

Nome da Instituição: Universidade Santa Úrsula

Nome do trabalho: DESENVOLVIMENTO DE BANCADA PARA TESTES DE CALIBRAÇÃO DE LIMITADORES DE VELOCIDADE EM ELEVADORES DE PASSAGEIROS

Curso: Engenharia Mecânica

Nível: Graduação

Nome dos autores: Max William Coelho da Silva

Orientador: Diego Meireles Lopes

Avaliadores: Jonatas Motta Quirino

Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

DESENVOLVIMENTO DE BANCADA PARA TESTES DE CALIBRAÇÃO DE LIMITADORES DE VELOCIDADE EM ELEVADORES DE PASSAGEIROS

DEVELOPMENT OF BENCHES FOR CALIBRATION TESTS OF SPEED LIMITERS ON PASSENGER ELEVATORS

DA SILVA, William Max Coelho¹
LOPES, Diego Meireles²

Resumo: O presente artigo tem por objetivo esclarecer como é realizada a calibração e o funcionamento do limitador de velocidade no transporte vertical de passageiros (elevador), também conhecido como regulador de velocidade, que é o principal dispositivo relacionado à segurança do elevador. Para maior entendimento, o limitador de velocidade tem a função principal de acionar o freio mecanicamente em caso de aumento repentino de velocidade sem qualquer ação de comando elétrico, mesmo se todos os cabos de aço se arrebentem, assim, garantindo a frenagem instantaneamente protegendo os passageiros em caso de uma emergência. Por se tratar de segurança, o limitador de velocidade é um dos equipamentos mais essenciais e responsáveis por reduzir o risco de acidentes derivados da sobre velocidade do elevador. Devido à sua importância, o equipamento deve ser submetido a inspeções periódicas para determinar o seu bom estado de funcionamento. O método utilizado para a realização destas inspeções atualmente não são tão rigorosos, assim, obtendo baixo resultado esperado. Por fim, pretende-se com este projeto desenvolver uma bancada para testes de calibração da forma mais rigorosa possível, a fim de atender o estado de funcionamento correto e calibrado, com base nas boas práticas de engenharia, normas técnicas pertinentes e legislação vigente.

Palavra chave: Avaliações; Calibração; Elevadores; Limitador de velocidade; Manutenção.

Abstract: This article aims to clarify how the calibration, maintenance and operation of the speed limiter in vertical passenger transport (elevator), also known as speed regulator, is the main device related to elevator safety. For greater understanding, the Speed Limiter has the main function of applying the brake mechanically in case of over speed without any electrical control action, even if all steel cables break, it guarantees braking instantly protecting passengers in case of an emergency. As it is for your safety, the speed limiter is one of the essential equipment and is responsible for reducing the risk of accidents due to over-speed of the elevator. Due to its importance, this equipment is subjected to periodic inspections in order to finish its proper functioning. The method used to carry out these inspections is currently not as rigorous, thus achieving little expected results. Finally, it is intended with this project to develop a bench for calibration tests in the most rigorous way possible, in order to meet the correct and calibrated operating status, based on good engineering practices, the technical standards and legal obligation.

Keywords: Evaluation; Calibration; Elevators; Speed limiter; Maintenance.

¹ Bacharel em Engenharia de Produção – Universidade Cândido Mendes – max.silva@souusu.com.br

