalho, além de documentar graficamente cada imóvel, permite a colaboração dos futuros projetos de restauração.



**Fachada do Museu do Colono**



Com a restauração do ano de 1994, o museu inaugura, no térreo, a Galeria Alice Holzmeister, destinada a exposições e outras atividades. Posteriormente, em 2006, são realizadas descupinização e troca de madeiras irreparáveis, localizadas no telhado e na estrutura do assoalho (MUSEU DO COLONO, 2017).

No levantamento para a verificação da condição de conservação dos imóveis tombados, realizado pelo Conselho Estadual de Cultura, o Museu do Colono é classificado como “restaurado”, com a observação da restauração realizada em 2006 (ESPÍRITO SANTO, 2008).

Uma obra em curso no ano de 2017 contempla ampliação da área do museu, com construção de anexo no quintal, obras de acessibilidade, com a construção de rampa de acesso ao museu, localizada em praça nos fundos do edifício, instalação de elevador no interior, além de banheiros adaptados, a fim de atender normas de acessibilidade (ESPÍRITO SANTO, 2017).

A presente pesquisa não tem intenção de realizar vistoria e levantamento da totalidade de danos presentes na edificação, mas analisar os possíveis danos provenientes da vibração mecânica. Para diagnóstico do estado de conservação, é necessário realizar mapeamento detalhado da condição da edificação afim de compreender os agentes atuantes e responsáveis por sua degradação, seguido do acompanhamento periódico da evolução dos danos, com auxílio de registro fotográfico das fissuras, por exemplo.

A vibração mecânica ocasionada pelo tráfego de veículos pode ocasionar danos estruturais, como apresentado por Resende (2011), que, dependendo da intensidade, podem ocasionar desagregação de material, recalque diferencial nas fundações e formação de fissuras<sup>15</sup>.

O Museu do Colono apresenta fissuras em diferentes pontos de sua alvenaria, a maior parte localizada próxima aos vãos, como demonstrado na Figura 81.

---

<sup>15</sup> A formação de fissuras podem ter como causas outros fatores, como por exemplo, movimentação higroscópica.

Figura 81 - Fissuras no Museu do Colono



Fonte: Adaptado de Espírito Santo (2009) e Acervo da autora (16 de novembro de 2016)

Devido à sua intensidade, são classificadas como danos cosméticos, com ocorrência de danos superficiais, e espessura de fissura capilar, com abertura menor que 0,2 mm; e fissura com abertura de 0,2 mm a 0,5 mm. Cabe destacar a possibilidade do processo de fissuração, identificado, ter como origem obras de reformas realizadas no imóvel. É possível notar, em alguns pontos onde estão localizadas, a existência de vestígio de “reparo”.

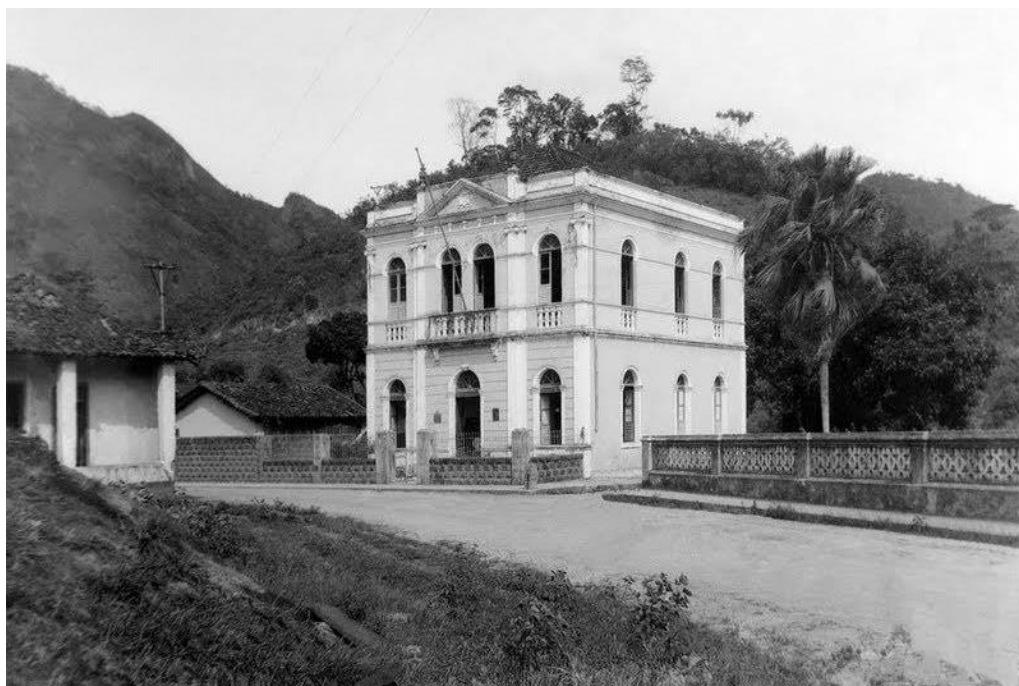
O segundo edifício selecionado, a Prefeitura Municipal (Figuras 82 e 83), imóvel nº 2, atual 1022, situa-se nas proximidades do limite leste da Área de Proteção Ambiental e Cultural – APAC, área resultante de expansão urbana; tendo sido construída entre 1916 e 1918, na gestão do então prefeito, Luiz Holzmeister Júnior. É protegido pela Resolução nº 5 de 1983 do Conselho Estadual de Cultura, com inscrição no Livro do Tombo Histórico sob o nº 32 a 68, folhas 4v a 7v. (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Figura 82 - Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina



Fonte: Acervo da autora (11 de novembro de 2016)

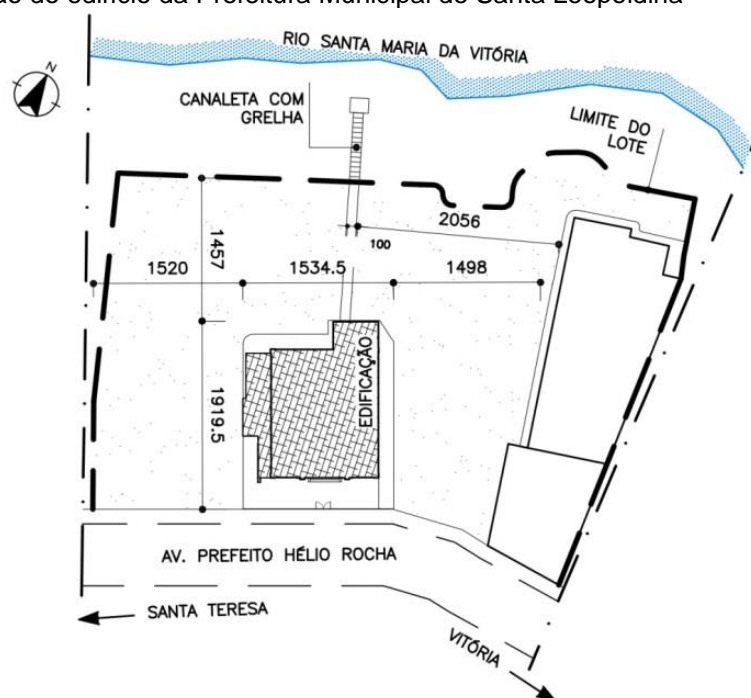
Figura 83 - Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina [19--]



Fonte: Acervo Clarindo Lima

Construção de dois pavimentos, implantada no terreno (Figura 84) com afastamentos em todas suas quatro fachadas (Figura 85), o edifício é frontalmente separado da rua por muro baixo de alvenaria e gradil (Figura 86), posicionado no limite do terreno, com seis colunas, portão de pedestres centralizado entre elas, e portão para veículos, para acesso a garagem, do lado direito do edifício.

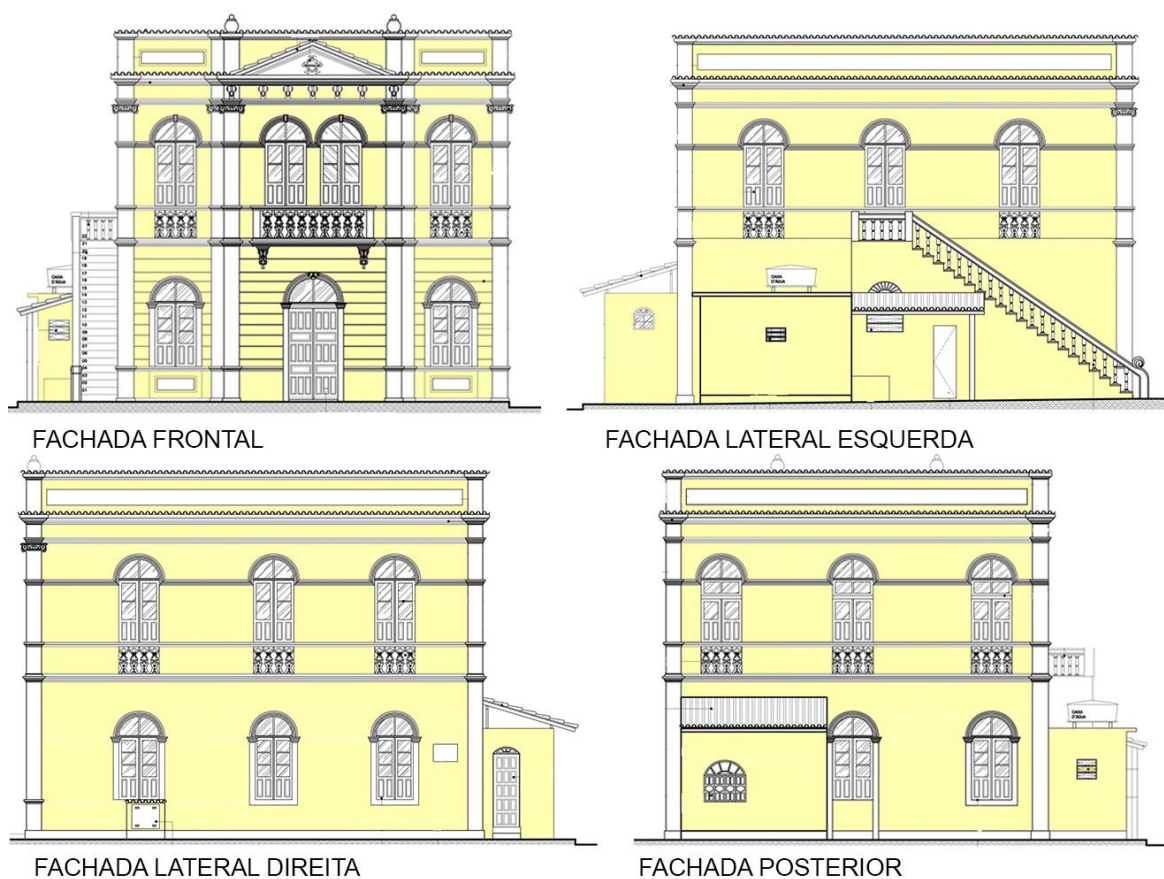
Figura 84 - Implantação do edifício da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina



Fonte: Ferreira (2013)



Figura 85 – Desenho arquitetônico das fachadas do edifício da Prefeitura



Fonte: Adaptado de Ferreira (2013)

Figura 86 - Muro em alvenaria e gradil no limite frontal do terreno



Fonte: Acervo da autora (11 de novembro de 2016)

A fachada frontal (Figura 87) possui porta centralizada e uma janela de cada lado no térreo, ambos com folha dupla de madeira com detalhes em vidro, e, no segundo quatro vãos de porta com guarda corpo. Os vãos laterais se encontram fechados e



os vãos centrais possuem portas com folha dupla de madeira com detalhes em vidro. No térreo da fachada lateral esquerda (Figura 88) há uma porta e uma pequena janela, e um anexo ao edifício, e justaposta à fachada lateral esquerda, está posicionada escada externa à edificação de acesso ao segundo pavimento por meio de porta de folha dupla de madeira posicionada entre dois vãos de porta com guarda corpo, fechado com madeira. A respeito do acesso ao segundo pavimento por meio de escada externa, pode-se observar que:

A independência entre os dois pavimentos, uma solução pouco comum em arquitetura palaciana, exige de seu projetista o recurso a soluções compositivas indutoras de sua desejada simbologia política. (ESPÍRITO SANTO, 2009, p. 225).

Figura 87 - Fachada frontal da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina



Fonte: Acervo da autora (11 de novembro de 2016)

Figura 88 - Fachada lateral esquerda e frontal da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina



Fonte: Acervo da autora (11 de novembro de 2016)

A fachada lateral direita (Figura 89) possui três janelas no térreo e três vãos de portas com guarda corpo, alinhadamente posicionadas, com a observação de que o vão do lado esquerdo do segundo pavimento se encontra fechado, e os outros dois possuem portas de duas folhas com detalhes em vidro. A fachada posterior (Figura 90) possui um anexo, dois vãos de janelas no térreo, fechados por vidro fixo, e três vãos de porta com guarda corpo, dois com porta de duas folhas em madeira e detalhes em vidro e uma, na lateral direita, com fechamento de madeira.

Figura 89 - Fachada lateral direita e frontal da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina



Fonte: Acervo da autora (11 de novembro de 2016)



Figura 90 - Detalhe do segundo pavimento da fachada de posterior e lateral esquerda da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina



Fonte: Acervo da autora (11 de novembro de 2016)

O levantamento para a verificação da condição de conservação dos imóveis tombados, realizado pelo Conselho Estadual de Cultura, no ano de 2008, relata que a condição do edifício da Prefeitura é classificada como “regular”, com a observação de “grande vazamento na laje de cobertura, com água acumulando-se no piso do segundo pavimento. Vários trechos das paredes com pintura soltando. Fiação elétrica perigosa” (ESPÍRITO SANTO, 2008, p. 65).

Em pesquisa aos processos de reforma e restauro executados no edifício da Prefeitura, em documentos disponibilizados pelo Conselho Estadual de Cultura, verifica-se que apenas no ano de 2011 a administração da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina, através da Secretaria de Obras, solicita a autorização para renovação da pintura externa e interna, construção de rampa de acesso ao térreo, recuperação de gradil metálico, elevação de 5 cm na calçada frontal com plantio de grama e reparos nas esquadrias de madeira. A solicitação é aprovada, as alterações são executadas, com exceção do plantio de grama.

Em análise aos possíveis danos decorrentes de vibração mecânica, o edifício da Prefeitura Municipal apresenta fissuras horizontais na alvenaria, e fissuras horizontais e inclinadas nos pilares (Figura 91). Cabe destacar a possibilidade do processo de fissuração, identificado, ter como origem obras de reformas realizadas no imóvel e/ou outras origens. É possível observar outros danos, como película de

deposição e alteração cromática, pintura descascada, sujidades, danos provenientes de instalações de equipamentos, umidade, e outros danos não provenientes de vibração.

Figura 91 - Fissuras no edifício da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina



Fonte: Acervo da autora (11 de novembro de 2016)

O muro que faz divisa com a rua possui fissuras verticais, indo do topo até o chão, inclinadas, saindo do topo, e horizontais, próximas ao chão. Devido à sua intensidade, são classificadas como danos cosméticos, com ocorrência de danos superficiais, e espessura da fissura com abertura de 0,2 mm a 0,5 mm, e trinca, com abertura de 0,5 mm a 1,5 mm.

A idade e a condição do edifício são fatores que devem ser considerados na avaliação da vibração. Em edifícios históricos, os danos ocasionados por vibração, podem estar ocultos por restauração ou reforma recente (BRITISH STANDARD, 1993).

A classificação do edifício, de acordo com a ISO 4866:2010, quanto à provável reação às vibrações transmitidas pelo solo, considera o tipo de construção, fundação, solo e fator de importância política. A definição das classes de resistência à vibração para edifícios em bom estado de conservação, àqueles que tenham algum defeito, deve ser atribuída uma classe inferior.

Três elementos são considerados na reação de vibração pela estrutura: a categoria da estrutura, a fundação e o solo. De acordo com a norma ISO 4866:2010, a estrutura dos edifícios selecionados para estudo se classificam como Grupo 1 “Edifícios antigos e históricos ou estruturas tradicionalmente construídas”, e nesse grupo, se encontra dentro do subgrupo “edifícios antigos ou históricos” (ISO 4866:2010, p. 19, tradução nossa).

Com relação à resistência à vibração (Tabela 16), as estruturas são classificadas em nível 6, no grupo “Casas de dois andares e edifícios de uso misto, feitos de bloco ou tijolo, com pisos e telhado de madeira. Torres construídas em pedra ou tijolo, incluindo formas resistentes a terremotos” (INTERNATIONAL STANDARD, 2010, p. 21, tradução nossa).

Tabela 16 - Categoria de estruturas de acordo com o grupo de edifício

Categoria da estrutura	Grupo do edifício 1
6	Casas de dois andares e edifícios de uso misto, feitos de bloco ou tijolo, com pisos e telhado de madeira. Torres construídas em pedra ou tijolo, incluindo formas resistentes a terremotos.

Fonte: Traduzido e adaptado de International Standard, 2010

A categoria da fundação dos edifícios selecionados é pertencente ao Grupo C que envolve “paredes de retenção, base de pedras grandes, fundação em tiras, fundação

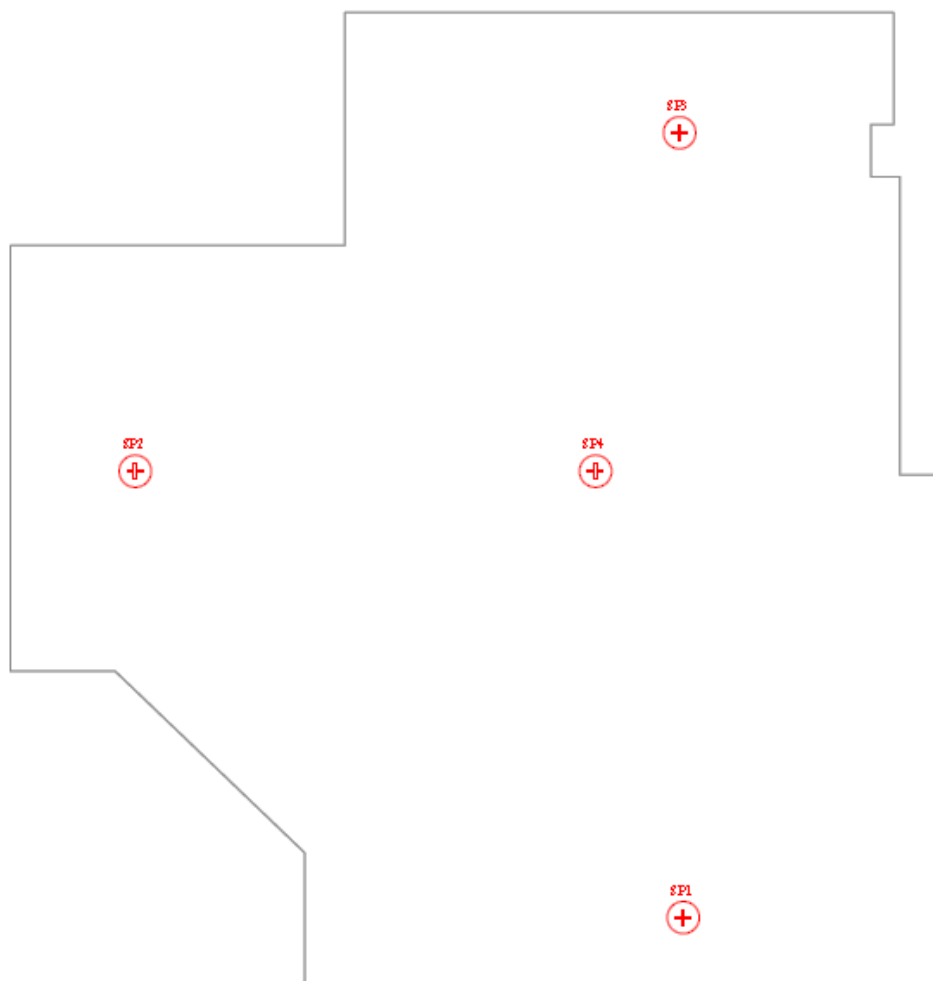
em placas, ou paredes construídas diretamente no solo”. A classificação do solo é analisada posteriormente.

