

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS QUE CAUSAM A ENERGIA VIBRATÓRIA DOS TRENS DE CARGA EM EDIFICAÇÕES QUE MARGEIAM A LINHA FÉRREA.

AUTOR - KELLY BONALUME CAMPELO-kbonalume@gmail.com
ORIENTADOR – TAMARAVIEIRA PASCOTO - profetamarapascoto@gmail.com
FACULDADE GALILEU

Resumo: A ENERGIA VIBRATÓRIA PROVOCADA POR TRÁFEGO DE COMPOSIÇÕES FERROVIÁRIAS, NOS CENTROS URBANOS É POUCO ESTUDADA NO BRASIL. ENTRE O EFEITO DA VIBRAÇÃO, ESTÃO OS DANOS EM EDIFICAÇÕES, PRINCIPALMENTE AS MAIS ANTIGAS, POR SEREM CONSTRUÍDAS AS MARGENS DA FERROVIA SEM UM ESTUDO PRÉVIO. NESTE ESTUDO, FORAM INVESTIGADOS OS EFEITOS DA VIBRAÇÃO PRODUZIDA POR TRÁFEGO DE TRENS DE CARGA ADOTANDO COMO CASO (TÍPICO) DE ESTUDO RESIDÊNCIA PRÓXIMA A LINHA FÉRREA, QUE APRESENTA FISSURAS CONSTANTES, TENDO ASSIM UMA MAIOR MANUTENÇÃO PERIÓDICA. VISANDO IDENTIFICAR OS NÍVEIS DE VIBRAÇÃO DE TRENS DE CARGA, FORAM OBSERVADAS FISSURAS VISÍVEIS NA FACHADA. OS RESULTADOS OBTIDOS MOSTRARAM QUE OS NÍVEIS DE VIBRAÇÕES PRODUZIDOS PELO TRÁFEGO DE TRENS DE CARGA EVIDENCIARAM A OCORRÊNCIA DE NÍVEIS INFERIORES AOS ACEITÁVEIS PARA O TIPO DE EDIFICAÇÃO PESQUISADA, PORÉM OS VALORES DE PICOS DE VELOCIDADE OBTIDO MOSTRA QUE TRÁFEGO DE TREM DE CARGA GERA ONDAS VIBRATÓRIAS QUE SUPERA OS CRITÉRIOS DE INCOMODIDADE.

palavras-chaves: FISSURAS; VIBRAÇÃO; TRENS DE CARGA; DANOS EM EDIFICAÇÕES.

AVALIATION OF THE EFFECTS THAT CAUSE THE VIBRATORY ENERGY OF CARGO TRAINS IN BUILDINGS ON THE RAILWAY LINE.

Abstract: THE VIBRATORY ENERGY CAUSED BY TRAFFIC FROM RAILWAY COMPOSITIONS IN URBAN CENTERS IS LITTLE STUDYED IN BRAZIL. AMONG THE EFFECT OF THE VIBRATION, IS THE DAMAGE TO BUILDINGS, ESPECIALLY THE OLDEST, BECAUSE THE BANDS OF THE RAILWAY ARE BUILT WITHOUT A PREVIOUS STUDY. IN THIS STUDY, THE EFFECTS OF THE VIBRATION PRODUCED BY FREIGHT TRAIN TRAFFIC WERE INVESTIGATED, ADOPTING AS A (TYPICAL) CASE OF STUDY A RESIDENCE NEAR THE RAILWAY LINE, WHICH PRESENTS CONSTANT CRACKS, THUS HAVING A GREATER PERIODIC MAINTENANCE. AIMING TO IDENTIFY THE VIBRATION LEVELS OF LOAD TRAINS, VISIBLE CRACKS WERE OBSERVED IN THE FAÇADE. THE RESULTS OBTAINED SHOWED THAT THE LEVELS OF VIBRATIONS PRODUCED BY FREIGHT TRAIN TRAFFIC EVIDENCED THE OCCURRENCE OF LEVELS LOWER THAN THE ACCEPTABLE FOR THE TYPE OF BUILDING RESEARCHED, BUT THE VALUES OF SPEED PEAKS OBTAINED SHOW THAT FREIGHT TRAIN TRAFFIC GENERATES VIBRATORY WAVES OVERCOMES THE INCOMMODITY CRITERIA.

keywords: FISSURES; VIBRATION; LOAD TRAINS; DAMAGE TO BUILDINGS.