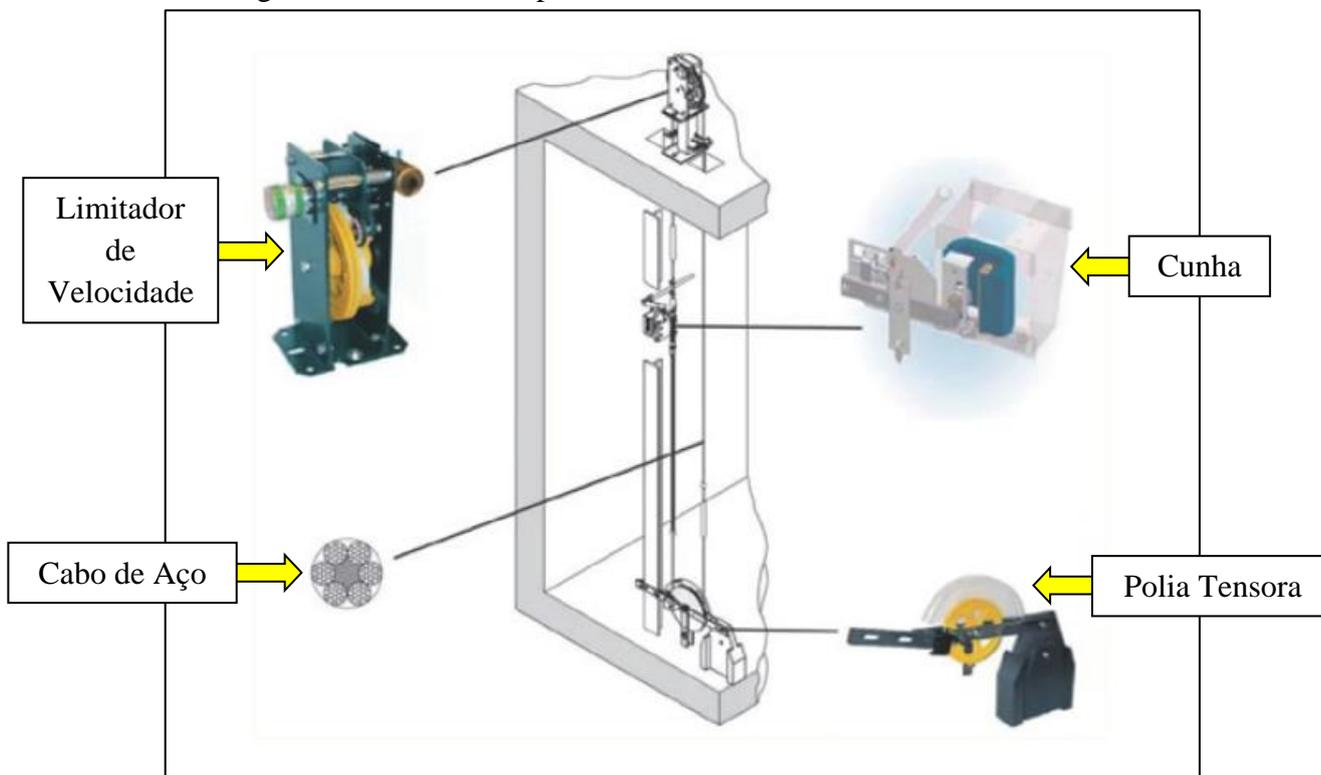
² Doutorando em Engenharia Mecânica e Tecnologia dos Materiais – CEFET/RJ – diego.lopes@usu.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho experimental gira em torno da criação de procedimentos para testes de limitadores de velocidade em elevadores de passageiros, cujo período de verificação é anual, necessário ser submetido à calibração, análise de desgaste mecânico e determinação da vida útil do equipamento.

Segundo TOME et., al. (2018), um sistema de elevadores inclui uma cabine, um contrapeso, uma máquina de tração, um quadro de comando, um sistema de guias e ainda vários elementos de segurança, tais como, o limitador de velocidade, conforme figura 1, é um dispositivo de segurança que atua quando a velocidade da cabine do elevador ultrapassar um valor limite de segurança.

Figura 1 – Sistema completo de limitador de velocidade de elevadores



Fonte: (WITTUR, 2017) Adptado.

Do ponto de vista prático o desenvolvimento de um laboratório experimental que apresenta certo nível prático para calibração e do ponto de vista técnico, em que todos os dados foram coletados durante o ensaio até a realização de travamento mecânico correto de cada equipamento para verificação através dos cálculos necessários de cada velocidade nominal.