### 3.3.2 Análise geotécnica

A análise geotécnica do Sítio Histórico de Santa Leopoldina consiste na análise dos dados obtidos através do relatório de sondagem (ANEXO B) realizado pela Construtora Eltecom, no dia 06 de julho de 2012, contratado pela Prefeitura Municipal, por meio do Fundo Municipal de Saúde de Santa Leopoldina, para a construção da Unidade de Saúde, localizada na Avenida Prefeito Hélio Rocha.

A sondagem a percussão é realizada em quatro pontos (Figura 92) do terreno avaliados individualmente. O amostrador padrão utilizado possui diâmetro interno de 34,9 mm e diâmetro externo de 50,8 mm, o martelo possui peso de 65 kg e queda de 75 cm, conforme indicado pela ANBT NBR 6484:2001.

Figura 92 - Planta de situação dos furos de sondagem no terreno (Sem escala)



Fonte: Relatório de sondagem Construtora Eltecom



O primeiro furo de sondagem tem profundidade de 20,45 metros, lençol freático à 6,53 m de profundidade, e a classificação da amostra do material encontrado é de argila arenosa, mole, cor vermelha na superfície; Argila pouco arenosa, mole e cor avermelhada à 1,50 m de profundidade; Argila arenosa, mole, cor marrom avermelhado à 4,00 m de profundidade; Argila arenosa, muito mole, cor marrom claro à 6,20 m de profundidade; Argila com pouca areia fina, muito mole, cor amarela à 8,00 m de profundidade; Silte, fofo, cor cinza à 9,80 m de profundidade; Areia fina siltosa com matéria orgânica, pouco a medianamente compacta à 12,00 m de profundidade; Areia grossa com pedregulho de quartzo, compacto, cor variegada à 15,00 m de profundidade; Areia bem graduada, compacta a muito compacta, cor branca à 16,15 m de profundidade; e o limite de sondagem à 20,45 m de profundidade.

O segundo furo de sondagem tem profundidade de 11,80 metros, lençol freático à 6,55 m de profundidade, e a classificação da amostra do material encontrado é de argila arenosa, mole cor vermelha na superfície; Argila arenosa mole, cor amarela à 4,00 m de profundidade; e impenetrável à percussão à 11,80 m de profundidade.

O terceiro furo de sondagem tem profundidade de 6,80 metros, lençol freático à 6,45 m de profundidade, e a classificação da amostra do material encontrado é de argila arenosa, média, cor vermelha na superfície; Argila arenosa, mole à média, cor amarela à 1,80 m de profundidade; Solo residual, medianamente compacto à 5,80 m de profundidade; e impenetrável à percussão à 6,80 m de profundidade.

O quarto furo de sondagem tem profundidade de 15,00 metros, lençol freático à 6,72 m de profundidade, e a classificação da amostra do material encontrado é de argila arenosa, mole, cor vermelha na superfície; Argila arenosa, mole, cor amarela à 1,90 m de profundidade; Argila arenosa, pouco siltosa, mole, cor variegada à 5,80 m de profundidade; Solo de alteração de rocha (residual), pouco compacto a compacto, cor variegada à 11,00 m de profundidade; e impenetrável à percussão à 15,00 m de profundidade.

É possível observar que o solo do Sítio Histórico de Santa Leopoldina é formado, predominantemente, por argila arenosa mole, e, mais profundamente, por silte e areia. De acordo com as orientações e classificação proposta pela norma ISO 4866:2010, que agrupa os solos em seis tipos, com intuito de compreender a interação mecânica e resposta à vibração entre a fundação e a estrutura do edifício

e o solo em que está situado, pode-se classificar o tipo do solo do centro de Santa Leopoldina, a partir de análise do relatório de sondagem a percussão, como “Tipo e: solos soltos não coesivos (areias, cascalhos, rochas), solos macios coesivos (argilas), solos orgânicos (turfa)” (INTERNATIONAL STANDARD, 2010, p. 20, tradução nossa).

A classificação do edifício à provável reação às vibrações transmitidas pelo solo, considera o tipo de construção, fundação, solo e fator de importância política. Como apresentado no item 4.3.1, os edifícios selecionados para análise pertencem ao Grupo 1 “Edifícios antigos e históricos ou estruturas tradicionalmente construídas”, a estrutura é classificada como em nível 6, com relação à resistência à vibração, “casas de dois andares e edifícios de uso misto, feitos de bloco ou tijolo, com pisos e telhado de madeira”, e a fundação pertence ao Grupo C “paredes de retenção, base de pedras grandes, fundação em tiras, fundação em placas, ou paredes construídas diretamente no solo” (INTERNATIONAL STANDARD, 2010, p. 19-21, tradução nossa)

A partir dessas informações, é possível identificar a classificação de edifícios de acordo com sua resistência à vibração e tolerância aceitável para os efeitos de vibração, definida como nível 10 (Tabela 17), em nível decrescente que varia de 1 a 14, como pode ser observado no Anexo A.

Tabela 17 - Classificação do edifício de acordo com a sua resistência à vibração e a tolerância que podem ser aceitas para efeitos de vibração

Classe do edifício (Nível de aceitação de vibração decrescente)	Categoria da estrutura
	6
	Categoria da fundação (letra maiúscula) e tipos de solo (letra minúscula)
10	Ce

Fonte: Traduzido e adaptado de International Standard, 2010

O tipo do solo influencia o nível de vibração, que aumenta à medida que a rigidez e o amortecimento do solo são menores. Em solos com camadas de argila e silte, entre 7 e 15 metros de profundidade, as vibrações ocasionadas pelo tráfego de veículos são mais elevadas, e suas frequências naturais podem coincidir com as do edifício (HENWOOD, 2002).

O material de composição das primeiras camadas de solo encontrado pela sondagem é de argila arenosa, essa denominação provém do tipo granulométrico

mais ativo, seguido da fração que influencia no comportamento do solo, onde o comportamento do solo é argiloso, com influência da areia. A consistência da argila completa sua nomenclatura, que pode ser:

Muito mole, se escorre entre os dedos, quando apertada nas mãos;  
Mole, se pode ser facilmente moldada pelos dedos;  
Média, se pode ser moldada pelos dedos;  
Rija, se requer grande esforço para ser moldada pelos dedos;  
Dura, se não pode ser moldada, e quando submetida à grande esforço os torrões desagregam-se. (ALMEIDA, 2005, p. 16)

As argilas são solos de graduação fina, formada principalmente de grãos menores que 0,005 mm (PINTO, 2000), com características de coesão e plasticidade, “quando suficientemente úmidas, moldam-se facilmente e secas formam torrões de difícil desagregação pelos dedos. Caracterizam-se por sua plasticidade, textura, sensibilidade e consistência em sua umidade natural” (ALMEIDA, 2005, p. 16).

Em inspeção visual do solo exposto no fundo do terreno onde se encontra o edifício da Prefeitura Municipal, é possível notar o material encontrado pela sondagem na superfície do terreno, composto por argila arenosa, mole, cor vermelha (Figura 93).

Figura 93 - Solo exposto no fundo do terreno da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina



Fonte: Acervo da autora (11 de novembro de 2016)

### 3.3.3 Análise de vibração

Os equipamentos utilizados para a medição é o Coletor e Analisador de Vibrações NK 840, marca Teknikao, conectado a dois acelerômetros piezoelétrico, modelo Sensor de Vibrações NK 30, e a um computador com o software Sistema Digital de Análise de Vibrações - SDAV 2015 (Figura 94). Para coleta de dados, o acelerômetro é acoplado à parede por fita dupla face de alta adesão instantânea, Fita 3M Scotch® Fixa Forte – Transparente. São registrados ondas e espectros de frequência (em mm/s), e gráficos dos níveis de vibração em RMS e Valor de Pico.

Figura 94 - Coletor e Analisador de Vibrações NK840 conectado ao computador



Fonte: Acervo da autora (23 de novembro de 2016)

O Coletor e Analisador de Vibrações NK 840 e os dois acelerômetros piezoelétrico utilizados são cedidos como empréstimo pelo Laboratório de Manutenção Mecânica, do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus São Mateus, onde são realizados treinamento e orientação do uso do equipamento pelo Prof. Michel Oliveira dos Santos, nos dias 12 de julho e 04 de novembro de 2016.

Para a leitura dos dados, utiliza-se o Modo Monitor, onde o software adquire medida em intervalo de tempo predeterminado, fazendo varredura das janelas criadas, medindo 48 horas consecutivas, com intervalo de 20 segundos, tempo para formação de cada leitura. É criada uma janela para cada acelerômetro, configurada para leitura de unidade de medida em Velocidade (V), 1600 Linhas e Frequência máxima de 100 Hz.



As leituras são monitoradas durante todo o tempo, ora *in loco*, ora via acesso remoto, com utilização do programa TeamViewer versão 11. A monitoração de todo o processo de leituras se faz importante para acompanhar o desenvolvimento e reiniciar a gravação quando o software trava. Essa alternativa é adotada visto que nas primeiras tentativas de leituras, realizadas nos dias 16 a 20 de novembro, quando não é realizado o acesso remoto, ocorre travamento do programa, impedindo a gravação das leituras seguintes.

A medição de vibração no Museu do Colono é realizada de 12:20h do dia 21 de novembro de 2016 até 12:20h do dia 23 de novembro de 2016. Os acelerômetros são fixados na parte interna da parede da fachada frontal do edifício. O acelerômetro 01 é fixado na parede (Figura 95), ao lado esquerdo da segunda porta da esquerda para direita, e o acelerômetro 02 é fixado no chão, junto à parede, entre a segunda e a terceira porta da esquerda para direita (observando internamente).

Figura 95 - Acelerômetro 01 fixado no Museu do Colono



Fonte: Acervo da autora (21 de novembro de 2016)

As medições dos acelerômetros 01 e 02 são obtidas alternadamente, por isso, os valores não são iguais, pois, além da diferença de posicionamento, possuem intervalo de aproximadamente 20 segundos para cada acelerômetro, tempo necessário para formação de cada leitura, obtidas alternadamente. A Tabela 18 identifica a média, o maior e menor valor de RMS, e a Tabela 19 o Pico, ambos de velocidade em mm/s, resultantes das medidas captadas no intervalo de cada hora, realizadas pelos acelerômetros 01 e 02. No final da tabela, são indicados os valores médio, máximo e mínimo captados na medição completa de 48 horas consecutivas.

Tabela 18 - Média, máximo e mínimo resultados de RMS de velocidade por hora, nos dias 23 a 25 de novembro de 2016, dos acelerômetros 01 e 02, acoplados no Museu do Colono

RMS (mm/s) – Museu do Colono							
Data	Horário	Acelerômetro 01			Acelerômetro 02		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
21/11/2016	12	0,1051	0,1540	0,0440	0,1098	0,1550	0,0420
	13	0,1105	0,1650	0,0450	0,1118	<b>0,3670</b>	0,0440
	14	0,1226	0,1660	0,0570	0,1055	0,1350	0,0720
	15	0,1127	0,1616	0,0486	0,1090	0,219	0,0526
	16	0,1096	0,1521	0,0416	0,1114	0,1822	0,0623
	17	0,1065	0,1425	0,0345	0,1139	0,1455	0,0720
	18	0,0840	0,1350	0,0360	0,1131	0,1260	0,0855
	19	0,1054	0,1485	0,0315	0,1146	0,1665	0,0720
	20	0,1041	0,1440	0,0360	0,1142	0,1440	0,0585
	21	0,1300	<b>0,2060</b>	0,0405	0,1079	0,1485	0,0405
	22	0,1293	<b>0,2060</b>	0,0300	0,1020	0,1485	<b>0,0360</b>
	23	0,1081	0,2010	0,0186	0,1076	0,1620	<b>0,0360</b>
	0	0,1071	0,1760	0,0450	0,1199	0,1830	0,0410
	1	0,1057	0,1650	0,0430	0,1216	0,1620	0,0460
	2	0,1078	0,1550	0,0420	0,1080	0,1570	0,0440
	3	0,1063	0,1930	0,0400	0,1193	0,1970	0,0420
	4	0,0972	0,1330	0,0570	0,1111	0,1530	0,0410
	5	0,1054	0,1425	0,0545	0,1175	0,1570	0,0475
	6	0,1137	0,1520	0,0520	0,1240	0,1610	0,0540
	7	0,1113	0,1810	0,0470	0,1273	0,1650	0,0420
	8	0,1115	0,1710	0,0390	0,1263	0,1810	0,0440
	9	0,1217	0,1690	0,0420	0,1302	0,1630	0,0520
	10	0,1273	0,1750	0,0480	0,1278	0,1600	0,0870
22/11/2016	11	0,1280	0,1690	0,0840	0,1199	0,1590	0,0880
	12	0,1239	0,1460	0,0900	0,1087	0,1380	0,0840
	13	0,1241	0,1570	0,0870	0,1174	0,1640	0,0900
	14	0,1109	0,1580	0,0620	0,1290	0,1650	0,0800
	15	0,1142	0,1670	0,0410	0,1280	0,1900	0,0450
	16	0,1226	0,1670	0,0430	0,1303	0,1890	0,0430
	17	0,1173	0,1760	0,0410	0,1266	0,1700	0,0440
	18	0,1208	0,1630	0,0470	0,1313	0,1660	0,0450
	19	0,1081	0,1400	0,0690	0,1298	0,1650	0,0500
	20	0,1320	0,1620	0,0920	0,1163	0,1640	0,0890
	21	0,1256	0,1620	0,0830	0,1110	0,1370	0,0690
	22	0,1247	0,1720	0,0840	0,1167	0,1530	0,0840
23	0,1283	0,1690	0,0670	0,1189	0,1610	0,0610	
0	0,1245	0,1400	0,1090	0,1175	0,1250	0,1100	
1	0,1206	0,1650	0,0450	0,1298	0,1640	0,0890	
2	0,1225	0,1600	0,0410	0,1309	0,1660	0,0930	
3	0,1138	0,1650	0,0400	0,1305	0,1980	0,0640	
4	0,1167	0,1660	0,0410	0,1338	0,1690	0,0740	
5	0,1087	0,1630	0,0400	0,1309	0,1670	0,0420	
23/11/2016	6	0,1011	0,1510	0,0610	0,1182	0,1660	0,0440
	7	0,1093	0,1560	0,0410	0,1174	0,1660	0,0460
	8	0,1176	0,1660	0,0510	0,1065	0,1680	0,0490
	9	0,1193	0,1710	0,0480	0,1060	0,1560	0,0440
	10	0,1038	0,1650	0,0430	0,1127	0,1680	0,0430
	11	0,0964	0,1590	0,0440	0,1252	0,1640	0,0380
	12	0,1182	0,1570	0,0490	0,1327	0,2270	0,0550
	<b>Limites medição completa</b>		<b>0,1155</b>	<b>0,2060</b>	<b>0,0186</b>	<b>0,1191</b>	<b>0,3670</b>



Os gráficos com os valores de RMS de velocidade de vibração, no Museu do Colono, identificam o valor máximo registrado de 0,2060 mm/s, no dia 21 de novembro, às 21:59 h, para o acelerômetro 01 (Figura 96), e de 0,3670 mm/s, no dia no dia 21 de novembro, às 13:08 h (Figura 97).

Figura 96 - Gráfico com os valores de RMS médio, máximo e mínimo do acelerômetro 01 do Museu do Colono

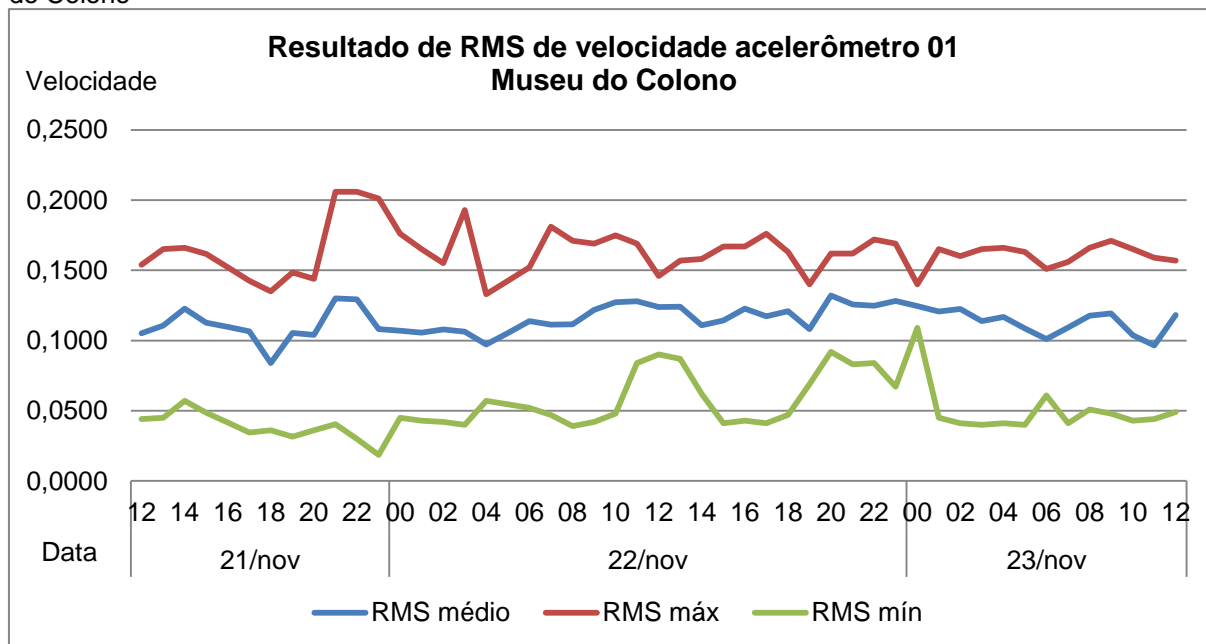


Figura 97 - Gráfico com os valores de RMS médio, máximo e mínimo do acelerômetro 02 do Museu do Colono

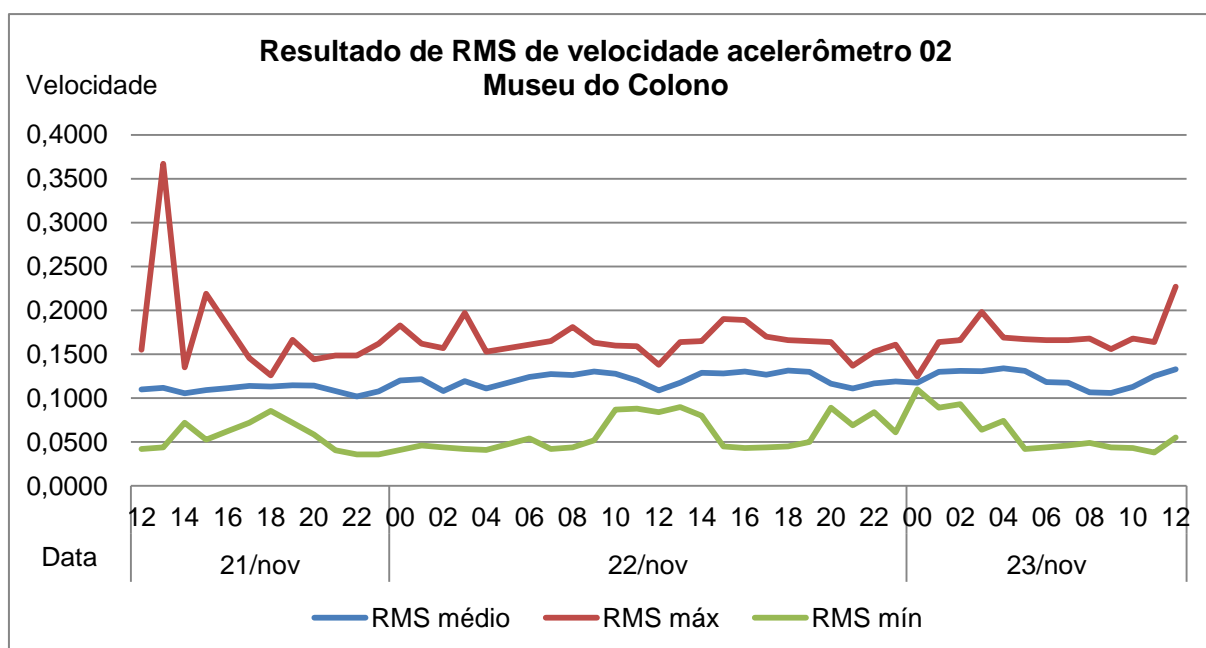


Tabela 19 - Média, máximo e mínimo resultados de Pico de velocidade por hora, nos dias 23 a 25 de novembro de 2016, dos acelerômetros 01 e 02, acoplados no Museu do Colono