1. INTRODUÇÃO

No ano de 1889, a companhia Sorocabana de Estradas de Ferro se instalou na cidade de Botucatu, permitindo a instalação de uma linha local até os cafezais de São Manuel, através da companhia Ituana (MONBEIG, 1984). A instalação de uma linha local, fez com que a cidade ganhasse contornos de uma cidade moderna para o período (CALDEIRA, 1928). Apesar do impacto positivo ocasionado pela instalação da linha férrea na cidade, contribuindo para o desenvolvimento do município, a estação de trem, também gerou danos estruturais aos bairros que margeiam a linha férrea.

A energia vibratória que ocasiona danos estruturais as construções é chamada de vibração forçada, pois produz forças externas que são aplicadas em um sistema em equilíbrio. (SOARES, 2009). Segundo a norma Deutsches Institut für Normung, 1999 (DIN 4150-3, 1999), todas as edificações em concreto armado tendem a absorver uma melhor captação das ondas vibratória. Desse modo, construções antigas construídas com materiais menos resistentes, como a alvenaria de tijolos de barro queimados em fornos ou não, taipa ou madeira, são propensas a sofrer danos estruturais como, como trincas e fissuras, quando expostas a elevados níveis de vibrações.

Segundo Moreira (2002), as vibrações podem eventualmente provocar danos em edificações e ou agravar problemas de desconforto aos usuários. A oscilação vibracional disseminada por tráfegos de trens, tem uma potência relativamente baixa em relação a vibrações sísmico natural (terremotos), pode ser perceptível e bastante incomodo para os moradores, podendo até afetar o sono.

São Manuel passou por processo de transformação com a chegada da ferrovia em 1889, a construção da estação de trem gerou um grande impulso ao povoamento da cidade. Essas transformações fizeram com que a cidade adquirisse contornos de uma cidade moderna para o período, promovendo assim o processo de urbanização entorno a linha férrea e a cidade foi compondo uma estrutura adequada para atender as necessidades de seus habitantes. (CALDEIRA, 1928).

Partindo desta premissa, o objetivo deste trabalho é analisar a influência da linha férrea na qualidade de vida dos moradores e o impacto motivado pela vibração em edificações que margeia a linha férrea no bairro Santa Terezinha município de São Manuel, por meio da medição do pico de velocidade da partícula (PVP) e suas frequências.

2. REVISÃO DA LITERATURA:

A Europa tem sido pioneira em estudos de vibração causados por trens, principalmente

por ter uma ampla malha ferroviária e a maior parte de edifícios antigos. Visto que os efeitos da vibração em edifícios em alvenaria estrutural são mais vulneráveis que edifícios em concreto armado, o tempo de execução e a quantidade de andares interferem no processo (KARANTONI e BOUCKOVALAS, 1997).

Segundo DIN 4150-3 (1999), a vibração causada nas edificações, em algumas situações podem provocar deteriorações e em outras somente desconforto. As edificações que contem estruturas em aço ou concreto armado conseguem receber melhor os efeitos da vibração. No entanto, as construções antigas, construídas com materiais menos resistentes, como a alvenaria de tijolos de barro, queimados em fornos ou não, taipa ou madeira, tendem a sofrer patologias como trincas e fissuras até danos na estrutura, quando expostas a elevados níveis de vibração. Levando sempre em consideração o estado de conservação das edificações.

A energia vibratória que ocasiona danos estruturais às construções é chamada de vibração forçada. Esse conceito recebe este nome pois é produzido por forças externas que são aplicadas em um sistema em equilíbrio. (SOARES, 2009).

Deste modo, as ondas vibratórias que primeiramente e propagam no solo provocam possíveis deslocamentos na fundação, conseqüentemente, a transfere para a estrutura, piso e paredes, e assim sucessivamente. A explicação dessa agitação na edificação depende do amortecimento e frequências naturais das estruturas (ISO 4866, 1990).