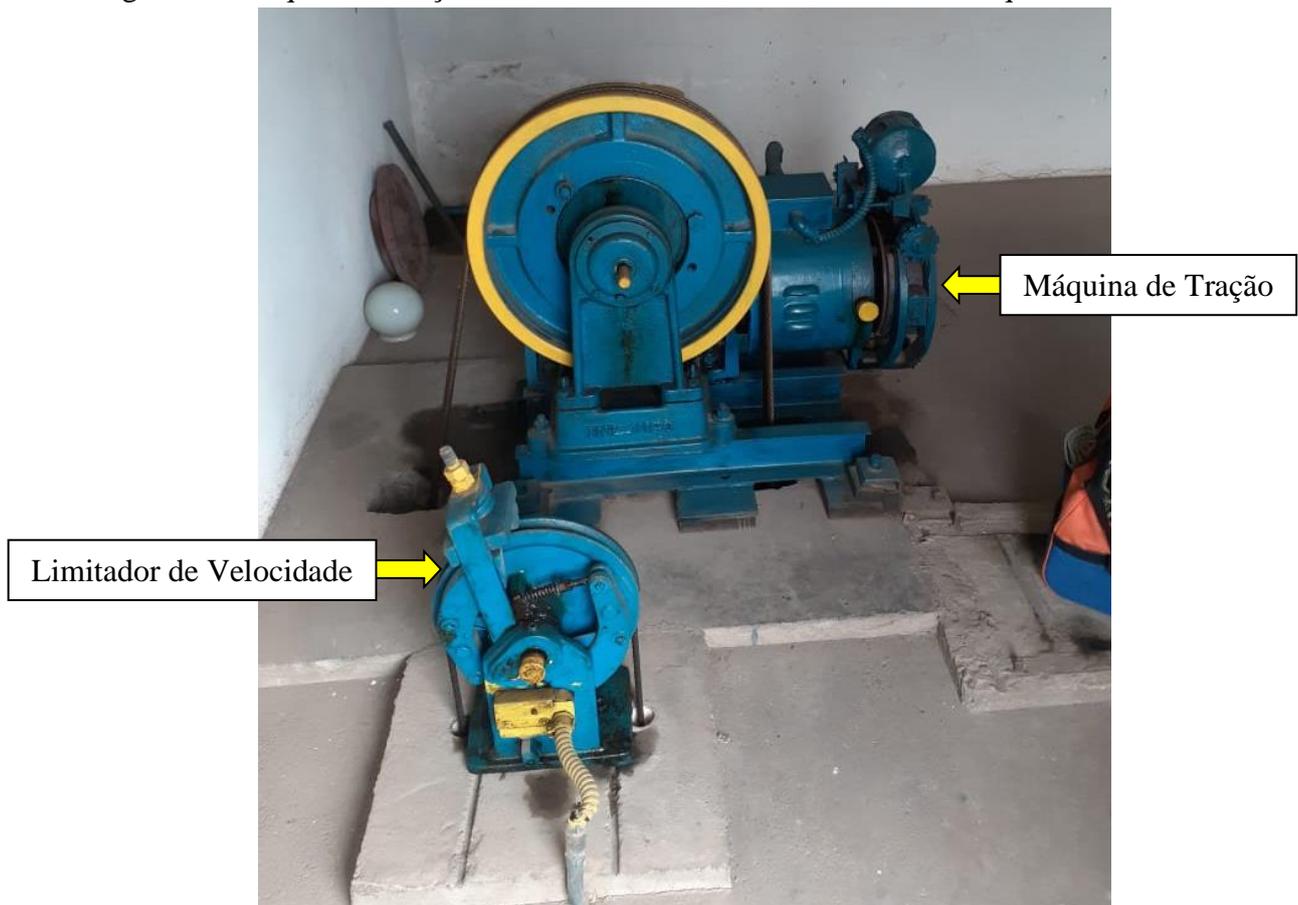
Assim, a análise técnica do desgaste mecânico dos limitadores de velocidade visa apresentar a importância da consideração dos efeitos de envelhecimento de material e falta segurança, devido ao desgaste mecânico nas articulações e fadiga da mola, que através de comparação das velocidades calibradas de cada equipamento, assim, pode-se observar a discrepância nos resultados.

2 DEFINIÇÕES

Segundo Dal Monte et., al.(2000), este tipo de transporte tem como objetivo fazer o transporte da forma mais segura possível, sem deixar de lado sua beleza e asseio, permitindo a seus usuários trafegarem com conforto, tranquilidade e satisfação. Sendo assim tanto a instalação como a manutenção destes equipamentos tem que ter um alto grau de qualidade garantindo segurança aos usuários.