Pico (mm/s) – Museu do Colono							
Data	Horário	Acelerômetro 01			Acelerômetro 02		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
21/11/2016	12	1,2823	3,1500	0,3770	1,0595	3,0500	0,2470
	13	1,0591	3,1300	0,3190	1,0351	<b>3,4400</b>	0,3360
	14	1,0769	3,0000	0,3050	1,2001	3,0300	0,4160
	15	1,1394	3,0933	0,3336	1,0982	3,1733	0,333
	16	1,0240	2,7699	0,3273	0,9698	2,7514	0,3127
	17	0,9087	2,4465	0,3210	0,8414	2,3295	0,2925
	18	0,7860	1,8450	0,4410	0,6679	1,6740	0,3555
	19	1,0022	2,8440	0,2205	0,8666	2,7270	0,2655
	20	0,9380	2,6505	0,3015	0,9897	2,5875	0,2565
	21	2,5667	<b>5,4400</b>	0,3510	0,9043	2,4705	0,2655
	22	2,9298	5,3100	0,9320	1,0411	2,7540	<b>0,2295</b>
	23	2,1842	4,9700	0,1010	1,0102	2,4345	0,2970
	22/11/2016	0	1,3806	5,4300	0,3740	1,1021	3,1700
1		1,0956	3,2300	0,2650	1,0459	3,1500	0,2580
2		1,1149	3,1600	0,3850	1,0832	3,1200	0,2500
3		1,0873	2,9900	0,3710	1,1953	2,9600	0,3180
4		1,1148	2,9500	0,4160	1,1912	2,9500	0,3960
5		1,2646	2,9500	0,4580	1,1879	2,8250	0,4590
6		1,4145	2,9500	0,5000	1,1847	2,7000	0,5220
7		1,1268	3,0800	0,2510	1,2146	3,2300	0,3740
8		1,0238	2,8300	0,3370	0,9937	3,1600	0,2520
9		1,0970	2,9900	0,2460	1,1536	3,0200	0,2680
10		1,0240	2,7600	0,4250	1,0212	2,6000	0,3200
11		1,0276	2,8100	0,3480	1,1138	2,9000	0,3800
12		1,0456	2,7900	0,3330	0,9773	2,9200	0,2480
23/11/2016	13	0,9838	2,7800	0,2940	1,0164	2,7500	0,3930
	14	1,0222	2,7000	0,3720	0,9276	3,0000	0,3690
	15	0,9362	2,8100	0,2680	0,8800	2,9900	0,3640
	16	1,0081	2,9400	0,3730	0,9397	2,9300	0,3390
	17	1,1787	2,9500	0,2640	1,0333	3,1200	0,2850
	18	1,0042	2,5600	0,2540	1,1146	3,1000	0,2520
	19	0,6145	1,0800	0,3270	1,0219	2,8400	0,4270
	20	0,9254	2,7400	0,3690	0,9733	2,9000	0,3700
	21	0,9408	2,9700	0,3400	0,9376	2,7100	0,2730
	22	1,0203	2,7400	0,3030	1,0332	2,7300	0,2570
	23	0,9800	2,8900	0,3110	0,8421	2,3800	0,3770
	0	0,9675	1,5000	0,4350	0,7648	1,6067	0,3023
	1	1,0872	2,9600	0,2490	1,1492	3,0200	0,3780
2	1,0563	2,9500	0,2500	1,0479	3,1100	0,3270	
3	1,1032	3,0400	0,2500	0,9972	3,2500	0,3690	
4	1,1579	2,9500	0,2510	0,9946	3,2900	0,2810	
5	1,0126	2,9400	0,2460	1,0043	2,9800	0,2510	
6	1,0506	2,9500	0,2950	1,0985	3,1400	0,2920	
7	0,9633	3,2000	0,3770	1,1081	3,0400	0,3310	
8	1,1754	2,9700	0,3420	1,2115	3,1900	0,3780	
9	1,0832	3,4300	0,2850	0,9897	3,1200	0,2480	
10	1,0898	2,9500	0,2520	1,0623	3,1700	0,3030	
11	0,9938	2,9600	0,2770	1,0630	3,1500	0,3710	
12	1,0985	2,9700	0,3970	0,9455	2,1800	0,3920	
<b>Limites medição completa</b>		<b>1,1054</b>	<b>5,4400</b>	<b>0,1010</b>	<b>1,0372</b>	<b>3,4400</b>	<b>0,2295</b>

Os gráficos com os valores de Pico de velocidade de vibração, no Museu do Colono, identificam o valor máximo registrado de 5,44 mm/s, no dia 21 de novembro, às 21:59 h, para o acelerômetro 01 (Figura 98), e de 3,44 mm/s, no dia no dia 21 de novembro, às 13:08 h (Figura 99).

Figura 98 - Gráfico com os valores de Pico médio, máximo e mínimo do acelerômetro 01 do Museu do Colono

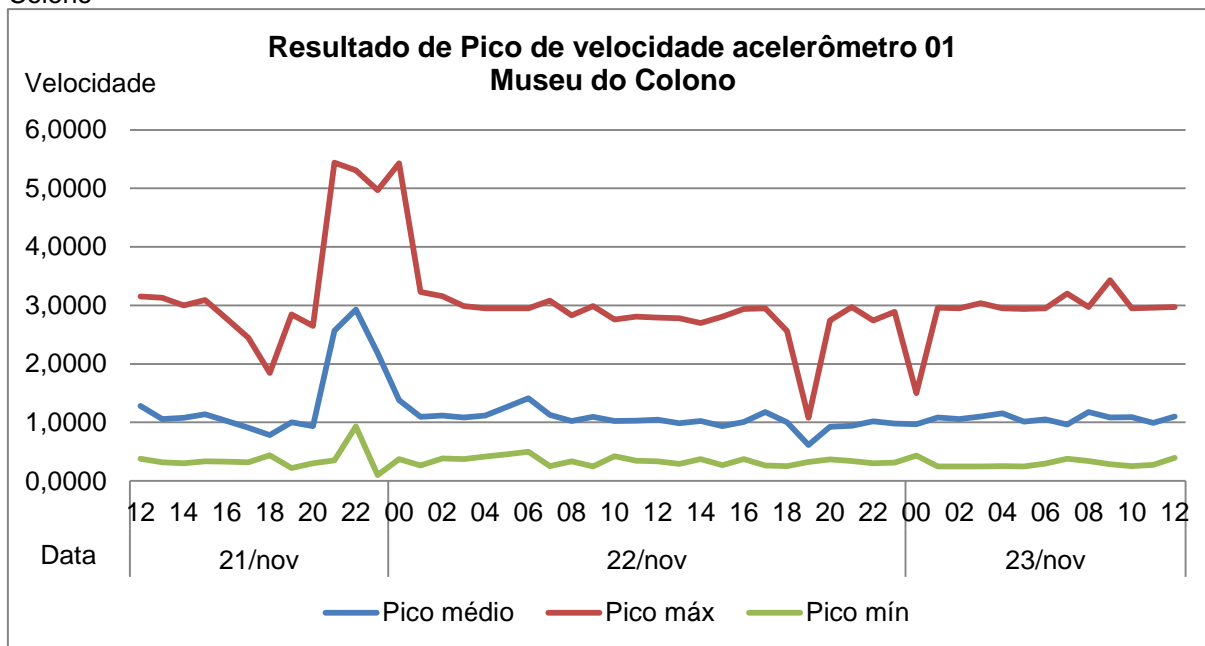
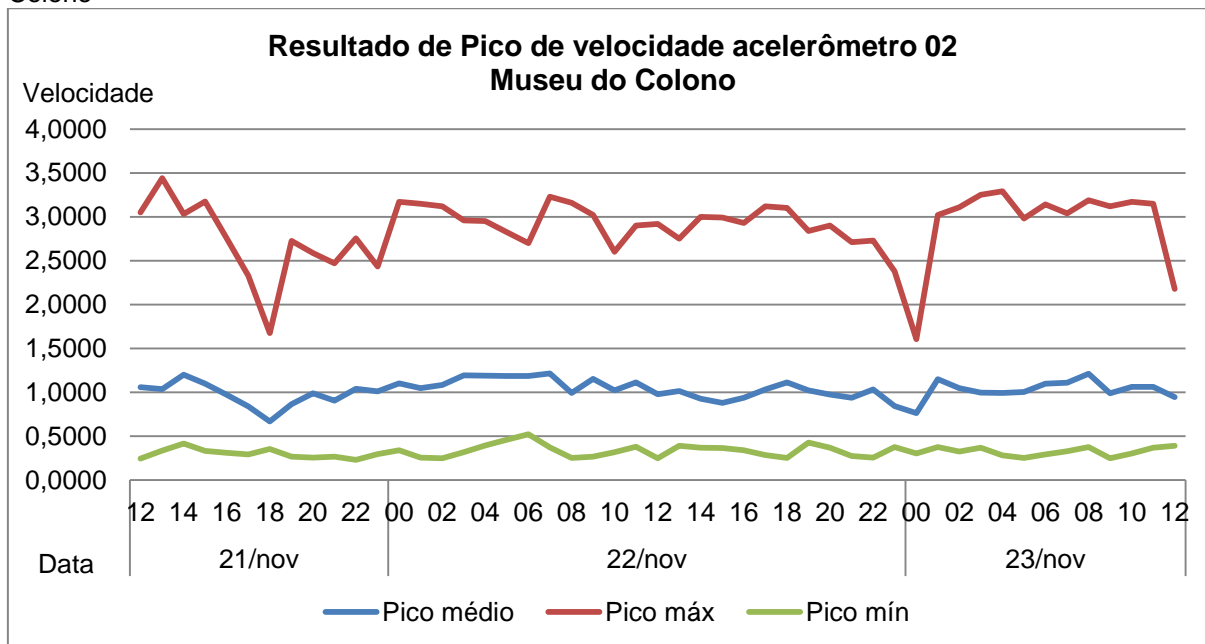


Figura 99 - Gráfico com os valores de Pico médio, máximo e mínimo do acelerômetro 02 do Museu do Colono



No Museu do Colono, é possível observar que os dados de maior velocidade se localizam entre 0 Hz e 25 Hz de frequência. Para exemplificar, são selecionados os gráficos de medição de vibração, com maior valor de RMS e Pico, dos acelerômetros 01 e 02. O maior valor de velocidade em RMS captado pelo acelerômetro 01 (Figura 100) é de 0,2060 mm/s, com Pico em 5,44 mm/s entre 20 Hz e 25 Hz, no dia 21 de novembro, às 21:59 h; e pelo acelerômetro 02 (Figura 101) é de 0,3670 mm/s, com Pico de 3,44 mm/s entre 0 Hz e 5 Hz, no dia 21 de novembro, às 13:08 h.

Figura 100 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 01, no dia 21/11/2016, às 21:59h, no Museu do Colono

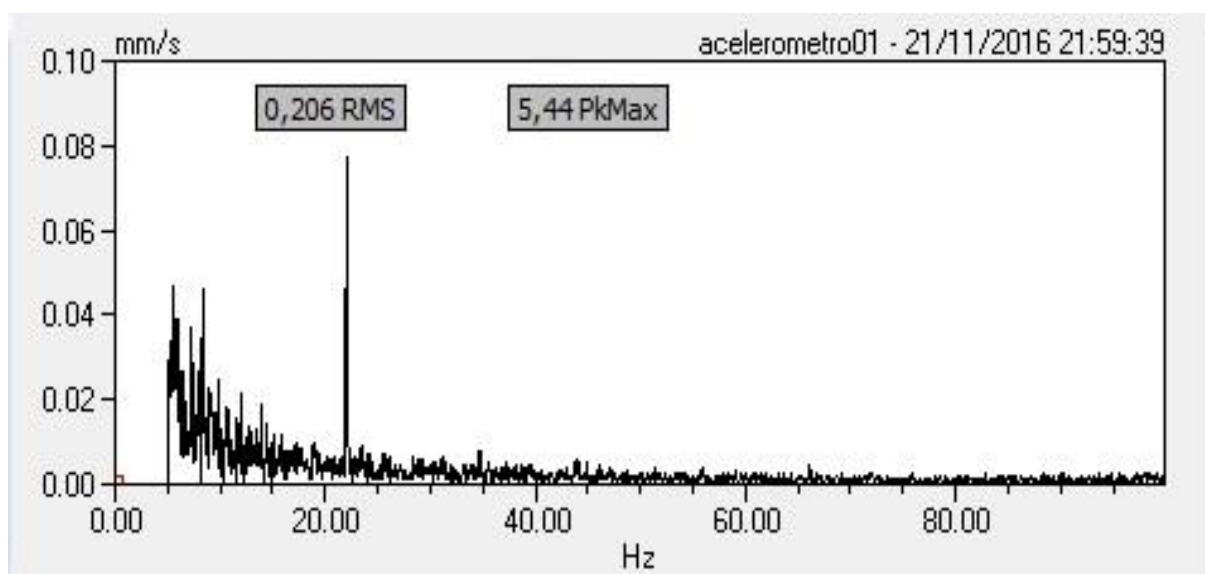
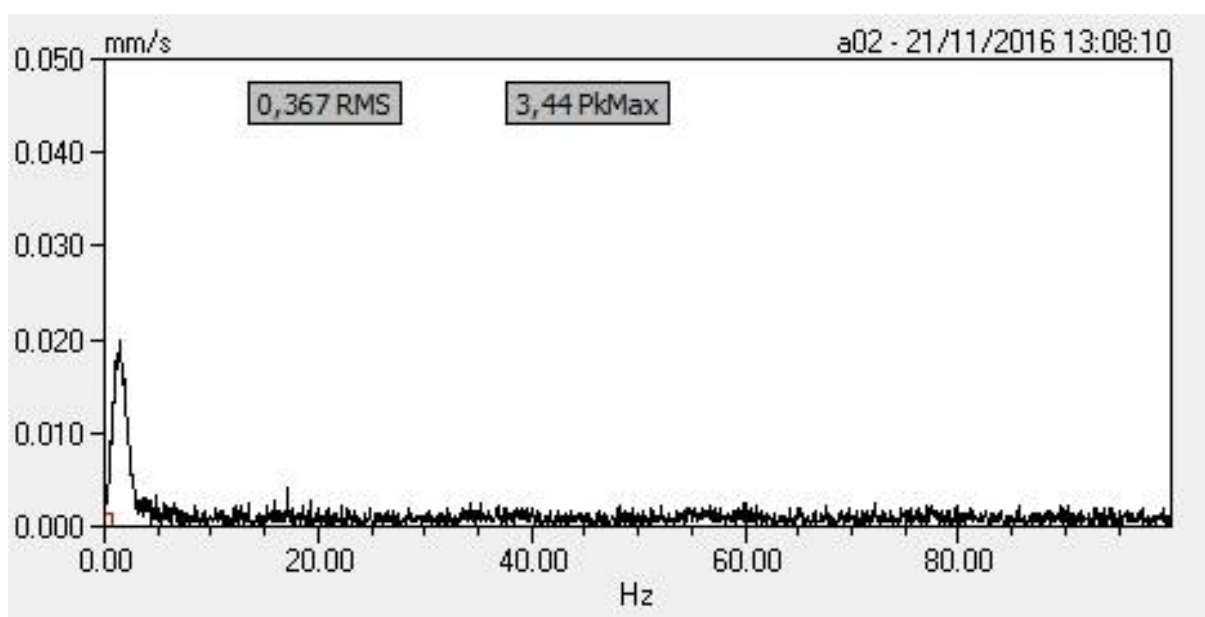


Figura 101 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 02, no dia 21/11/2016, às 13:08h, no Museu do Colono



Outras demonstrações de gráficos de leituras realizadas no Museu do Colono podem ser observadas nas Figuras 102 e 103.

Figura 102 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 02, no dia 21/11/2016, às 19:02h, no Museu do Colono

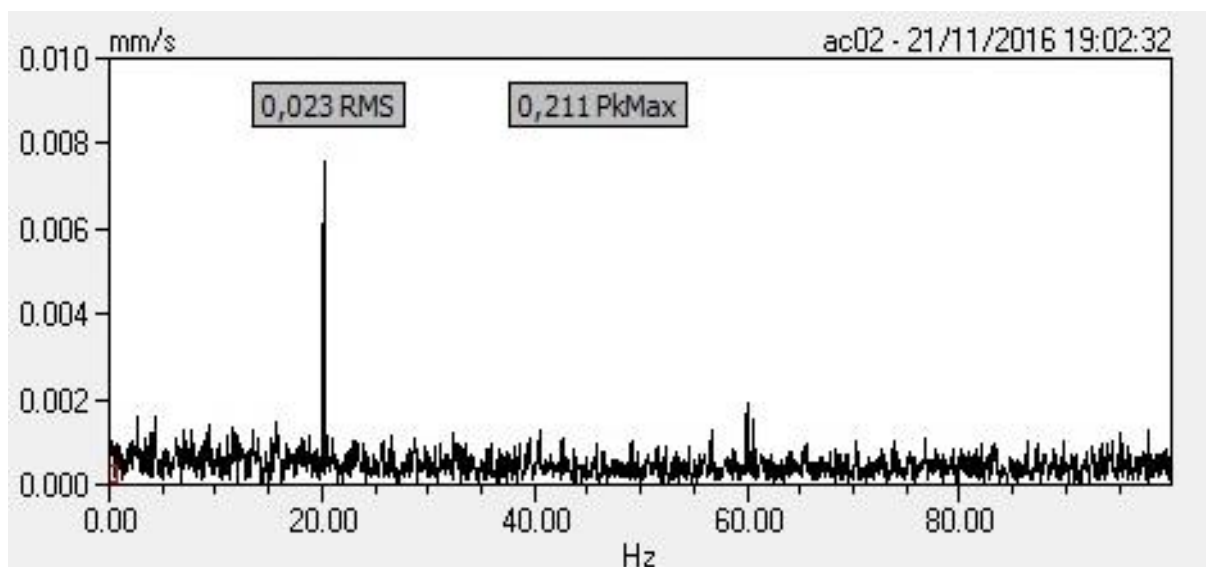
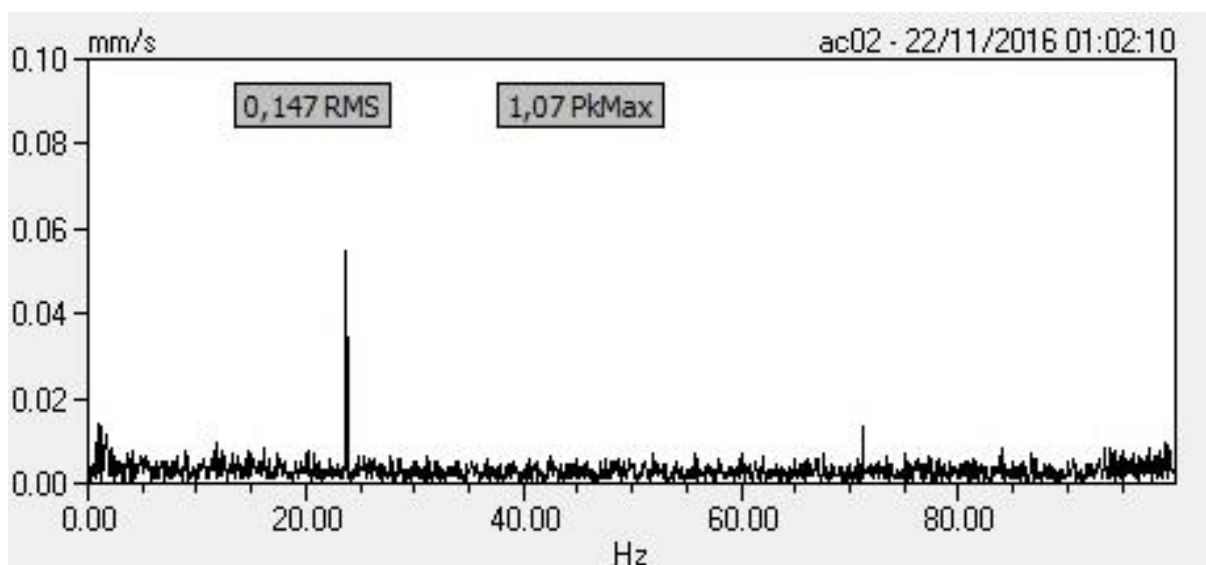
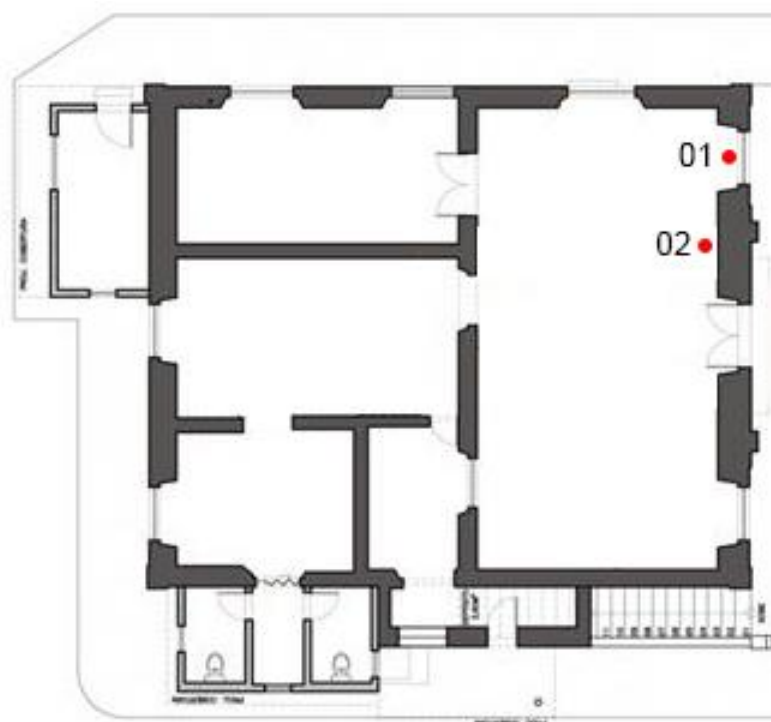