Os efeitos da vibração também podem ser abordados pelo critério de incomodidade. Com uma PVP de 0,14 mm/s a vibração já pode ser perceptível. A partir de 0,3 mm/s a vibração já é perceptível no ambiente residencial, em 1 mm/s pode motivar reclamações, mas pode ser tolerada se a causa da mesma for previamente avisada e em 10 mm/s a vibração é intolerável mesmo que seja por breve exposição (BRITISH..., 2009).

Os moradores de uma edificação sofrem com a incomodidade causada pela vibração através de movimentos que influenciam no descanso durante a noite bem como na comunicação entre os usuários, esse efeito também causa tremores em janelas, portas e objetos. (ISO 2631-2 2003). A incomodidade para os habitantes de uma residência não é citada na versão de 2003, sendo considerado a versão de 1997).

Toda estrutura de uma edificação vibra em uma frequência natural própria, se uma energia vibracional lançada por uma força externa estiver em uma frequência similar, haverá uma vibração de grande intensidade, gerando incomodo aos moradores. Insta pontuar, que essa ampliação da vibração ocasiona uma ressonância na construção que posteriormente poderá causar grandes danos ou até levá-la ao colapso. (SARTORTI, 2011).

Os levantamentos e medições experimentais podem servir para identificar as características as estruturas afetadas, bem como para identificação das qualidades e quantidade das mesmas (MOREIRA, 2020).

Conforme a norma Alemã adotada, para a medição dos níveis de vibração nas fundações, nas edificações, os aparelhos devem estar próximos ao piso térreo que se pretende estudar, podendo ser no interior ou exterior da mesma, e de preferência próximo ao solo e ao lado as estruturas sujeitas a excitação (DIN 4150-3).

Há várias formas de medir a vibração em edificações, com aparelhos que podem ser configurados com uma gama de opções de análise como o analisador Tipo 2270-W Medidor de vibração de alta precisão com dois canais para medição simultânea da vibração. Com a adição de um pré-amplificador e um microfone, é possível utilizar o instrumento como um sonômetro, SV 106, acelerômetro triaxial – Svantek, com bandas de frequência e acelerômetro ambiental, MV-710 medidor de vibração digital portátil de bolso que mede velocidade, aceleração e deslocamento, bem como os aplicativos de celular como Vibration Meter, vibrometro - sismômetro e MC32X-3 axis accelerometer desenvolvido por DreamArc, versão 2.1.0, usado como estudo deste trabalho. (CHAVES 2012).

Com o povoamento desordenado e sem planejamento dos grandes centros urbanos entorno das ferrovias, tornaram se cada vez mais populosos provocando espaços nocivos a seus habitantes no decorrer do tempo, uma vez que, o desenvolvimento aumentasse a quantidade de veículos e meios de transportes causando a poluição sonora, resultando em muitos problemas. As edificações mais próximas a linha férrea, muitas vezes não respeitando o mínimo de faixa de domínio, sofrem ainda mais danos, muitas vezes imperceptíveis para as pessoas que convivem neste cotidiano, não se dando conta que alguns problemas de saúde podem ter sido causados pelo meio em que se vivem (GUTIERRE 2013).

Segundo British (2009), as consequências da vibração causadas pelos trens também podem ser apontadas pela incomodidade, visto que, com um PVP de 0,14 mm/s as ondas vibratórias já podem ser perceptíveis. Em residências a vibração já é notado a partir de 0,3 mm/s, podendo gerar reclamações após 1 mm/s, mas pode ser suportável, e tornando insuportável acima de 10 mm/s mesmo que seja rápida a exposição a vibração.

Devido ao ruído gerado pelas ondas vibratórias, bem como os apitos no cruzamento, geram incomodidade aos habitantes, uma vez que há movimentação das esquadrias, e a movimentação nas estruturas podem provocar deslocamentos de móveis causando a abertura de algumas portas, movimentação de objetos, além dos danos às edificações ao longo prazo (BRITO 2014).

De acordo com a norma ISO 2631-2 (2003), a vibração pode ser insuportável pelos usuários das residências lindeiras a linha férrea devido a interferência de algumas atividades como a conversação e no sono. Os limites de incomodidade para os moradores de uma residência não aparecem na versão de 2003 da norma mencionada, sendo assim, considerado o da versão de 1997 (BRITO 2014).