Figura 103 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 02, no dia 21/11/2016, às 01:02 h, no Museu do Colono



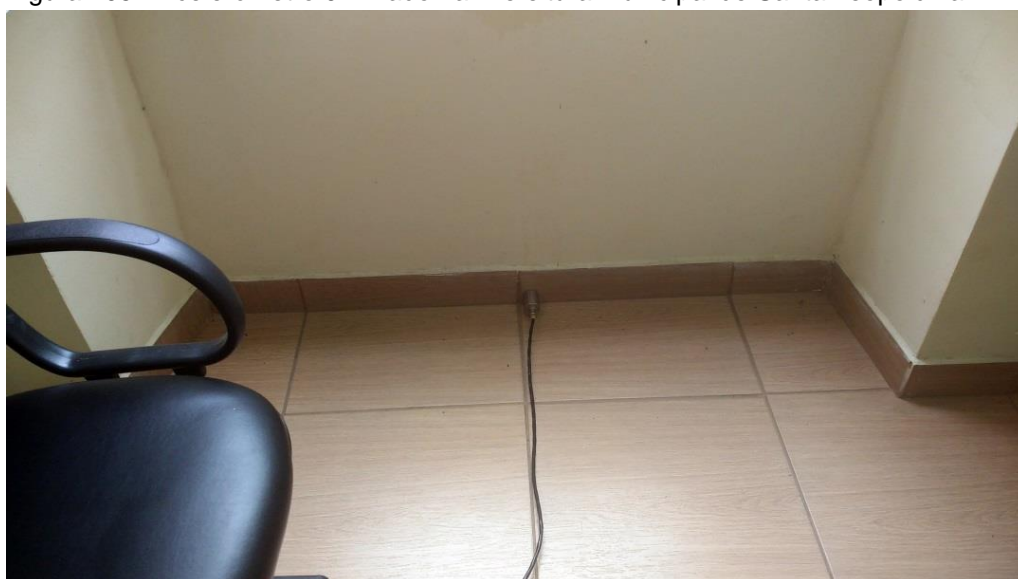
A medição de vibração na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina é realizada de 12:45h do dia 23 de novembro de 2016 até 12:45h do dia 25 de novembro de 2016. Os acelerômetros são fixados na parte interna da parede da fachada frontal do edifício (Figura 104). O acelerômetro 01 é fixado na parede, junto ao chão (Figura 105), abaixo da janela direita, e o acelerômetro 02 é fixado no chão (Figura 106), junto à parede, entre a porta de entrada e a janela da direita.

Figura 104 - Planta baixa do térreo com a localização dos acelerômetros



Fonte: Adaptado de Ferreira (2013)

Figura 105 - Acelerômetro 01 fixado na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina



Fonte: Acervo da autora (23 de novembro de 2016)



Figura 106 - Acelerômetro 02 fixado na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina



Fonte: Acervo da autora (23 de novembro de 2016)

As medições dos acelerômetros 01 e 02 são obtidas alternadamente, por isso, os valores não são iguais, pois além da diferença de posicionamento, possuem intervalo de aproximadamente 20 segundos para cada acelerômetro, tempo necessário para formação de cada leitura, obtidas alternadamente. A Tabela 20 identifica a média, o maior e menor valor de RMS, e a Tabela 21 o Pico, ambos em velocidade em mm/s, resultantes das medidas captadas no intervalo de cada hora, realizadas pelos acelerômetros 01 e 02. No final da tabela, são indicados os valores médios, máximo e mínimo captados na medição completa de 48 horas consecutivas.

Tabela 20 - Média, máximo e mínimo resultados de RMS de velocidade por hora, nos dias 23 a 25 de novembro de 2016, dos acelerômetros 01 e 02, acoplados na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina

RMS (mm/s) – Prefeitura Santa Leopoldina							
Data	Horário	Acelerômetro 01			Acelerômetro 02		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
23/11/2016	12	0,1364	0,1600	0,1090	0,1281	0,1530	0,1090
	13	0,1332	0,1550	0,1050	0,1239	0,1550	0,1050
	14	0,1300	<b>0,1750</b>	0,1050	0,1295	0,1530	0,1020
	15	0,1257	0,1500	0,1090	0,1278	0,1540	<b>0,0950</b>
	16	0,1265	0,1470	0,1090	0,1286	0,1490	0,0990
	17	0,1288	0,1490	0,1080	0,1314	0,1540	0,1040
	18	0,1240	0,1440	0,1050	0,1354	0,1550	0,1030
	19	0,1273	0,1400	0,1090	0,1344	0,1550	0,1050
	20	0,1275	0,1430	0,1090	0,1358	0,1590	0,1050
	21	0,1275	0,1450	0,1090	0,1337	0,1590	0,1030
	22	0,1246	0,1390	0,1080	0,1329	0,1530	0,1040
	23	0,1265	0,1423	0,1087	0,1341	0,1570	0,1040
	0	0,1266	0,1387	0,1077	0,1365	0,1563	0,1090
	1	0,1262	0,1370	0,1080	0,1357	0,1550	0,1090
24/11/2016	2	0,1258	0,1390	0,1070	0,1376	0,1560	0,1080
	3	0,1279	0,1400	0,1080	0,1362	0,1580	0,1100
	4	0,1258	0,1390	0,1050	0,1387	0,1570	0,1100
	5	0,1238	0,1380	0,1020	0,1368	0,1560	0,1050
	6	0,1248	0,1370	0,1010	0,1333	0,1540	0,1050
	7	0,1237	0,1440	0,1010	0,1375	0,1570	0,1050
	8	0,1294	0,1520	0,1140	0,1312	0,1540	0,1010
	9	0,1304	0,1500	0,1150	0,1336	0,1550	0,1030
	10	0,1274	0,1520	0,1030	0,1325	0,1500	0,0990
	11	0,1272	0,1470	0,1130	0,1304	0,1520	0,1030
	12	0,1255	0,1450	0,1060	0,1335	0,1510	0,1010
	13	0,1282	0,1470	0,1100	0,1313	0,1510	0,1000
	14	0,1269	0,1470	0,1070	0,1276	0,1500	0,1000
	15	0,1263	0,1430	0,1080	0,1309	0,1490	0,1020
25/11/2016	16	0,1265	0,1500	0,1120	0,1304	0,1510	0,0970
	17	0,1292	0,1470	0,1130	0,1341	0,1530	0,1070
	18	0,1257	0,1430	0,1040	0,1353	0,1550	0,1060
	19	0,1237	0,1410	<b>0,0990</b>	0,1376	0,1570	0,1120
	20	0,1256	0,1400	0,1050	0,1345	0,1580	0,1100
	21	0,1269	0,1400	0,1080	0,1375	0,1590	0,1080
	22	0,1263	0,1370	0,1070	0,1376	0,1570	0,1070
	23	0,1230	0,1400	0,1010	0,1380	0,1590	0,1120
	0	0,1237	0,1350	0,1050	0,1391	0,1570	0,1090
	1	0,1236	0,1350	0,1010	0,1375	0,1580	0,1090
	2	0,1252	0,1380	0,1060	0,1378	0,1560	0,1080
	3	0,1256	0,1360	0,1050	0,1370	0,1570	0,1100
	4	0,1242	0,1360	0,1040	0,1372	0,1570	0,1110
	5	0,1256	0,1390	0,1040	0,1374	<b>0,1600</b>	0,1120
6	0,1280	0,1400	0,1020	0,1399	0,1580	0,1130	
7	0,1253	0,1370	0,1060	0,1390	0,1590	0,1140	
8	0,1264	0,1460	0,1030	0,1332	0,1530	0,1020	
9	0,1304	0,1530	0,1120	0,1333	0,1520	0,1060	
10	0,1328	0,1540	0,1100	0,1298	0,1540	0,1070	
11	0,1305	0,1480	0,1130	0,1347	0,1520	0,1060	
12	0,1304	0,1480	0,1120	0,1321	0,1510	0,1090	
<b>Limites medição completa</b>		<b>0,1270</b>	<b>0,1750</b>	<b>0,0990</b>	<b>0,1343</b>	<b>0,1600</b>	<b>0,0950</b>

Os gráficos com os valores de RMS de velocidade de vibração, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina, identificam o valor máximo registrado de 0,175 mm/s, no dia 23 de novembro, às 14:47 h, para o acelerômetro 01 (Figura 107), e de 0,1600 mm/s, no dia no dia 25 de novembro, às 05:18 h (Figura 108).

Figura 107 - Gráfico com os valores de RMS médio, máximo e mínimo do acelerômetro 01 da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina

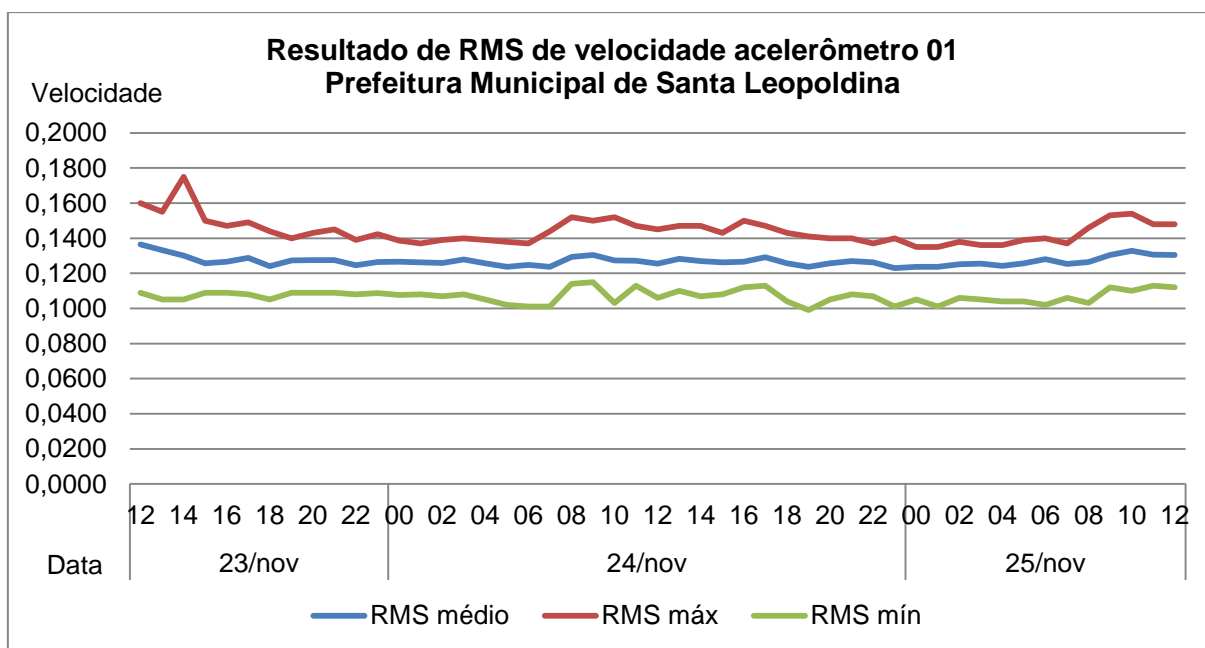


Figura 108 - Gráfico com os valores de RMS médio, máximo e mínimo do acelerômetro 02 da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina

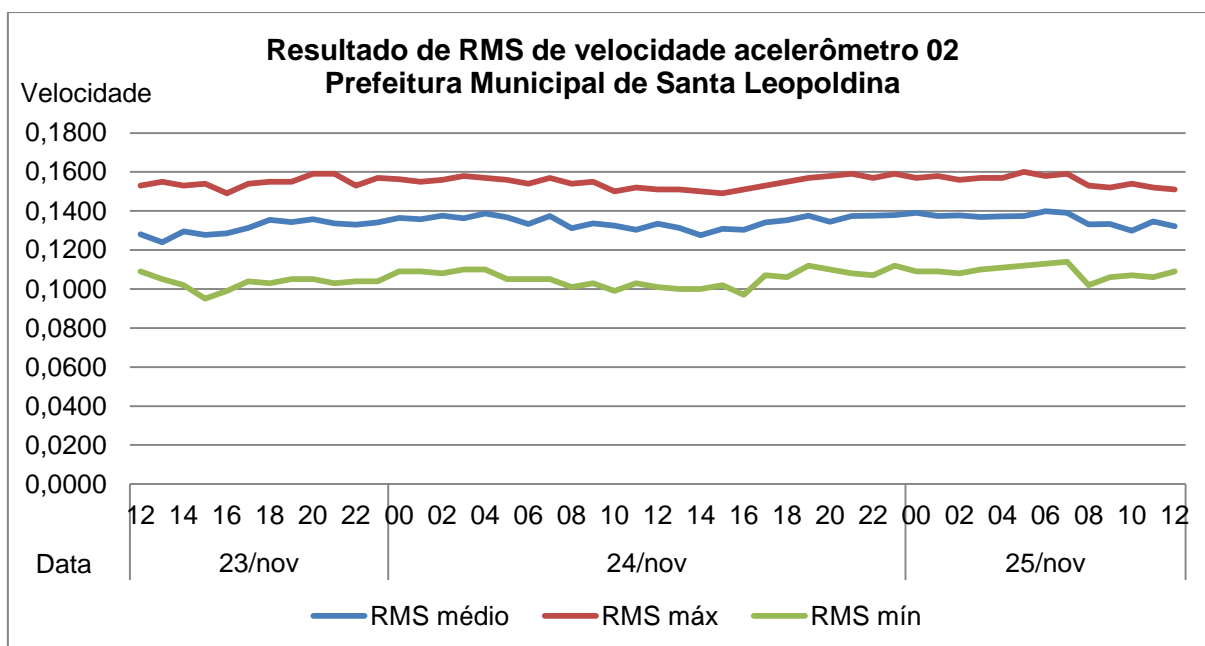


Tabela 21 - Média, máximo e mínimo resultados de Pico de velocidade por hora, nos dias 23 a 25 de novembro de 2016, dos acelerômetros 01 e 02, acoplados na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina

Pico (mm/s) – Prefeitura Santa Leopoldina							
Data	Horário	Acelerômetro 01			Acelerômetro 02		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
23/11/2016	12	0,6030	1,1400	0,3840	0,6179	1,2200	0,4170
	13	0,5770	1,4200	0,3690	0,6017	1,2200	0,4140
	14	0,5716	1,2300	0,3730	0,5573	0,8650	0,3780
	15	0,5879	1,4500	0,3730	0,5794	1,2300	0,3690
	16	0,5272	1,2400	0,3700	0,5735	1,2000	0,3700
	17	0,5525	1,3800	0,3710	0,5595	1,1900	0,3690
	18	0,5717	1,2500	0,3960	0,5344	0,8720	0,3680
	19	0,5907	1,5000	0,3910	0,5594	1,0300	0,3690
	20	0,5956	1,2600	0,3760	0,5795	1,2000	0,3690
	21	0,6178	1,4400	0,3910	0,6057	1,2100	0,3720
	22	0,5711	1,2300	0,3850	0,5649	1,5200	0,3690
	23	0,5948	1,3100	0,3840	0,5833	1,3100	0,3700
	0	0,5844	1,5667	0,3860	0,5774	1,2367	0,3703
	1	0,5758	1,1700	0,3910	0,6004	1,2500	0,3690
	2	0,5647	1,4800	0,3890	0,5654	1,2200	0,3700
	3	0,6126	2,0500	0,3780	0,5663	1,2400	0,3720
	4	0,6027	1,5100	0,2760	0,6050	1,2700	0,3690
	5	0,5306	1,2000	0,2760	0,5939	1,2400	0,3690
	6	0,5548	1,9200	0,3850	0,5122	1,0000	<b>0,2590</b>
	7	0,5848	1,6900	0,3790	0,5755	1,2200	0,3700
	8	0,5845	1,5300	0,3690	0,5613	1,1800	0,3690
	9	0,6182	1,4400	0,3720	0,5809	1,2400	0,3690
	10	0,5647	1,4400	0,3710	0,5350	0,9080	0,3750
24/11/2016	11	0,5366	1,2000	0,3720	0,6003	<b>2,6500</b>	0,3680
	12	0,5921	1,2400	0,3690	0,5756	1,0700	0,3690
	13	0,5630	1,4400	0,3700	0,5460	1,3000	0,3680
	14	0,5598	1,4200	0,3740	0,5462	1,1800	0,3690
	15	0,5618	1,2200	<b>0,2580</b>	0,5392	1,2000	0,2970
	16	0,5511	1,0300	0,3720	0,5677	1,2100	0,2630
	17	0,5813	1,4800	0,3700	0,5864	1,2300	0,3700
	18	0,5561	1,1700	0,3860	0,5758	1,2100	0,3740
	19	0,5776	1,4700	0,4000	0,5848	1,2500	0,3710
	20	0,5682	<b>2,9600</b>	0,3890	0,5849	1,2400	0,3810
	21	0,5642	1,2000	0,2780	0,5699	1,2400	0,3740
22	0,5445	1,2400	0,3900	0,5635	1,2400	0,3750	
23	0,5619	1,5000	0,2680	0,5581	1,0200	0,3720	
0	0,6128	2,8900	0,3830	0,5728	1,8600	0,3770	
1	0,5527	1,2000	0,3870	0,5552	1,2500	0,3730	
2	0,5789	1,2600	0,3790	0,5893	1,2200	0,3700	
3	0,6100	1,5100	0,3900	0,6088	1,0200	0,3770	
4	0,7151	1,2600	0,4960	0,7260	2,5300	0,4670	
25/11/2016	5	0,6353	2,4900	0,3770	0,6088	0,9240	0,4040
	6	0,5634	1,5200	0,3740	0,5799	1,2500	0,3930
	7	0,5749	1,4700	0,3740	0,5725	1,0500	0,3690
	8	0,5345	1,4900	0,3700	0,5795	1,2100	0,3710
	9	0,5594	1,4500	0,3770	0,5768	1,2600	0,3690
	10	0,5551	1,1400	0,2720	0,5954	1,1900	0,3700
	11	0,5900	1,2400	0,3690	0,5882	1,5000	0,3740
<b>Limites medição completa</b>		<b>0,5756</b>	<b>2,9600</b>	<b>0,2580</b>	<b>0,5767</b>	<b>2,6500</b>	<b>0,2590</b>

Os gráficos com os valores de Pico de velocidade de vibração, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina, identificam o valor máximo registrado de 2,9600 mm/s, no dia 24 de novembro, às 20:35 h, para o acelerômetro 01 (Figura 109), e de 2,6500 mm/s, no dia no dia 24 de novembro, às 11:52 h (Figura 110).

Figura 109 - Gráfico com os valores de Pico médio, máximo e mínimo do acelerômetro 01 da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina

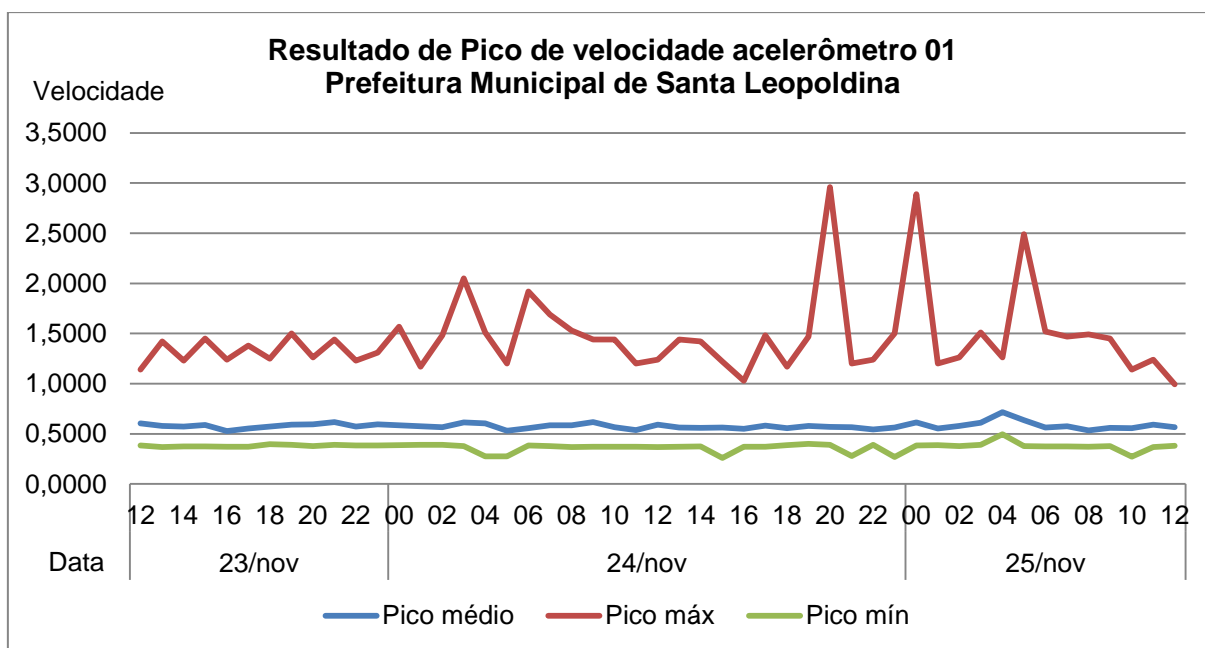
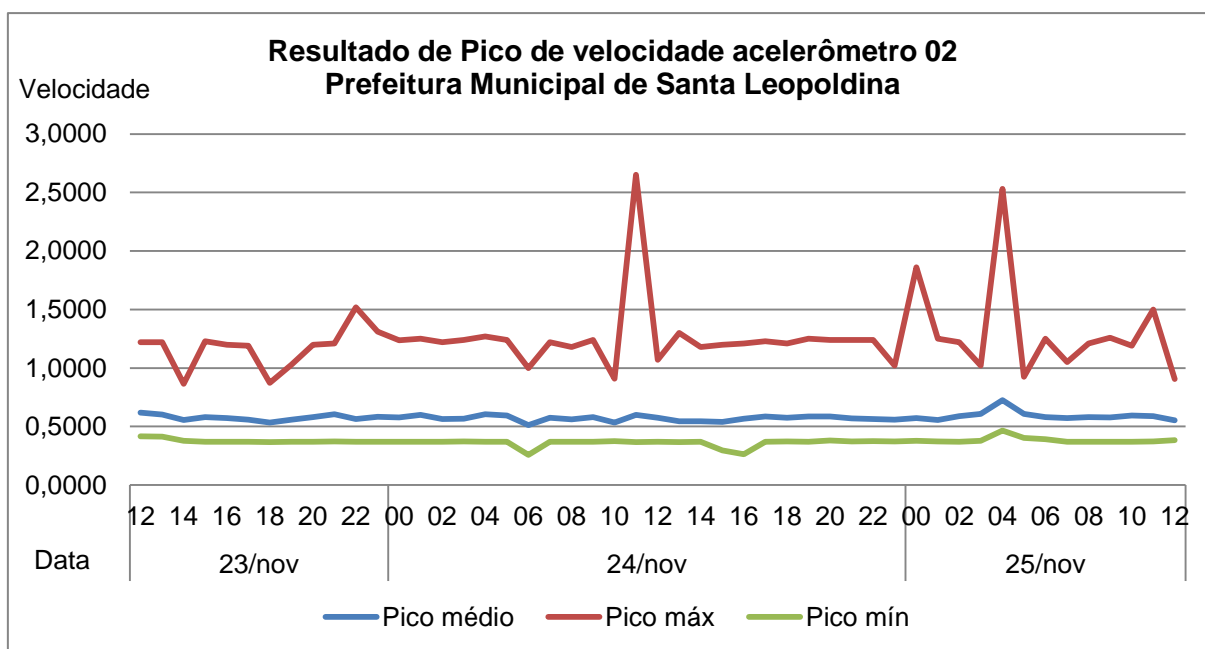


Figura 110 - Gráfico com os valores de Pico médio, máximo e mínimo do acelerômetro 02 da Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina



Na Prefeitura, as vibrações em frequência entre 40 Hz e 60 Hz, são as que apresentam maior velocidade. Quanto ao maior valor de velocidade em RMS, o acelerômetro 01 (Figura 111) apresenta 0,175 mm/s, e Pico em 0,839 mm/s entre 50 Hz e 55 Hz, no dia 23 de novembro, às 14:47 h; o acelerômetro 02 (Figura 112) apresenta com 0,1600 mm/s, e Pico em 0,7020 mm/s entre 55 Hz e 60 Hz, no dia 25 de novembro, às 05:18 h.

Figura 111 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 01, no dia 23/11/2016, às 14:47 h, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina

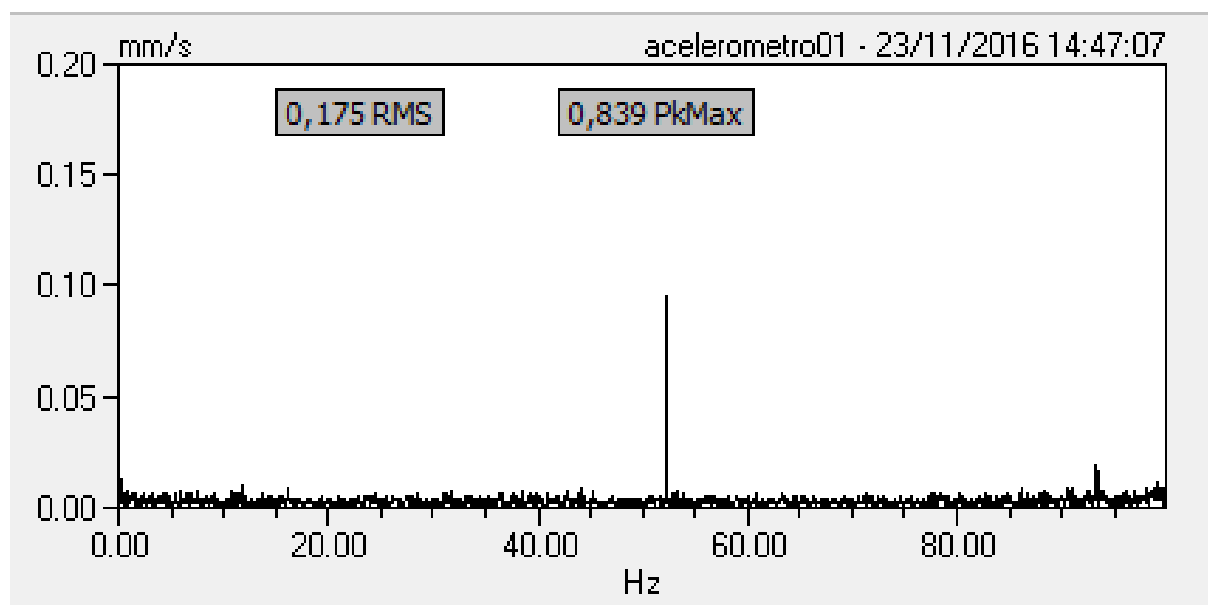
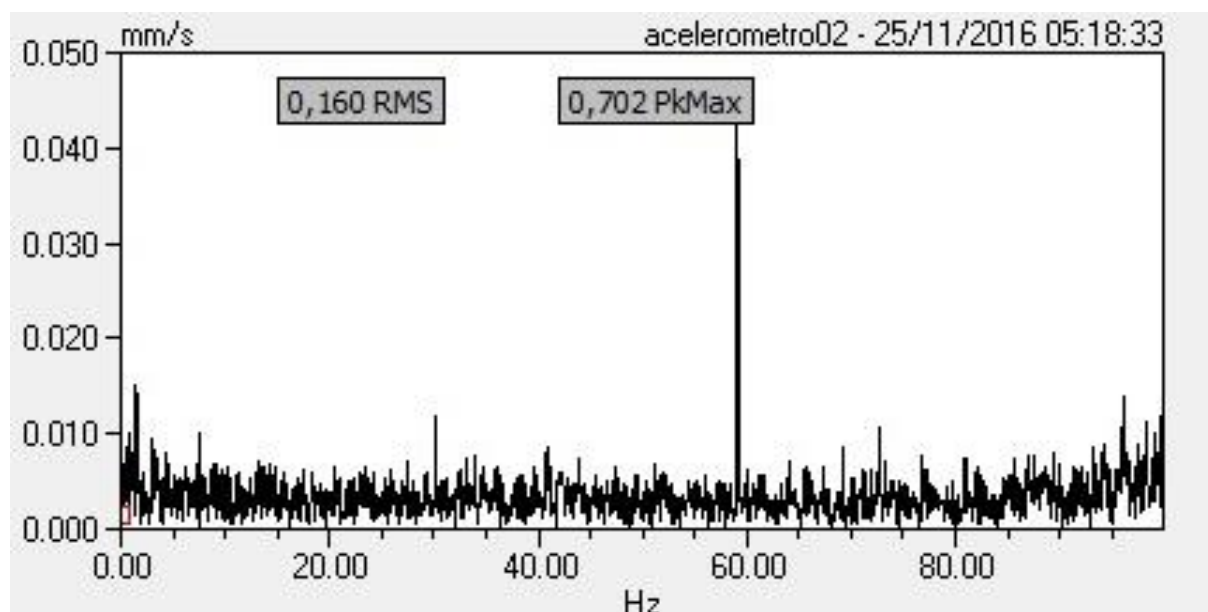


Figura 112 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 02, no dia 25/11/2016, às 05:18 h, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina





O valor de pico de velocidade é observado no acelerômetro 01 (Figura 113) com 2,9600 mm/s, entre 55Hz e 60 Hz, e RMS em 0,1400 mm/s, no dia 24 de novembro, às 20:35 h; no acelerômetro 02 (Figura 114) o valor de pico é de 2,6500 mm/s, entre 50 Hz e 55 Hz, com RMS em 0,136 mm/s, no dia 24 de novembro, às 11:52 h.

Figura 113 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 01, no dia 24/11/2016, às 20:35 h, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina

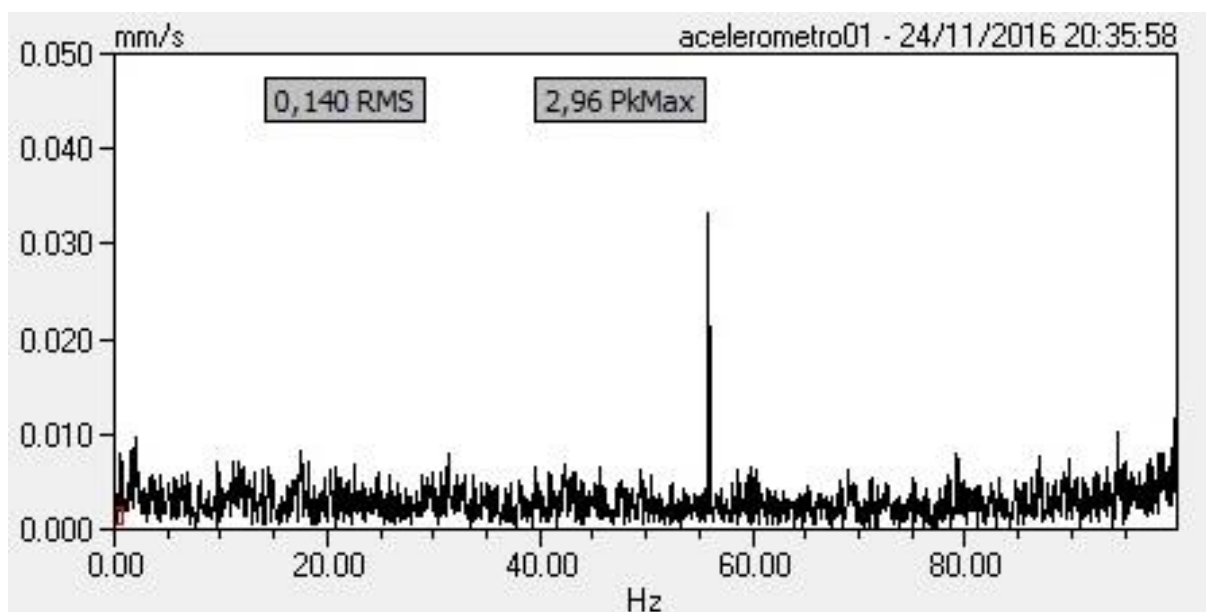
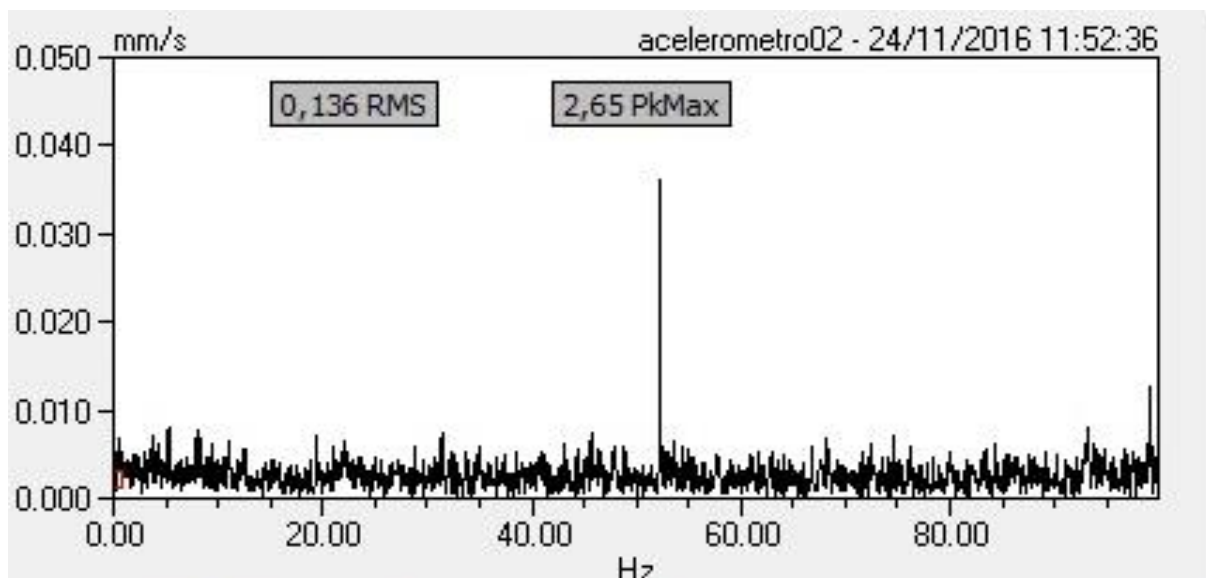


Figura 114 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 02, no dia 24/11/2016, às 11:52 h, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina



Outras demonstrações de gráficos de leituras realizadas no Museu do Colono podem ser observadas nas Figuras 115 e 116.