A alta exposição a ruídos tem influência em vários aspectos na vida humana, gerando perda auditiva e outras patologias tanto emocionais como sociais, entre elas, distúrbios do sono, já que o barulho causa irritabilidade, cansaço alterando o rendimento no trabalho, e dificuldade de concentração, estresse e mudanças no comportamento e no humor (MEDEIROS 1999).

3. MÉTODOS

3.1. Área de estudo

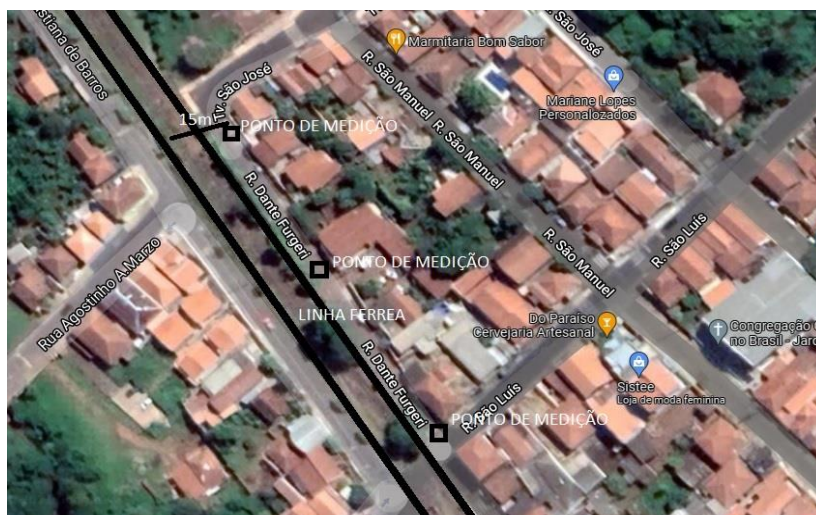


Figura 01- local de estudo

fonte Google Maps

A malha ferroviária escolhida para o estudo de caso deste escopo atualmente recebe composições ferroviárias de carga, principalmente de produtos siderúrgicos, implantada no ano de 1889, pela companhia Ituana, com a tráfego até os cafezais de São Manuel (MONBEIG 1984). A cidade rapidamente passou por processo de transformação e com a chegada da ferrovia, ganhou um novo prédio que se tornaria histórico mais tarde, a estação ferroviária que alavancou o processo de urbanização de São Manuel, ao seu entorno a cidade foi compondo uma estrutura adequada para atender as necessidades de seus habitantes (CALDEIRA, 1928).

As edificações escolhidas para as medições de vibração, foram residências localizado na rua Dante Furgeri, trecho entre as ruas São Luiz e travessa São José, vila Santa Terezinha no município de São Manuel, próximo a um ramal da linha férrea. A localidade para prática das

medições tem uma extensão de 120 metros ao longo da ferrovia e 50 metros de largura. Em todas essas casas foram observadas patologias peculiares, como fissuração nas fachadas das edificações que margeiam a ferrovia.

As medições foram realizadas na calçada da rua paralela a linha férrea, aproximadamente 15m de distância da linha férrea. A Figura 1,2 e 3 ilustram as fissuras nas fachadas.



(A)



(B)



(C) Fissuras na fachada residência - (autora)

O levantamento de dados e informações é resultado de pesquisa “in loco”, bem como em dissertações, livros, publicações de revistas eletrônica via internet, e boletins técnicos.

3.2. Medição da vibração

Foi pensado em um método que fosse capaz de avaliar as ondas sísmicas e para prever os possíveis efeitos motivados por ela. A obtenção das análises foi realizada com ajuda de um captador de vibração que usa um acelerômetro para captura das informações, através de aplicativos que detém as ondas de vibração, chamado MC32X-3 axis accelerometer um acelerômetro de alta sensibilidade e de obtenção de dados.

O aplicativo usado nas análises experimentais foi baixado em um celular para captação das ondas vibratórias. As informações foram importadas ao computador para compreensão dos dados. O acelerômetro foi fixado a um tripé instalado a 15 m de distância do eixo da ferrovia, a uma altura de 0,50m do solo, em pontos estratégicos para melhor captação dos dados. O uso do tripé foi pensado para que não houvesse nenhum tipo de interferência entre o solo e o aparelho, assim toda a vibração captada pelo acelerômetro fosse proveniente da vibração da composição.