Figura 115 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 01, no dia 23/11/2016, às 13:15 h, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina

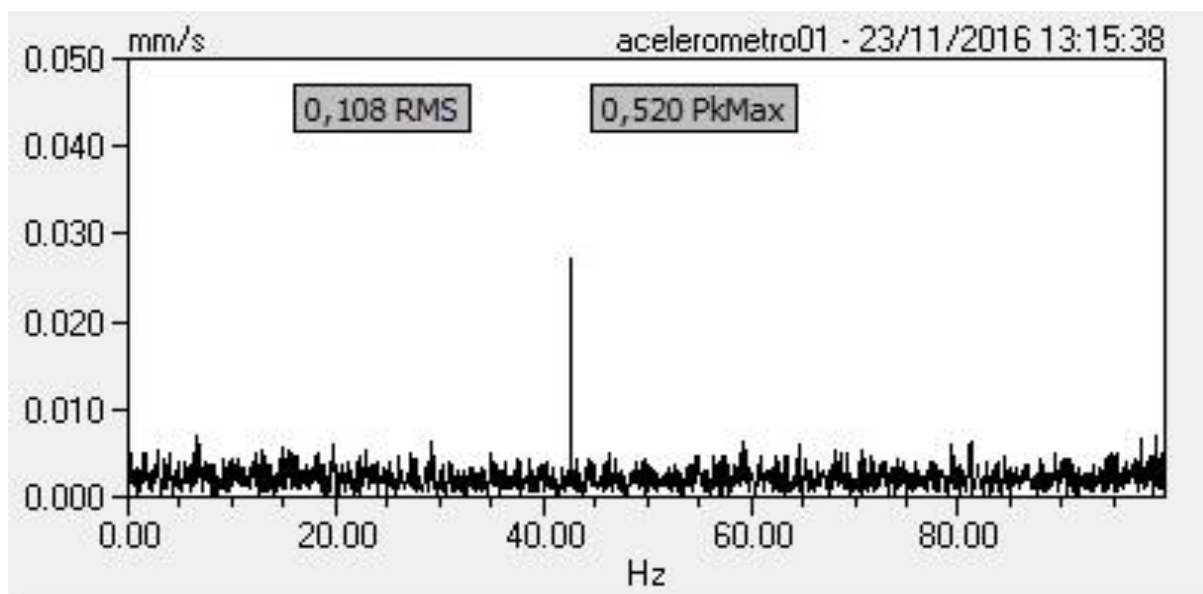
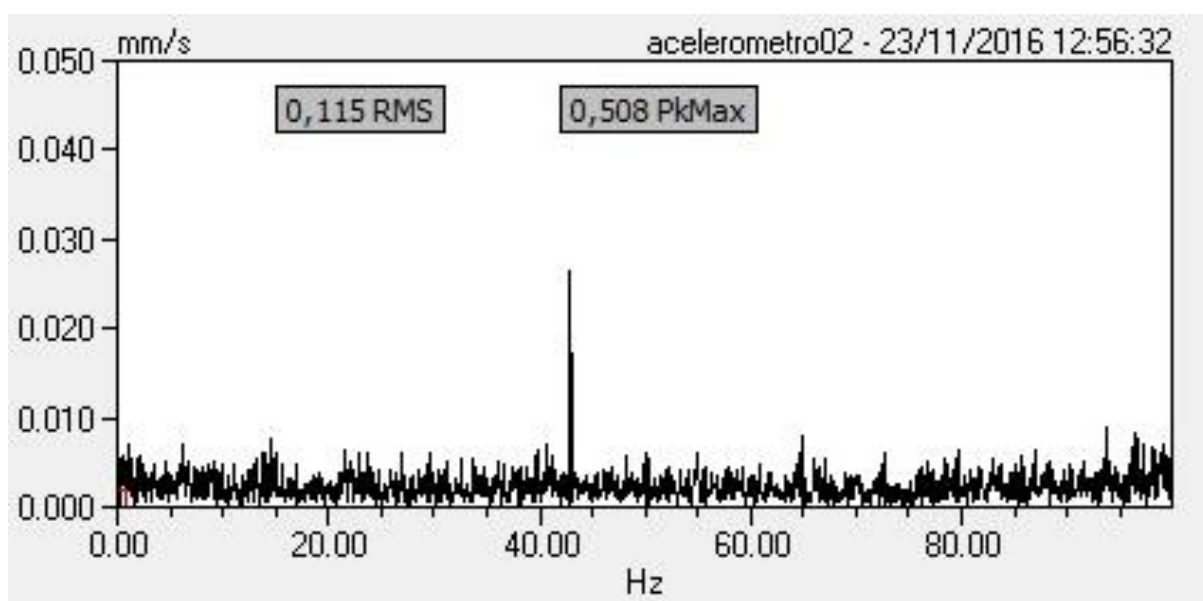


Figura 116 - Gráfico de medição de velocidade de vibração, do acelerômetro 02, no dia 23/11/2016, às 12:56 h, na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina



Os valores máximos de pico e RMS de velocidade de vibração registrados nas medições no Museu do Colono e na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina sugerem a passagem de um caminhão pesado pela via naquele determinado momento, a confirmação de tal hipótese seria realizada pela análise das imagens da gravação das câmeras de monitoramento da via, durante o período de análise de vibração, o que não foi viabilizado pela Prefeitura devido a um problema ocorrido neste equipamento e conseqüente impossibilidade de gravação das imagens.

A Tabela 22 identifica o maior valor de RMS e Pico de velocidade de vibração, em mm/s, captado por cada acelerômetro, no Museu do Colono e na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina, observados no ensaio de vibração mecânica.

Tabela 22 - Maior valor de RMS e Pico de velocidade (mm/s) no Museu do Colono e Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina

Edifício	Maior valor de RMS		Pico	
	Acelerômetro 01	Acelerômetro 02	Acelerômetro 01	Acelerômetro 02
<b>Museu do Colono</b>	0,5500	0,3670	5,4400	3,4400
<b>Prefeitura de Santa Leopoldina</b>	0,1750	0,1600	2,9600	2,6500

A análise dos valores de velocidade de vibração, em RMS e Pico captado nos ensaios realizados, é baseada nas Normas e Recomendações abordadas no item 2.1.2 Normas de técnicas de vibração. São elas: a norma internacional ISO 4866:2010, que estabelece diretrizes para medição de vibração em geral em edifícios; a Norma Brasileira NBR 9653, a Norma Alemã DIN 4150, a Norma Suíça SN 640312a, e as normas Inglesas BS 5228; BS 6472; BS 7385, que tratam sobre a vibração provocada pelo uso de explosivos; e no item 3.3.1 Avaliação da vibração, pelos autores Rao (2009), Resende (2011), Torraca (1986) e Oliveira (2011).

A Tabela 23 indica os valores propostos para edifícios históricos, quando os mesmos são classificados pelas normas.

Tabela 23 - Comparativo de valores limites de vibração

Norma	Frequência Hz	Amplitude mm	Velocidade mm/s	Aceleração m/s	Tipo de estrutura ou fonte de vibração
<b>ISO 4866:2010</b>	1 a 100	1 a 200	0,2 a 50	0,02 a 1	Tráfego rodoviário
<b>NBR 9653:2005</b>	4 a 15		15 a 20		Uso de explosivos
	15 a 40	-	20 a 50	-	
	>40		50		
<b>DIN 4150:1986</b>	<10		3		Edifícios delicados
	10 a 50	-	3 a 8	-	
	50 a 100		8 a 10		
<b>SN 640312a:1992</b>	60 a 90	-	8 a 12	-	Edifícios delicados
<b>BS 7385-1:1990</b>	1 a 80	1 a 200	0,2 a 50	0,02 a 1	Tráfego rodoviário

Os níveis de vibração experimentados durante o período das medições são, em sua maioria, inferiores ao limite estabelecido pelas normas, indicando que os valores estão dentro dos limites aceitáveis de vibração, com exceção do valor de pico de velocidade captado no Museu do Colono, de 3,44 mm/s, entre 0 Hz e 5 Hz, no dia 21 de novembro, às 13:08 h, quando comparado à norma alemã DIN 4150:1986, que estabelece velocidade de 3mm/s para frequência de até 10 Hz.

Além dos limites estabelecidos pelas normas técnicas, é conveniente analisar a metodologia de análise de vibração proposta por diversos autores, apresentadas no item 2.3.1 Avaliação da vibração, como Rao (2009), Resende (2011) e Oliveira (2011), que apresentam considerações distintas para a elaboração de limites de velocidade de vibração.

Para Rao (2009), que identifica os limites de velocidade em RMS, os valores encontrados na medição são inferiores ao patamar de danos, apresentado pelo autor de 3 a 5 mm/s em RMS.

De acordo com Resende (2011), as velocidades de pico captadas no Museu do Colono e na Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina são classificadas até o nível 5,0, em relação aos edifícios, os valores limites ultrapassam o máximo de vibração para monumentos antigos, situando-se entre a ausência de risco de danos para edifícios normais e o limite de risco de dano arquitetônico para residências com tetos e paredes em gesso (Tabela 24).

Tabela 24 - Comparação entre Reações Humanas e Efeitos sobre as Edificações

Velocidade de pico da partícula (mm/s)	Reações humanas	Efeitos nas edificações
0 a 0,15	Imperceptível	Vibrações incapazes de causar qualquer tipo de dano.
0,15 a 0,30	Limite de percepção, possibilidade de incômodo	Vibrações incapazes de causar qualquer tipo de dano
2,0	Vibrações perceptíveis	Limite máximo da vibração ao qual podem estar sujeitos monumentos antigos e ruínas
2,5	Nível no qual vibrações contínuas começam a incomodar	Não existe risco de dano arquitetônico para edifícios normais
5,0	Vibrações incômodas para pessoas em edifícios	Limite no qual existe risco de dano arquitetônico para residências com tetos e paredes com acabamento em gesso
10 a 15	Vibrações consideradas incômodas por pessoas sujeitas a vibrações contínuas	Vibrações superiores às normalmente esperadas com origem no tráfego. Causam danos arquitetônicos e possivelmente danos estruturais pequenos

Fonte: Resende (2011)

Apesar da norma alemã ter sido atualizada em 1986, Oliveira (2011) segue as recomendações estabelecidas pela norma da década de 1970, também utilizada por Torraca (1986), onde a velocidade de pico proposta é de até 2 mm/s admissível para vibração em ruínas e edifícios de valor histórico, inferior ao valor obtido no pico de velocidade obtido da medição de vibração, sendo, assim, a única metodologia para avaliação dos efeitos de velocidade de vibração em estruturas que apresenta limite menor que os valores de pico nos dois edifícios analisados. E, apesar da atualização dos valores da norma alemã, Oliveira (2011) é considerado referência para os estudos na área da tecnologia da conservação e restauração edifícios históricos brasileiros<sup>16</sup>.

É realizada análise dos valores por diversos padrões, que apresentam variações do valor limite aceitável de vibração, pois, não há um único conjunto de regras que satisfaça a todos os requisitos, para todos os tipos de situações possíveis, e nenhum garante a ausência de dano, apenas indicam a sua probabilidade (BACHMANN, 1995).

Embora os níveis captados, de acordo com as normais internacionais atualizadas, por vezes não se caracterizem como destrutíveis à estrutura, há preocupação com os efeitos em longo prazo, especialmente por se tratarem de edifícios históricos, com probabilidade de ocorrência de problemas estruturais, como fadiga dos materiais e o assentamento do solo próximo à estrada e os edifícios, que podem iniciar processo de deterioração progressiva (RAINER, 1982).

---

<sup>16</sup> O autor Oliveira (2011) é professor emérito da Universidade Federal da Bahia, coordenador do Núcleo de Tecnologia da Preservação e da Restauração (NTPR), que funciona através de intercâmbio entre o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e a UFBA.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com finalidade de avaliar o comprometimento da condição conservativa de edifícios históricos, construídos em alvenaria de tijolo cerâmico, decorrente da vibração mecânica ocasionada por tráfego viário, o presente trabalho adota método de pesquisa científico, com abordagem histórica, conceitual, empírica e experimental, de âmbito qualitativo e quantitativo. Para tanto, realiza percurso teórico com intuito de compreender o tecido urbano em função da evolução dos meios de transporte e a degradação decorrente da vibração ocasionada pelo tráfego, e por fim, objetiva estabelecer recomendações para prevenção e controle da deterioração em alvenarias suscetíveis à vibração.

As vias de comunicação se modificam ao longo do tempo, pois, inicialmente produzidas para tráfego de animais, passam a apresentar dimensões insuficientes com o desenvolvimento das cidades, associada à evolução dos meios de comunicação e sistemas de transportes automotivos. O segundo capítulo, apresenta o panorama do tráfego viário em sítios históricos, e o desenvolvimento da cidade ocasionado pelo impacto da evolução dos meios de transporte e comunicação.

O crescimento das cidades europeias se intensifica, especialmente após a Revolução Industrial, com o aumento da população e da produção industrial, e a evolução nos meios de transporte é uma das inovações técnicas mais marcantes. A transformação pela qual a cidade passa, juntamente com a problemática ocasionada pelo tráfego viário, é tratada no discurso da conservação dos centros históricos.

Segundo Leonardo Benevolo, no final do século XVIII, já são discutidas as transformações das cidades europeias que, na primeira metade do século XIX, apresentam problemas urbanísticos, como congestionamento e insalubridade. Esse panorama começa a mudar a partir da revolução de 1848, por meio de plano urbanístico pós-liberal, como as transformações realizadas nas cidades, especialmente pela alteração na rede viária, como nas propostas por Haussmann, em Paris, de 1853 a 1869; por Cerdà, em Barcelona, entre 1855 a 1863; e por Wagner, em Viena, de 1860 a 1910, que, a partir de planos urbanísticos, abrem novas vias e planejam uma nova cidade, partindo do princípio da circulação do tráfego viário e adequando a rede viária às necessidades e demandas da sociedade, ocasionadas pelo desenvolvimento dos meios de locomoção.



A abordagem teórica da modificação dos traçados urbanos é tratada por Gustavo Giovannoni, por meio de três instrumentos operativos ligados a diferentes escalas: planos no âmbito da cidade, atravessamento para o bairro e diradamento para o quarteirão. Essa teoria é considerada aplicável ao objeto da presente pesquisa, pois no âmbito da cidade, reconhece-se, no atual plano regulador, o Plano Diretor Municipal da cidade de Santa Leopoldina, a importância da conservação do seu patrimônio histórico. No âmbito do bairro, Giovannoni indica a criação de via externa ao centro histórico, destinada ao maior fluxo viário, teoria esta reforçada pelo diradamento, no âmbito do quarteirão, quando indica que o tráfego principal deve ser mantido fora da área histórica, com propósito de melhorar as condições sociais, de higiene e conservação dos edifícios históricos.

O Sítio Histórico de Santa Leopoldina se relaciona à discussão levantada por Giovannoni para o debate relativo às melhorias do fluxo viário e à preservação histórica, onde se contrapõem as exigências de desenvolvimento e a salvaguarda do patrimônio arquitetônico. Giovannoni indica que o tráfego deve ficar fora, a fim de desadensar o sítio histórico e proteger as edificações, enquanto a via do Sítio Histórico de Santa Leopoldina possui dimensão limitada, com intenso tráfego de veículos, em especial os de carga.

Em relação à interação entre edifício histórico e tráfego viário, algumas cartas patrimoniais também discorrem sobre o tema, como a Carta de Veneza (1933) que, assim como Giovannoni, indica a criação de vias com função de acordo com a destinação do uso, separando o tráfego pesado da pequena circulação, pois as vias produzidas para o trânsito de pessoas e animais apresentam dimensões insuficientes, dificultando a conciliação dos diversos tipos de locomoção e velocidades.

Já a Recomendação de Nairóbi se dedica às recomendações para a salvaguarda de conjuntos históricos, e entre eles destaca os danos relativos ao tráfego viário, reconhecendo o conflito existente entre eles. A Carta de Washington propõe como solução para tais danos a restrição viária no interior de áreas históricas, solução implantada em algumas cidades no Brasil, como Penedo, em Alagoas, e São Luiz do Paraitinga, no estado de São Paulo.

Além da abordagem histórica, teórica e metodológica, o segundo capítulo também aborda a perspectiva histórica da cidade de Santa Leopoldina, especialmente do seu

sítio histórico, e do seu desenvolvimento à luz dos processos de modificação dos meios de transporte. A cidade se desenvolve às margens do rio Santa Maria da Vitória como importante ponto de escoamento da produção, que chega ao Porto de Cachoeiro por meio de tropas e segue por meio fluvial até a capital. Com a construção de estradas e a evolução no sistema de transporte, a produção passa a ser transportada diretamente até o Porto de Vitória, reduzindo o tráfego fluvial.

A avenida onde se localiza o sítio histórico, e maior parte dos edifícios tombados, tem sua destinação alterada ao longo do tempo. Nessa perspectiva, é possível analisar a associação da evolução dos meios de transporte às transformações urbanas, desde mercadorias transportadas por tropas e canoas, predominantes no século XIX, abertura de novas vias, a chegada de caminhões e o declínio dos transportes fluviais, no início do século XX, até os caminhões de grande porte que trafegam na área urbana, utilizando-a como rota para o escoamento da produção agrícola dos municípios vizinhos.

A vibração mecânica é abordada no terceiro capítulo, através da apresentação de sua teoria e metodologia de análise. Diversas fontes de vibração são encontradas no ambiente urbano, entre elas, o presente trabalho destaca a provocada pelo tráfego viário. Esse tipo de vibração pode provocar danos estruturais nos edifícios, principalmente aos que estão localizados nas proximidades do fluxo. Os fatores que contribuem na sua propagação aos edifícios são a condição da estrada, composição do solo, característica da construção e distância entre a estrutura e a via.

A norma para análise de vibração utilizada como referência é a ISO 4866:2010, que estabelece princípios para avaliação dos efeitos na estrutura. Para isso classifica a fonte de vibração, a estrutura e o solo analisado. No entanto, a normativa utiliza como referência normas de outros países, como a Alemanha, Suíça, e Inglaterra, também abordadas para análise de vibração na presente pesquisa. O Brasil não possui norma específica de análise de vibração por tráfego, por isso é utilizada a norma para uso de explosivos.

A análise da vibração objetiva identificar os níveis e seus efeitos na estrutura e, para a avaliação dos resultados são utilizados diferentes padrões estabelecidos pelas normas, anteriormente citadas, e são considerados autores como Rao (2009), Resende (2011), Torraca (1986), e Oliveira (2011), a despeito dos mesmos apresentarem diferentes variações quanto ao valor aceitável de vibração. O ensaio é

realizado utilizando o equipamento Coletor e Analisador de Vibrações NK 840, com dois Sensores de Vibrações NK 30, e leituras de ondas pelo software Sistema Digital de Análise de Vibrações - SDAV 2015.

A análise geotécnica é indicada pela Norma ISO 4866:2010, pois a influência da condição do solo e sua interação com a estrutura são fatores estruturais a serem considerados na reação em resposta à vibração. O procedimento adotado na pesquisa, se faz por meio de sondagem a percussão, realizada pela Construtora Eltecom, no dia 06 de julho de 2012, contratado pela Prefeitura Municipal, por meio do Fundo Municipal de Saúde de Santa Leopoldina, para a construção da Unidade de Saúde, localizada na Avenida Prefeito Hélio Rocha.

Por fim, o quarto capítulo apresenta a degradação dos edifícios históricos de Santa Leopoldina, através de análise do tráfego viário, a caracterização técnico construtiva, e investigação tecnológica utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, com estudo da área selecionada e aplicação das medições e nos ensaios de vibração e geotécnica, com metodologia apresentada anteriormente, e interpretação dos resultados das medições e ensaios realizados.

Práticas de planejamento urbano e regional, pautadas na articulação entre transporte de mercadorias e preservação do patrimônio, auxiliam na proteção do bem e reforçam a importância de sua conservação. O Plano Diretor Municipal de Santa Leopoldina reconhece a possibilidade de danos decorrentes do tráfego, especialmente aos edifícios implantados junto à via no sítio histórico; porém, apenas o reconhecimento por vezes não é suficiente para garantir sua preservação, sendo necessária a união entre avaliação da situação atual e investigação em longo prazo, às medidas de salvaguarda e ações, que o assegurem de forma eficaz.

Para avaliação dos níveis de vibração mecânica nos edifícios históricos de Santa Leopoldina, considera-se o tipo do tráfego que passa pela região. Como mencionado anteriormente, o sítio histórico é utilizado como rota para o escoamento da produção agrícola das cidades vizinhas, e uma dessas cidades é a de Santa Maria de Jetibá, maior abastecedor de produtos para a Ceasa, no município de Cariacica, atividade econômica que cresce exponencialmente nos últimos anos, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE: o valor adicionado bruto da agropecuária na cidade cresce 894,8%, entre os anos de 1999 e 2014. (INSTITUTO..., 2017). Esse crescimento é diretamente proporcional ao aumento do

tráfego viário na região, e, conseqüentemente, aos níveis de vibração mecânica às edificações, e revela que, enquanto não houver a diminuição do tráfego, o mesmo deve-se intensificar com o passar dos anos e o aumento da produção.

A intensidade do fluxo viário tem gerado conflitos entre os automóveis, sobretudo dos caminhões de grande porte, ao trafegarem pelo reduzido espaço da largura da via. Outros aspectos analisados são as características e condição da via, que podem contribuir ou potencializar a propagação das ondas de vibração, como, por exemplo, a condição da estrada – se há irregularidade na via, com buracos e rachaduras, o tipo e a regularidade da pavimentação da estrada. A pavimentação asfáltica do sítio histórico tende a atenuar a vibração, sendo uma boa alternativa em relação ao pavimento irregular, como paralelepípedos, apesar de em alguns pontos existirem pequenas fissuras e remendo do asfalto com blocos.

Outros possíveis fatores que contribuem na vibração, como quantidade, velocidade, peso e suspensão dos veículos, variações sazonais e teor de umidade, não foram abordados na pesquisa, pois não foi disponibilizada a gravação das câmeras de monitoramento da via, solicitada junto à Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina, durante o período de análise, para realizar o quantitativo, análise da suspensão e peso médio dos veículos.

Os edifícios selecionados, Museu do Colono e Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina, apresentam pequenas fissuras, classificadas como danos cosméticos, geralmente localizadas próximas aos vãos. Não é possível indicar a fonte de ocorrência de tais danos. Para isso, é necessário o acompanhamento periódico da sua evolução e estudo aprofundado da sua ocorrência.

Para análise da vibração, realiza-se medição de 48h consecutivas em cada edifício, com utilização de dois acelerômetros acoplados internamente na parede da fachada frontal. É analisado o maior valor de vibração em RMS e pico em cada edifício. No Museu do Colono, os valores máximos no acelerômetro 01 são de 0,55 mm/s de RMS e 5,44 mm/s de pico, e no acelerômetro 02, 0,367 mm/s de RMS e 3,44 mm/s de pico. Os valores máximos captados na Prefeitura com o acelerômetro 01 é de 0,175 mm/s de RMS e 2,96 de pico, e no acelerômetro 02 de 0,16 mm/s de RMS e 2,65 de pico.

Para a melhor compreensão da vibração, deve ser considerada a composição do solo, fator importante na propagação de vibração. A análise geotécnica, realizada pela Construtora Eltecom, indica que o solo da região é predominantemente composto por argila arenosa mole, e, mais profundamente, por silte e areia. E, segundo Henwood (2002), solos de argila e silte, com camadas entre 7 e 15 metros de profundidade, favorecem as vibrações ocasionadas pelo tráfego de veículos, por se tratar de material menos rígido, onde há maior transmissão de vibração à edificação.

Apesar do intenso tráfego viário e da suscetibilidade do solo à propagação de vibração, considerando a condição atual dos edifícios analisados, constatou-se que os resultados das medições de vibração não são considerados prejudiciais à estrutura, quando comparados aos valores limites estabelecidos pelas normas técnicas de vibração. E um dos fatores que contribui para a atenuação da vibração é a pavimentação asfáltica do sítio histórico.

Porém, em longo prazo, é necessário observar que, se houver aumento no fluxo, principalmente de veículo pesado, aliado a outras condições que auxiliam a propagação e o aumento da vibração, como irregularidades na pista, a vibração tende a aumentar, com probabilidade de acarretar processo de deterioração, principalmente por se tratar de edifícios históricos.

Considerando que o maior fluxo de veículos pesados é proveniente do transporte de mercadorias agrícolas produzidas na cidade de Santa Maria de Jetibá, e que há um crescimento exponencial de sua produção nos últimos anos, decorrente de sua emancipação do município de Santa Leopoldina, no ano de 1988, é possível considerar que o elevado tráfego de caminhões no sítio histórico é relativamente recente, o que pode contribuir para os níveis de vibração e degradação registrados.

Concluindo, aponta-se a importância da diminuição do tráfego viário, como a forma mais adequada para o enfrentamento da salvaguarda dos edifícios, preservando o sistema construtivo original ou histórico (etapa construtiva do edifício considerada de valor histórico), sem a necessidade de reforço estrutural.

Recomendação geral de plano de ação setorial do patrimônio em particular no município de Santa Leopoldina e a manutenção do seu acervo arquitetônico e urbanístico por meio de estudos de caráter científico voltado a um conhecimento

histórico e técnico de materiais e sistemas construtivos. A elaboração envolve instituições de ensino e pesquisa, órgãos responsáveis de preservação, e a população diretamente afetada para definição de cenários capazes de reverter a tendência de degradação em curso.

Para isso, os instrumentos e soluções devem ser estudados e discutidos juntamente com os moradores, a fim de proporcionar impacto positivo, que vai além da conservação dos edifícios, mas também da relação da comunidade com seu patrimônio.

A investigação sugere como continuidade para a pesquisa o aprofundamento do estudo relativo ao material e à técnica construtiva dos edifícios avaliados, e caracterização completa do estado de conservação da estrutura; análise da vibração mecânica em diferentes épocas do ano, considerando a variação climática e de temperatura; e extensão da pesquisa a outros edifícios situados no Sítio Histórico de Santa Leopoldina. Da mesma maneira, defende-se o prosseguimento nas pesquisas e avaliação do tráfego quanto às outras manifestações patológicas decorrentes do fluxo viário, como a emissão de gases poluentes na atmosfera devido à combustão ocorrida nos motores, e seus efeitos sobre as edificações.



## ANEXO A


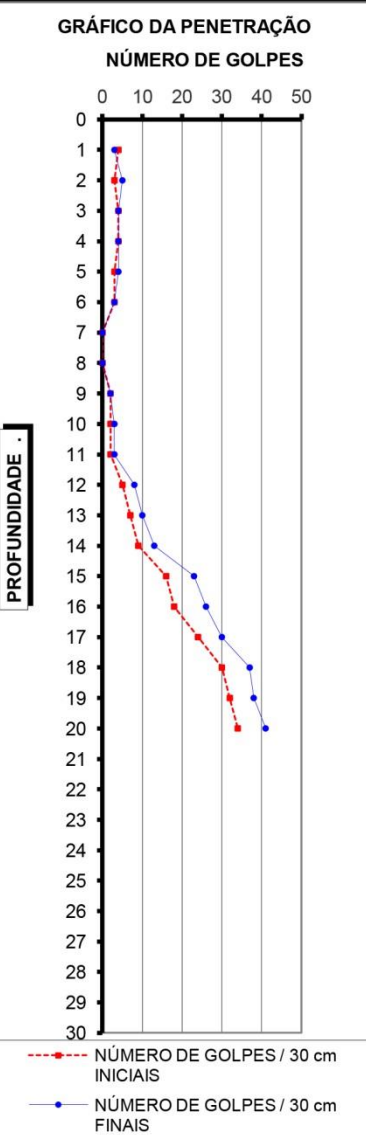
Classe das construções	Categoria da estrutura								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Categoria de fundações (Letra maiúscula) e tipos de solo (letra minúscula)									
Nível de vibração aceitável decrescente	1	Aa							
	2	Aa		Aa		Aa			
	3	Ab		Ab		Ab		Aa	
		Ba		Ba				Ab	
	4	A c		Bb		Ac		Ac	
		B b						Ba	
								Bb	
	5	Bc		Ac				Bc	
								Ba	
	6	Af				Ad		Bd	
								Bb	
								Ca	
	7			Af		Ae		Be	
								Bc	
							Cb		
8							Be		
							Bc		
							Cc		
9	Bf						Cd		
							Bd		
							Cc		
10			Bf				Ce		
11					Cf		Cf		
12							Cf		
13							Cf		
14							Cd		
							Ce		
							Cf		

Quanto maior o número: maior grau de proteção necessário


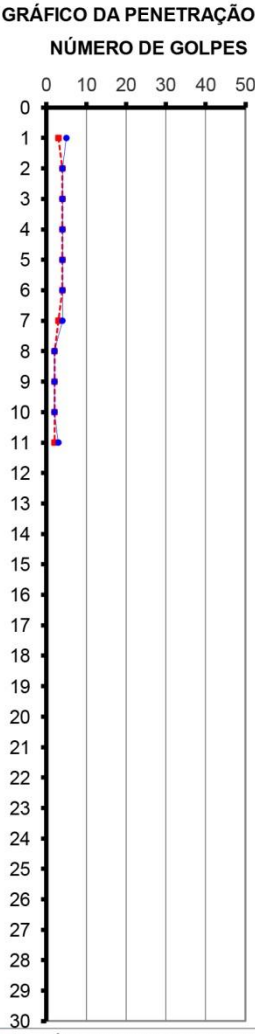
(INTERNATIONAL STANDARD. ISO 4866:2010, p. 22, tradução nossa).

## ANEXO B


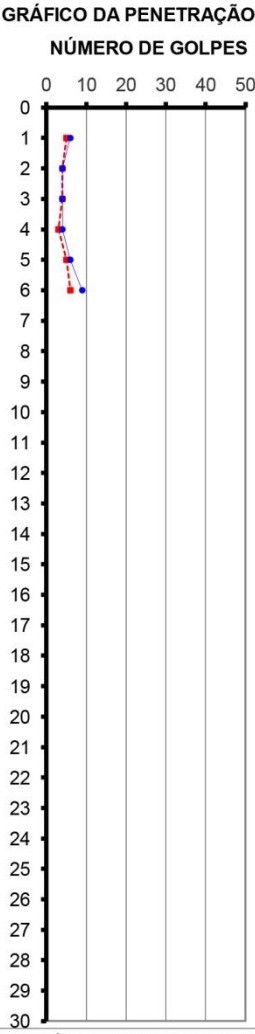

## RELATÓRIO DE SONDAGEM

 <b>Construtora ELTECOM</b>		CNPJ: 04.243.484/0001-50 Insc.Est.: 082.076.81-2				
<b>CLIENTE:</b> FUNDO MUNICIPAL DE SAÚDE DE SANTA LEOPOLDINA.						
<b>OBRA:</b> UNIDADE DE SAÚDE.						
<b>LOCAL:</b> AV. PREFEITO HÉLIO ROCHA, CENTRO, SANTA LEOPOLDINA - ES.						
FURO Nun. : SP 01		Profundidade do Lençol Freático (m): 6.53	DATA: 06-07-12			
<b>AMOSTRADOR PADRÃO</b> Diam. Interno: 34,9 mm Diam. Externo: 50,8 mm	<b>MARTELO</b> Peso: 65 kg Queda: 75 cm	<b>REVESTIMENTO</b> Diâmetro: 2 1/2" Profundidade: 6,00 m	<b>PROFUNDIDADE(m)</b> 20.45			
<b>COTA m(-)</b>	<b>PENETRAÇÃO</b>	<b>GRÁFICO DA PENETRAÇÃO</b> <b>NÚMERO DE GOLPES</b> 	<b>AMOSTRA</b>	<b>PROFUND. DA CAMADA (m)</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL</b>	
	<b>Nº DE GOLPES/15 cm</b>					
01	2 2 1				0,00	Argila arenosa, mole, cor vermelha.
02	1 2 3				1.50	Argila pouco arenosa, mole, cor avermelhada.
03	2 2 2				4.00	Argila arenosa, mole, cor marrom avermelhado.
04	2 2 2				6.20	Argila arenosa, muito mole, cor marrom claro.
05	1 2 2				8.00	Argila c/ pouco areia fina, muito mole, cor amarela.
06	1 2 1				9.80	Silte, fofo, cor cinza.
07	1 Golpe p/ 45cm.				12.00	Areia fina siltosa c/ matéria orgânica, pouco a medianamente compacta.
08	1 Golpe p/ 45cm.				15.00	Areia grossa c/ pedregulho de quartzo, compacto, cor variegada.
09	1 1 1				16.15	Areia bem graduada, compacta a muito compacta, cor branca.
10	1 1 2				20.45	Limite de Sondagem.
11	1 1 2					
12	2 3 5					
13	3 4 6					
14	4 5 8					
15	7 9 14					
16	8 10 16					
17	11 13 17					
18	13 17 20					
19	14 18 20					
20	15 19 22					
<b>SONDADOR:</b> Ademar Tietz		<b>OBSERVAÇÕES:</b>				
<b>ENG.º RESPONSÁVEL:</b> ANA FLÁVIA FERRON - CREA 5362-D-ES						


## RELATÓRIO DE SONDAAGEM

 <b>Construtora ELTECOM</b>		CNPJ: 04.243.484/0001-50 Insc.Est.: 082.076.81-2					
<b>CLIENTE:</b> FUNDO MUNICIPAL DE SAÚDE DE SANTA LEOPOLDINA.							
<b>OBRA:</b> UNIDADE DE SAÚDE.							
<b>LOCAL:</b> AV. PREFEITO HÉLIO ROCHA, CENTRO, SANTA LEOPOLDINA - ES.							
FURO Nun. : <b>SP 02</b>		Profundidade do Lençol Freático (m): 6.55	DATA: 06-07-12				
<b>AMOSTRADOR PADRÃO</b> Diam. Interno: 34,9 mm Diam. Externo: 50,8 mm	<b>MARTELO</b> Peso: 65 kg Queda: 75 cm	<b>REVESTIMENTO</b> Diâmetro: 2 1/2" Profundidade: 6,00 m	<b>PROFUNDIDADE(m)</b> 11.80				
COTA m(+)	PENETRAÇÃO			GRÁFICO DA PENETRAÇÃO NÚMERO DE GOLPES	AMOSTRA	PROFUND. DA CAMADA (m)	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
	Nº DE GOLPES/15 cm						
01	1	2	3		0,00	Argila arenosa, mole, cor vermelha.	
02	2	2	2				
03	2	2	2				
04	2	2	2				
05	2	2	2				
06	2	2	2				
07	1	2	2				
08	1	1	1				
09	1	1	1				
10	1	1	1				
11	1	1	2		11,80	Impenetrável à Percussão.	
SONDADOR:		Ademar Tietz		OBSERVAÇÕES:			
ENG. <sup>o</sup> RESPONSÁVEL		ANA FLÁVIA FERRON - CREA 5362-D-ES					

## RELATÓRIO DE SONDAGEM

 <b>Construtora ELTECOM</b>		CNPJ: 04.243.484/0001-50 Insc.Est.: 082.076.81-2																											
<b>CLIENTE:</b> FUNDO MUNICIPAL DE SAÚDE DE SANTA LEOPOLDINA.																													
<b>OBRA:</b> UNIDADE DE SAÚDE.																													
<b>LOCAL:</b> AV. PREFEITO HÉLIO ROCHA, CENTRO, SANTA LEOPOLDINA - ES.																													
FURO Nun. : <b>SP 03</b>		Profundidade do Lençol Freático (m): 6.45	DATA: 09-07-12																										
<b>AMOSTRADOR PADRÃO</b> Diam. Interno: 34,9 mm Diam. Externo: 50,8 mm	<b>MARTELO</b> Peso: 65 kg Queda: 75 cm	<b>REVESTIMENTO</b> Diâmetro: 2 1/2" Profundidade: 6,00 m	<b>PROFUNDIDADE(m)</b> 6.80																										
<b>COTA m(-)</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">PENETRAÇÃO</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Nº DE GOLPES/15 cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>02</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>03</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>04</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>05</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>06</td><td>2</td><td>4</td></tr> </tbody> </table>	PENETRAÇÃO			Nº DE GOLPES/15 cm			01	2	3	02	2	2	03	2	2	04	1	2	05	2	3	06	2	4	<b>GRÁFICO DA PENETRAÇÃO</b> <b>NÚMERO DE GOLPES</b> 		<b>AMOSTRA</b> 	<b>PROFUND. DA CAMADA (m)</b> 0,00 1,80 5,80 6,80	<b>CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL</b> Argila arenosa, média, cor vermelha. Argila arenosa, mole a média, cor amarela. Solo de residual, medianamente compacto. Impenetrável à Percussão.
	PENETRAÇÃO																												
	Nº DE GOLPES/15 cm																												
	01	2	3																										
	02	2	2																										
	03	2	2																										
	04	1	2																										
05	2	3																											
06	2	4																											
SONDADOR: Ademar Tietz		OBSERVAÇÕES:																											
ENG. RESPONSÁVEL		ANA FLÁVIA FERRON - CREA 5362-D-ES																											

## RELATÓRIO DE SONDAGEM

 <b>Construtora ELTECOM</b>		CNPJ: 04.243.484/0001-50 Insc.Est.: 082.076.81-2																																																		
<b>CLIENTE:</b> FUNDO MUNICIPAL DE SAÚDE DE SANTA LEOPOLDINA.																																																				
<b>OBRA:</b> UNIDADE DE SAÚDE.																																																				
<b>LOCAL:</b> AV. PREFEITO HÉLIO ROCHA, CENTRO, SANTA LEOPOLDINA - ES.																																																				
FURO Nun. : <b>SP 04</b>		Profundidade do Lençol Freático (m): 6.72	DATA: 09-07-12																																																	
<b>AMOSTRADOR PADRÃO</b> Diam. Interno: 34,9 mm Diam. Externo: 50,8 mm	<b>MARTELO</b> Peso: 65 kg Queda: 75 cm	<b>REVESTIMENTO</b> Diâmetro: 2 1/2" Profundidade: 8,00 m	<b>PROFUNDIDADE(m)</b> 15.00																																																	
<b>COTA m(-)</b>	<b>GRÁFICO DA PENETRAÇÃO</b>		<b>AMOSTRA</b>	<b>PROFUND. DA CAMADA (m)</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL</b>																																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">PENETRAÇÃO</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Nº DE GOLPES/15 cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>01</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>02</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>03</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>04</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>05</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>06</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>07</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>08</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>09</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>10</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>11</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>12</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>13</td><td>9</td><td>9</td></tr> <tr><td>14</td><td>10</td><td>17</td></tr> </tbody> </table>					PENETRAÇÃO			Nº DE GOLPES/15 cm			01	2	2	02	1	2	03	1	1	04	2	1	05	2	2	06	2	2	07	2	2	08	2	2	09	1	2	10	1	1	11	1	2	12	4	5	13	9	9	14	10
PENETRAÇÃO																																																				
Nº DE GOLPES/15 cm																																																				
01	2	2																																																		
02	1	2																																																		
03	1	1																																																		
04	2	1																																																		
05	2	2																																																		
06	2	2																																																		
07	2	2																																																		
08	2	2																																																		
09	1	2																																																		
10	1	1																																																		
11	1	2																																																		
12	4	5																																																		
13	9	9																																																		
14	10	17																																																		
01	2	2		0,00	Argila arenosa, mole, cor vermelha.																																															
02	1	2		1.90	Argila arenosa, mole, cor amarela.																																															
03	1	1		5.80	Argila arenosa, pouco siltosa, mole, cor variegada.																																															
04	2	1		11.00	Solo de alteração de rocha (residual), pouco compacto a compacto, cor variegada.																																															
05	2	2		15.00	Impenetrável à Percussão.																																															
06	2	2																																																		
07	2	2																																																		
08	2	2																																																		
09	1	2																																																		
10	1	1																																																		
11	1	2																																																		
12	4	5																																																		
13	9	9																																																		
14	10	17																																																		
SONDADOR:		Ademar Tietz		OBSERVAÇÕES:																																																
ENG. <sup>o</sup> RESPONSÁVEL		ANA FLÁVIA FERRON - CREA 5362-D-ES																																																		

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Gil Carvalho Paulo de. **Caracterização Física e Classificação dos Solos**. Departamento de Transportes. Faculdade de Engenharia. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2005.

ARQUIVO PÚBLICO DO ESPÍRITO SANTO. Imigrantes. **Caminho do Imigrante**. Disponível em: <[http://imigrantes.es.gov.br/html/caminho\\_imigrante.html](http://imigrantes.es.gov.br/html/caminho_imigrante.html)>. Acesso em 21 de março de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10273:2013** Ensaio não destrutivo - Análise de vibrações - Requisitos para instrumentos de medição se severidade de vibração de máquinas. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15928:2011** Ensaio não destrutivo - Análise de vibrações - Terminologia. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484:2001** Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502:1995** Rochas e solos. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9653:2005** - Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas. 2005.

ATTUX, Denise. Et al. **Fundinho: um bairro histórico para Uberlândia**. Inventário e diretrizes especiais de uso e ocupação do solo. Fórum Patrimônio. Belo Horizonte, v 2, n 1, jan./abr. 2008.

AYRES, Joaquim. **Provs. do Espírito Santo [Iconográfico]: Porto do Cachoeiro de Santa Leopoldina**. [1882?]. 1 foto: papel albuminado, p&b ; 28 x 22cm em cartão suporte: 48,9 x 33,2cm. Biblioteca Nacional Digital (Brasil). Disponível em: <<http://bdlb.bn.br/acervo/handle/123456789/49491>>. Acesso em: 02 de setembro de 2016.

BACCI, Denise de La Corte; et al. **Principais normas e recomendações existentes para o controle de vibrações provocadas pelo uso de explosivos em áreas urbanas – PARTE I e PARTE II**. REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto. 2003.

BACHMANN, Hugo. Et al. **Vibration Problems in Structures**. Practical Guidelines. 1995.

BENEVOLO, Leonardo. **A cidade na história da Europa**. Tradução Maria Jorge Vilar de Figueiredo. Editorial Presença. 1ª Edição. Lisboa. 1995.