(A)



(B)



(C) Medição da vibração – (autora)

De acordo com a norma adotada DIN 4150-3 (1999), as análises obtidas através das medições foram baseadas no maior valor da velocidade medida, em mm/s, seguindo as referências especificados na (Tabela 1).

Tabela 1 - Limites de pico de velocidade da partícula (PVP) em mm/s segundo a norma DIN 4150-3 (1999) para integridade estrutural

Tipos de Edificação	<i>PVP (mm/s) Todas as frequências</i>	<i>PVP (mm/s) < 10 Hz</i>	<i>PVP (mm/s) 10 a 50 Hz</i>	<i>PVP (mm/s) 50 a 100 Hz</i>
Categoria 1, edificações de concreto armado e de madeira em boas condições	40	20	20 a 40	40 a 50
Categoria 2, edificações de alvenaria em boas condições	15	5	5 a 15	15 a 20
Categoria 3, edificações de alvenaria em más condições de conservação e edificações consideradas de patrimônio histórico	8	3	3 a 8	8 a 10

3.3. Avaliação de incomodidade dos moradores

De modo a levantar dados para concretizar esta pesquisa, foram analisadas “in loco” edificações do entorno para um reconhecimento geral do estado de conservação em edifícios com fissuras, rachaduras e que aparentemente sofreram algum dano causado. Foram observadas as distâncias entre as edificações e a linha férrea, bem como tipo de construção e conservação.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

4.1. Vibração

Para a análise dos dados foi considerado como base a norma alemã DIN 4150-3 (1999). Segundo Bacci et al. (2003), a norma é a principal referência para o efeito de vibrações em estruturas, por se tratar da mais completa e consequentemente aceita em toda a comunidade europeia. A DIN 4150-3 classifica as edificações em três categorias distintas, aplicando-se limites de PVP.

Para melhor entendimento dos resultados das análises das medidas de PVP e poder comparar os níveis de vibração e comparar os níveis de vibração do local com os valores limites admitidos por norma DIN 4150-3 (1999), os sinais obtidos pelo aplicativo, no domínio do tempo, já foram convertidos para o domínio da frequência, não necessitando da aplicação da Transformada Rápida de Fourier – FFT.

Foram realizadas 5 medições ao todo, em sequência. Foram obtidos o PVP, em mm/s, e a frequência, em Hz, no tempo de passagem das composições. A primeira medição obteve um PVP de 0,41 mm/s em uma frequência de 1,25 Hz, passagem da composição. A segunda medição PVP foi de 0,23 mm/s em uma frequência de 1,53 Hz, passagem da composição, a terceira medição obteve um PVP de 0,11mm/s em uma frequência de 1,64 Hz, com a composição parada no cruzamento com a locomotiva ligada, quarta medição obteve um PVP de 0,09 mm/s em uma frequência de 1,39 Hz, com passagem da composição, quinta medição obteve um PVP de 0,10 mm/s em uma frequência de 1,45 Hz, com passagem da composição. Todas as medições tiveram em média das passagens das composições de 90 segundos, a uma distância de 15m, com exceção da terceira medição.

A tabela 2 utiliza a configuração do aplicativo do PVP, em mm/s, e a tabela 3 frequências em Hz, e demonstra os valores das medições realizados, é nítido que com a passagem da máquina o nível de vibração se altera significativamente, porém o valor apresentado atende os requisitos da norma DIN 4150-3 (1999) de acordo a estrutura da edificação em estudo, já que o limite para PVP em edificações antigas é de 3 mm/s. Isso significa que para integridade estrutural em estruturas residenciais, no momento da captação das amostras de vibração, o valor apresentado satisfaz as normas.

Tabela 2 – valores de picos de velocidade da Partícula (PVP).

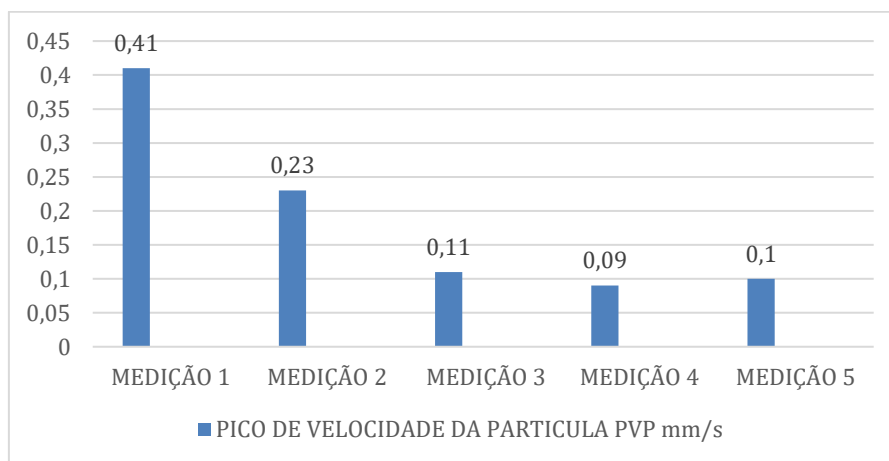
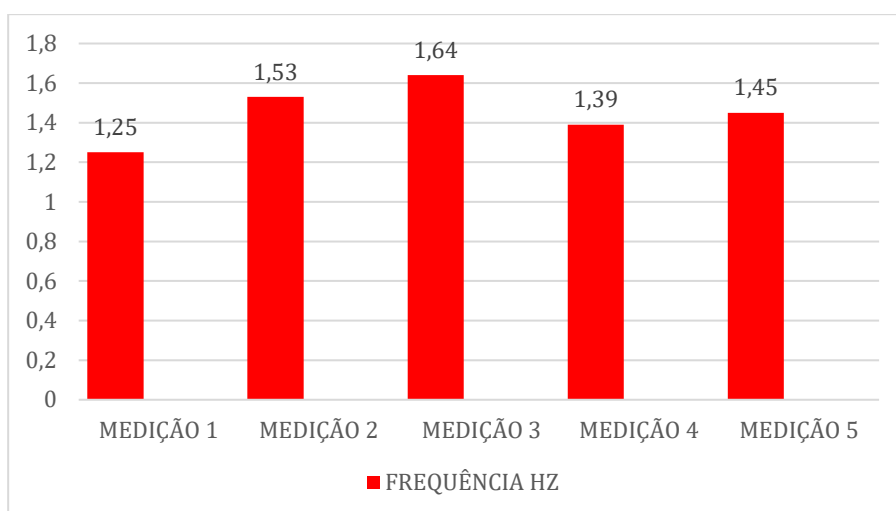


Tabela 3 – Frequência Hz



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste artigo foram coerentes com os encontrados na literatura nacional e internacional, como, por exemplo, Brito (2013) e Chaves (2009), que obtiveram valores máximo de PVP de 1,9 mm/s com trem carregados em uma distância de 15m, superior ao 0,41 mm/s obtido nas medidas captadas pelo MC32X-3 axis accelerometer. A partir de vistorias realizadas na edificação de estudo localizada paralela a um trecho da ferrovia, foi possível notar que apresenta fissuras constantes, tendo assim uma maior manutenção periódica. Deste modo surgiu a hipótese de que os níveis de vibração produzidos pelo tráfego de trens de carga possam ser a causa do alto índice de fissuração constante. Com a finalidade de averiguar esta suposição, foi realizado monitoramento, através de medições experimentais de níveis de vibração, nas edificações de estudo.

Com os testes atingidos foi possível demonstrar a existência da vibração induzida por trens de carga, porém não existe vinculação entre os modos da frequência induzidos pela energia vibratória e as características naturais da edificação, o que justifica a não existência de danos estruturais significativos, apenas trincas estéticas na alvenaria da edificação que podem ser provenientes de outras patologias ou pelas vibrações ao longo do tempo.

Cabe ressaltar que os valores de pico de velocidade da partícula (PVP) obtidos mostram que o tráfego de trens de carga gera ondas vibratórias que superam os critérios de incomodidade sendo perceptíveis aos usuários, mas não o suficiente para causar danos maiores ao usuário.

Os dados adquiridos são próprios das condições físicas do local monitorado, e que se deve obter novos valores para que haja a comparação de vários outros fatores, monitorando não somente a parte externa, mas também a interna.