BENEVOLO, Leonardo. **As origens da urbanística moderna**. Tradução Conceição Jardim e Eduardo L. Nogueira. Editorial Presença. 3ª Edição. Lisboa. 1994.

BENEVOLO, Leonardo. **História da cidade**. Editora Perspectiva. São Paulo. 1983.



BERNARDO, Pedro; DINIS DA GAMA, Carlos. **Sugestões para melhoria da norma portuguesa de controle de vibrações em construções**. 10º Congresso Nacional de Geotecnia. Geotecnia Multidisciplinar. Lisboa. 2006.

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

BRITISH STANDARD. **BS 7385-2:1993**. Evaluation and measurement for vibration in buildings. Part 2: Guide to damage levels from groundborne vibration. 1993.

BRITO, Luiz Antonio. **Avaliação das principais fontes de vibração no meio urbano**. Ambiente Construído, v.14, n.4, p. 233 – 249, Porto Alegre, out./ dez. 2014.

BRÜEL & KJAER DO BRASIL. Instrumentos Eletrônicos Ltda. **Medição de Vibração**. São Paulo. Outubro de 1982.

CAMPOS, Iberê M. **Tipos de solo e investigação do subsolo: entenda o ensaio a percussão e seu famoso índice SPT**. Geotecnia. Fórum da Construção. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura – IBDA. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=9&Cod=126>>. Acesso em 06 de outubro de 2015.

CARVALHO, Ana Carla de. **Convergências Contemporâneas nas Cidades Tombadas: A Ascensão Turística e o Tráfego na Cidade de Tiradentes-MG**. Dissertação Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído. Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2013.

CENTRAL DE ABASTECIMENTO DO ESPÍRITO SANTO – CEASA/ES. Unidade Grande Vitória. **Quantidade e Valor por procedência dos Produtos – VAF**. Informações Técnico-Econômicas. Janeiro a Junho de 2016. 16 de agosto de 2016.

CERDÀ, Ildfons. Replanteamiento del plano del Ensanche de Barcelona. Plano, 1863. Escala original: 1:5.000. Disponível em: <[http://issuu.com/anycerda/docs/11241\\_plano1\\_1863/1?e=0](http://issuu.com/anycerda/docs/11241_plano1_1863/1?e=0)>. Acesso em 08 de janeiro de 2017.

CHOAY, Françoise. Gustavo Giovannoni. **As questões do patrimônio**. Antologia para um combate. Edições 70. 2011.

CHOAY, Françoise. **O Reino do Urbano e a Morte da Cidade**. Tradução de Eveline Bouteiller Kavakama. Projeto História. Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados de História. PUC-SP. V. 18. São Paulo. 1999.

COSTA, F. Pereira da. **Obras de alvenaria**. Enciclopédia prática da construção civil. Fascículo 13. Editora Portugalíia. Lisboa. 1955.

COSTA, João Ribas da. **Canoeiros do Rio Santa Maria**. 2ª Edição. Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina. Fundação Ceciliano Abel de Almeida/UFES. 1982.

COSTA, Wing. Se em Vitória tem a Segunda e a Terceira Ponte, qual é a "primeira"?. Capixapédia. **Gazeta On Line**, Vitória, 06 ago. 2015. Disponível em:

<[http://www.gazetaonline.com.br/\\_conteudo/2015/03/especiais/capixapedia/3892875-se-em-vitoria-tem-a-segunda-e-a-terceira-ponte-qual-e-a-primeira.html](http://www.gazetaonline.com.br/_conteudo/2015/03/especiais/capixapedia/3892875-se-em-vitoria-tem-a-segunda-e-a-terceira-ponte-qual-e-a-primeira.html)>. Acesso em: 29 de agosto de 2016.

CRISTINA, Glória. Em Santa Leopoldina, o resgate do patrimônio. **A Tribuna**. Vitória, 07 de maio de 1983, p. 13, c. 2-4. Disponível em: <[http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20161117\\_aj22730\\_identidadecultural\\_museus.pdf](http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20161117_aj22730_identidadecultural_museus.pdf)>. Acesso em 10 de fevereiro 2017.

CURY, Isabelle. **Cartas Patrimoniais**. 3ª Edição - revisada e aumentada. Rio de Janeiro: IPHAN, 2004.

DEN HARTOG, Jacob Pieter. **Vibrações nos sistemas mecânicos**. Tradução Mauro O. C. Amorelli. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda. Editora da Universidade de São Paulo. 1972.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Secretaria dos transportes e obras públicas. **Mapa do sistema rodoviário do Espírito Santo**. Situação física em 2013. Disponível em: <[http://www.der.es.gov.br/download/Mapa\\_Rodoviario\\_2013.pdf](http://www.der.es.gov.br/download/Mapa_Rodoviario_2013.pdf)>. Acesso em: 22 de março de 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Estatística**. Frota. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/index.php/estatistica/237-frota-veiculos>>. Acesso em 02 de fevereiro de 2017.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Mensagem dirigida pelo Presidente de Estado do Espírito Santo, Dr. Bernardino de Souza Monteiro, ao Congresso Legislativo**, em sua 1ª Sessão Ordinária da 10ª Legislatura. Vitória, 1919. Disponível em <[http://www.ape.es.gov.br/pdf/Mensagem/1919\\_out\\_12\\_Bernadino\\_Souza\\_Monteiro.pdf](http://www.ape.es.gov.br/pdf/Mensagem/1919_out_12_Bernadino_Souza_Monteiro.pdf)>. Acesso em 21 março 2016.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Mensagem dirigida pelo Presidente do Estado do Espírito Santo, Dr. Berna Dino de Souza Monteiro, Ao Congresso Legislativo**, Em sua 2ª Sessão Ordinária da 9ª Legislatura. Vitória, 1917. Disponível em <[http://www.ape.es.gov.br/pdf/Mensagem/1917\\_set\\_13\\_Bernadino\\_Souza\\_Monteiro.pdf](http://www.ape.es.gov.br/pdf/Mensagem/1917_set_13_Bernadino_Souza_Monteiro.pdf)>. Acesso em 21 março 2016.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Cultura. Conselho Estadual da Cultura. Conjunto Histórico de Santa Leopoldina. **Análise da Proteção do Ambiente Cultural – APAC**. Vitória. 2008.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Cultura. Conselho Estadual da Cultura. **Análise da intervenção do imóvel tombado Museu do Colono em Santa Leopoldina**. Código 041.41. Nº do processo 69555257. 2015.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Cultura. Conselho Estadual da Cultura. **Arquitetura**. Patrimônio Cultural do Espírito Santo. Vitória: SECULT, 2009.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Cultura. **Museu do Colono terá elevador e rampas**. Notícias. 29 de setembro de 2016. Disponível em: <

<http://www.secult.es.gov.br/noticias/22707/museu-do-colono-tera-elevador-e-rampa.html>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2017.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Cultura. **Resolução nº 05/83**. Conselho Estadual de Cultura. Vitória, 30 de julho de 1983.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Cultura. **Resolução nº 003/2010**. Conselho Estadual de Cultura. Vitória, 26 de março de 2010.

EXPLICATORUIM. **Características das ondas**. Disponível em: <<http://www.explicatorium.com/cfq-8/caracteristicas-das-ondas.html>>. Acesso em: 02 de setembro de 2016.

FAITANIN, Ramona. **O planejamento como instrumento de conciliação entre a preservação e o desenvolvimento urbano: o caso da cidade de Vitória**. Dissertação Mestrado. Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Espírito Santo, 2012.

FERREIRA, Vanessa Heintze. **Projeto de Intervenção em Patrimônio Arquitetônico: Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina**. Projeto de Graduação. Departamento de Arquitetura. Universidade Federal do Espírito Santo. 2013.

FIGUEIREDO, Marlon. **Solos e Fundações**. Investigação do subsolo. Aula 04. Escola Técnica Unisuam. Junho de 2013. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgG2sAF/aula-4-solos-fundacoes>>. Acesso em 17 de janeiro de 2017.

FLORENZANO, Luciana da Silva. **Conservação de tijolo cerâmico em alvenarias históricas: subsídios para restauração do Sítio histórico de Santa Leopoldina – ES**. Dissertação Mestrado. Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.

GIOVANNONI, Gustavo. **Vecchie città ed edilizia nuova**. Città Studi Edizioni. Segunda edição. 1995.

GRAVAGNUOLO, Benedetto. **Historia del Urbanismo en Europa 1750-1960**. Tradução Juan Calatrava. Madrid. 1998.

GROSSELLI, Renzo M. **Colônias Imperiais na Terra do Café**. Camponeses trentinos (vênetos e lombardos) nas florestas brasileiras. Tradução Márcia Sarcinelli. Coleção Canaã. Volume 6. Arquivo Público do Espírito Santo. Vitória. 2008.

GRUPO SPT **Sondagem**. Serviços. Disponível em: <<http://www.sptsondagens.com.br/servicos?servico=sondagem>>. Acesso em: 06 de outubro de 2015.

GRUPO VIRTUOUS. Tecnologia Educacional. Só Física. **Ondas**. Disponível em <<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/classificacao.php>>. Acesso em 14 de outubro de 2015.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física. Gravitação, Ondas e Termodinâmica.** Tradução Flávio Menezes de Aguiar e José Wellington Rocha Tabosa. Volume 2. Rio de Janeiro. Editora LTC. 2006.

HENWOOD, Justin T. HARAMY, Khamis Y. **Vibrations induced by construction traffic: a historic case study.** Geophysics 2002. The 2nd Annual Conference on the Application of Geophysical and NDT Methodologies to Transportation Facilities and Infrastructure. Los Angeles, California. 2002.

ICOMOS. Comitê Científico Internacional para Análise e Restauro de Estruturas do Patrimônio Arquitetônico. **Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Patrimônio Arquitetônico.** Tradução Paulo B. Lourenço e Daniel V. Oliveira, Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados. Cidades.** Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/> >. Acesso em 02 de fevereiro de 2017.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. **Limites e Regionalizações - Divisão Político Administrativa do Espírito Santo.** Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/mapas>>. Acesso: 05 de agosto de 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **About ISO.** Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/home/about.htm>>. Acesso em 01 de julho de 2016.

INTERNATIONAL STANDARD. **ISO 4356:1977.** Bases for the design of structures – Deformations of buildings at the serviceability limit states. 1997.

INTERNATIONAL STANDARD. **ISO 4866:2010.** Mechanical vibration and shock - Vibration of fixed structures - Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on structures. 2 ed. 2010.

INTERNATIONAL STANDARD. **ISO 5348:1998.** Mechanical vibration and shock — Mechanical mounting of accelerometers. 1998.

JOKILEHTO, Jukka. **A History of Architectural Conservation.** Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford (1999, reprinted 2001, 2002, 2004 e 2005).

KANNO, Simone Izumi Kubo. **Metodologia de avaliação dos impactos dos transportes urbanos em áreas de preservação histórica.** Dissertação Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2008.

KRAUSS, Carlos. **Mappa geral da provincia do Espirito Santo [Cartográfico] : relativo as colonias e vias de comunicação.** Biblioteca Nacional (Brasil). Rio de Janeiro, RJ : Lithographia do Imperial Instituto Artístico, 1866. Disponível em: < [http://objdigital.bn.br/acervo\\_digital/div\\_cartografia/cart174500/cart174500.jpg](http://objdigital.bn.br/acervo_digital/div_cartografia/cart174500/cart174500.jpg)>. Acesso em 02 de setembro de 2016.

KÜHL, Beatriz Mugayar (Org.). **Gustavo Giovannoni. Textos escolhidos.** Artes e Ofícios. Ateliê Editorial, 2013.

KÜHL, Beatriz Mugayar. Notas sobre a Carta de Veneza. **Anais do Museu Paulista**. São Paulo. N. Sér. v.18. n.2. p. 287-320. jul.- dez. 2010.

LAMAS, José Manuel R. G. **Morfologia Urbana e Desenho da Cidade**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

LOURENÇO, P.B.. **Aplicações das Recomendações Icomos Sobre Conservação de Estruturas Antigas: do Elemento Construtivo à Estrutura Global**. 2º Seminário A Intervenção no Patrimônio Histórico – Práticas de Conservação e Reabilitação. 2005.

MACHADO, Nuno. Aulas de Física e Química. **Propriedades de uma Onda**. Disponível em < [http://www aulas-fisica-quimica.com/8f\\_05.html](http://www aulas-fisica-quimica.com/8f_05.html)>. Acesso em 14 de outubro de 2015.

MARIANE, Aline. **Veja os detalhes de execução da sondagem SPT-T**. Construção Mercado. Negócios de incorporação e construção. Edição 148. Editora Pini. Nov. 2013. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/index.aspx>>. Acesso em 06 de outubro de 2015.

MORAES, Ormando. **Por Serras e Vales do Espírito Santo. A epopéia das tropas e dos tropeiros**. Instituto Histórico e Geográfico do Espírito Santo. Gráfica Espírito Santo. Vitória. 1989.

MORELATO, Andressa da Silveira. **Sítio Histórico Urbano de Santa Leopoldina: Uma análise de sua preservação**. Dissertação Mestrado. Programa de Pós Graduação em Artes. Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

MUSEU DO COLONO. Disponível em: <<https://museudocolono.wordpress.com/>>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2017.

NETO, Alfredo Pinto da Conceição; NAKAGUMA, Roberto Katumi. Vibrações em estruturas. **Téchne**. Edição 105, ano 13, pag. 20 - 25, dez. 2005.

NILSSON, James W.; RIEDEL, Susan A. **Circuitos Elétricos**. Sexta edição, Editora LTC, Rio de Janeiro, 2003.

NORMA PORTUGUESA NP 2074. **Avaliação da influência em construções de vibrações provocadas por explosões ou solicitações similares**. Instituto Português da Qualidade (IPQ), Lisboa. 1983.

OLIVARI, Giorgio. **Patologia em Edificações**. 2003. Trabalho de conclusão de curso, Curso de Engenharia Civil com ênfase Ambiental, Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo.

OLIVEIRA, Mário Mendonça de. **Tecnologia da conservação e da restauração - materiais e estruturas**. Um roteiro de estudos. 4ª edição revisada e ampliada. Universidade Federal da Bahia. Salvador. EDUFBA, 2011.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. Em 16 aulas. Oficina de textos. São Paulo, 2000.

PREFEITURA DE SANTA LEOPOLDINA. Disponível em: <<http://www.santaleopoldina.es.gov.br/>>. Acesso em: 22 de agosto de 2016.

QUEIROZ, Rodrigo Zotelli. **Uso de ferramentas computacionais para análise de modificações na ambiência urbana de sítio histórico tombado: ensaio em Santa Leopoldina – ES.** Dissertação Mestrado. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Centro de Artes. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. 2013.

QUINTÃO, Leandro do Carmo. **A interiorização da capital pela estrada de ferro sul do Espírito Santo.** Dissertação Mestrado. Programa de Pós Graduação em História Social das Relações Políticas. Universidade Federal do Espírito Santo, 2008.

RAINER, J. H..**Effect of vibrations on historic buildings: an overview.** The Association for Preservation Technology Bulletin. Volume XIV, nº 1, p. 2-10. Canada. 1982.

RAO, Singiresu. **Vibrações mecânicas.** Tradução Arlete Simille Marques. Revisão técnica Prof. Dr. José Juliano de Lima Junior. 4. ed. São Paulo. Editora Person Prentice Hall. 2009.

REBELO, Karla Maria Wingler. **Ensaio de laboratório em mecânica dos solos.** Apostila Prática. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2014.

RESENDE, Luiz Mauro de. **Análise do risco de danos por vibração mecânica nos monumentos setecentistas do Caminho do Tronco de Ouro Preto.** Dissertação Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Materiais da Rede Temática em Engenharia de Materiais - REDEMAT. Universidade Federal de Ouro Preto. 2011.

RIBEIRO, Nelson Pôrto. **Alvenarias e Argamassas.** Restauração e Conservação. Org. Wallace Caldas. Coleção Artes e Ofícios. In Fólho. Rio de Janeiro. 2009.

RIBEIRO, Sandra Bernardes (org). **Mobilidade e Acessibilidade Urbana em Centros Históricos.** Cadernos Técnicos. Iphan. Brasília, 2014.

SANTA LEOPOLDINA (cidade). **Lei complementar nº. 1223,** de 08 de outubro de 2007. Plano Diretor Municipal. Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina, ES. 2007.

SANTA LEOPOLDINA (cidade). **Plano Municipal de Saneamento Básico.** (Eixos: Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário). Prefeitura Municipal de Santa Leopoldina, ES. 2015.

SANTA LEOPOLDINA: Museu do Colono completa 44 anos. Arte e Cultura. **ES Hoje.** 19 de abril de 2013. Disponível em: <[http://www.eshoje.jor.br/\\_conteudo/2013/04/entretenimento/arte\\_e\\_cultura/3094-santa-leopoldina-museu-do-colono-completa-44-anos.html](http://www.eshoje.jor.br/_conteudo/2013/04/entretenimento/arte_e_cultura/3094-santa-leopoldina-museu-do-colono-completa-44-anos.html)>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2017.



SÃO LUIZ DO PARAITINGA (cidade). **Lei complementar nº. 1347**, de 07 de janeiro de 2010. Plano Diretor Participativo. Prefeitura Municipal da Estância Turística de São Luiz do Paraitinga, SP. 2010.

SCHORSKE, Carl E.. **Viena Fin-de-Siècle**. Política e Cultura. Tradução Denise Bottmann. 1º reimpressão. Editora da Unicamp, Companhia das Letras. 1988.

SERRA, Geraldo G. **Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**. Guia prático para o trabalho de pesquisadores em pós-graduação. Edusp, Editora Mandarim. São Paulo, 2006.

SILVA, Jaqueline. LÓRA, Renata. **Mobilidade em núcleos urbanos preservados: uma questão de planejamento**. Urbi Centros. II Seminário Internacional – URBICENTROS. Maceió. 2011.

SILVA, Tiago Macedo de Oliveira. **Avaliação da transmissão de vibração num edifício existente**. Dissertação Mestrado. Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. Julho, 2010.

TAGUCHI, Mário Koji. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações**. Dissertação Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2010.

TARRAGÓ, Francesc Magrinyà i Salvador (dir.). **Cerdà. Ciudad y Territorio. Una visión de futuro**. Catálogo de la Exposición Cerdà. Ciudad y Territorio. Institut Ildelfons Cerdà. Setembro de 1994 a Fevereiro de 1995. Fundação Catalana per a la Recerca. Barcelona, 1996.

TEKNIKAO. Produtos. Análise de Vibrações. **Catálogo Técnico e Manual Operação**. Disponível em: < [http://www.teknikao.com.br/2.0/analise\\_vibracoes.php](http://www.teknikao.com.br/2.0/analise_vibracoes.php)> Acesso em: 05 de setembro de 2016.

TEUTONICO, Jeanne Marie. **A Laboratory Manual for Architectural Conservators**. Internacional Centre for the study of the preservation and the restoration of cultural property. ICCROM. Roma. 1988.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Editora Pini: IPT: EPUSP, 1989. Plano Diretor Participativo.

TORRACA, Giorgio. **Lectures on Materials Science for Architectural Conservation**. The Getty Conservation Institute. Los Angeles, CA. 2009.

TORRACA, Giorgio. **Materiaux de Construcion Poreux**. Science des matériaux pour La conservation architecturale. Roma: ICCROM. 1986.

VENTURINI, Jamila. **Levantamento topográfico**. Conheça o trabalho do topógrafo e sua importância para as obras da construção civil. Revista Equipe de Obra. Edição 38. Editora Pini. Julho de 2011. Disponível em: <<http://equipedebra.pini.com.br/construcao-reforma/38/levantamento-topografico-225281-1.aspx>>. Acesso em: 06 de outubro de 2015.

VERVLOET, Ivana. Família Vervloet. Galeria de fotos. **Início da construção da estrada ligando Santa Leopoldina a Santa Teresa - 1917**. Disponível em: <[http://www.familiavervloet.com.br/fotos/estrada\\_inicio.htm](http://www.familiavervloet.com.br/fotos/estrada_inicio.htm)>. Acesso em 28 de maio de 2016.