Na DIN 4150-3 (1999) chama-se a atenção para o fato de que, mesmo que os valores limites aceitáveis sejam cumpridos, se danos que reduzem a funcionalidade do edifício ocorrerem, é de supor-se que outras causas poderão ser responsáveis, como o tempo em que a exposição a vibração sem a manutenção necessária para que não ocorra as patologias.

Para que haja maior precisão nos testes realizados nesta pesquisa necessita a comprovação empírica dos dados obtidos através de equipamentos de precisão como medições de vibração, utilizando aparelhos específicos como sismógrafo e acelerômetro de alta precisão, sabendo ainda que vários fatores interferem nas patologias apresentadas.

REFERÊNCIAS

AMBROSIO, Thais da Silva. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. 2004. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2004. 128 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9653: guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas. Rio de Janeiro, 2005. (Atualizada 2018)

BACCI, D. L. C. et al. Principais Normas e Recomendações Existentes Para Controle de Vibrações Provocadas Pelo Uso de Explosivos em Áreas Urbanas: parte I. Revista Escola de Minas, v. 56, n. 1, p. 51-57, 2003.

BRITO, Luiz Antonio. Avaliação das principais fontes de vibração no meio urbano. Ambiente Construído, v. 14, n. 4, p. 233-249, 2014.

BRITO, Luiz Antonio; SOARES, Álvaro Manoel de Souza; NAZARI, Bianca. Vibração: fonte de incômodo à população e de danos às edificações no meio urbano. Ambiente Construído, v. 13, n. 1, p. 129-141, 2013.

CHAVES, Gianna Vanessa de Assis et al. Avaliação do papel da faixa de domínio na redução de vibrações produzidas por trens em áreas urbanas. 2008.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Decisão de DA SILVA, Alexandro Fortes Simões et al. Metodologia para mitigar os efeitos adversos gerados pelo desmonte de rocha com explosivos em minerações a céu aberto. 2019.

DA SILVA, Anna Carolina Rodrigues; BARBOSA, Newton. PATOLOGIA EM CONCRETO ARMADO NO MUNICÍPIO DE PIRANGUINHO. Revista Científica da FEPI-Revista Científic@ Universitas, 2016.

DE BRITO, Luiz Antonio Perrone Ferreira; KAMIMURA, Quésia; DOS SANTOS, Ademir Pereira. Influência da vibração gerada pelo tráfego ferroviário no meio urbano. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, v. 5, n. 2, p. 31-39, 2014.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN 4150-3: vibration in buildings, effect in structures. Berlin, 1999. Diretoria nº 215/2007/E, 2007.

GUTIERRE, Lucas Ramos; DIRENE, Rui Pfitzenreuter. **Avaliação dos níveis de ruído provocados por trens em bairros residenciais próximos ao centro de Curitiba**. Paraná. 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 2631-2: Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz). 2003

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 4866: mechanical vibration and shock: vibration of buildings: guidelines for the measurement of vibration and evaluation of their effects on buildings. Geneva, 1990.

MONBEIG, Pierre. **Pioneiros e fazendeiros de São Paulo**. São Paulo: Hucitec; Polis, 1984. Portugal: U. Porto.

QUINTAS, Jaqueline; CABETTE, Regina Elaine Santos. **SENSOR DE MONITORAMENTO DE VIBRAÇÃO EM CONCRETO**. CIRMARE 2020, Rio de Janeiro, 2020.

RESENDE, Luiz Mauro de. **Análise do risco de danos por vibração mecânica nos monumentos setecentistas do caminho tronco de Ouro Preto**. 2011.

SARTORTI, A. L., & KUSTER, L. D. **Análise Dinâmica de estruturas de concreto: Avaliação de Três sistemas construtivos de lajes**. Unesp, Engenharia Civil, São Paulo. 2011.

SOARES, S. C. **Vibrações induzidas em edifícios Sensíveis devidas ao Tráfego Rodoviário**. Universidade do Porto, Faculdade de engenharia. Portugal: U. Porto. 2009.

VARUM, Humberto et al. **Caracterização mecânica e patológica das construções em Adobe no distrito de Aveiro como suporte em intervenções de reabilitação**. Project Culture, p. 41-45, 2000.

SIMONELLI, H.C.; AZEVEDO, A.J. **Percepção de Moradores de Área Urbana aos Impactos da Operação Ferroviária**. Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Maringá, 2009.