A seguir, na figura 2 está apresentada uma casa de máquinas com os seguintes equipamentos, tais como, quadro de comando eletrônico, conjunto de tração, limitador de velocidade, entre outros:

Figura 2 – Máquina de tração e limitador de velocidade na casa de máquinas de elevadores:



Fonte: Acervo fotográfico do Autor (2020).

De acordo uma das maiores fabricante de elevadores, o limitador de velocidade, por sua vez, é um dispositivo que se encontra normalmente instalado no pavimento da casa de máquinas ao lado da máquina de tração, acima do último andar na cobertura do edifício, constituído basicamente de polia, cabo de aço e interruptor. (THYSSENKRUPP, 2016).

Figura 3 – Limitador de velocidade com grade de proteção (NR-12) para elevadores



Fonte: <http://www.auroselevadores.com.br/normas.php>

Portanto, o limitador de velocidade é uma polia com cabo de aço e encontra-se normalmente instalado na casa de máquinas ao lado da máquina de tração, acima da cobertura do último pavimento da edificação, podendo ser de dois tipos: Instantâneo ou Progressivo.

O limitador de velocidade do tipo instantâneo funciona com a velocidade até 45m/min. e não possui contato elétrico. Já os limitadores do tipo progressivo são instalados em elevadores que funcionam com velocidade superior de 45m/min. e aciona primeiro o contato elétrico e posteriormente o sistema de travamento mecânico, de acordo com a velocidade nominal do equipamento.

Cabe ressaltar que todas as máquinas devem ter suas partes expostas devidamente protegidas, geralmente com grades de proteção, em atendimento às normas de segurança, por exemplo, à norma regulamentadora **NR-12** - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos (BRASIL, 2019).

Os freios de segurança destes tipos de elevadores também são regulamentados pela Norma do MERCOSUL (NM 207/1999), esses devem ser capazes de parar o elevador com a carga nominal na velocidade de operação mesmo que os cabos de sustentação sejam rompidos e ser ativado pelo limitador de velocidade automaticamente.

“9.7.1.1 O carro deve ser provido de um freio de segurança capaz de operar somente no sentido de descida e capaz de parar o carro com a sua carga nominal, à velocidade de desarme do limitador de velocidade, mesmo se ocorrer ruptura dos elementos de suspensão, por meio de força de compressão nas guias, e de manter o carro preso nelas.” (NM 207, 1999).

Assim, quando a velocidade da cabina ultrapassar o limite preestabelecido, o limitador de velocidade aciona mecanicamente o freio de segurança e desliga o motor do elevador, garantindo maior confiabilidade de operação e segurança aos passageiros, principalmente nos modelos atuais que possuem um tempo de acionamento menor do que o dos antigos limitadores, garantindo mais conforto e eficácia na parada do elevador em caso de emergência.

2.1 Situações de frenagem de emergência.

Os elevadores possuem diversas velocidades de acordo a sua capacidade de passageiros e altura do edifício e para cada velocidade, os limitadores de velocidade são calibrados em sua fabricação para uma eventual sobre velocidade. Lembrando que para o freio de emergência atuar, o sentido de direção do elevador deve ser na direção de descida.

2.2. Risco da não atuação.

Como qualquer dispositivo mecânico necessita de manutenção, assim o limitador de velocidade também precisa seguir as normas de manutenção específica e correta avaliação periódica. Ações de manutenção realizada sem o devido conhecimento técnico estará inutilizando o equipamento do seu funcionamento correto e comprometendo a segurança dos passageiros.

Algumas não conformidades por falta de instrução técnica como: Romper o lacre de calibração do fabricante, instalação inadequada, “esticar a mola ou substituir”, são procedimentos em desacordo com Norma do MERCOSUL (NM207/99), tal procedimento não terá mais a garantia do acionamento correto em caso de emergência.

2.3. Teste de funcionamento

É prática de algumas empresas conservadoras de elevadores (Regulamente funcionado e outras irregulares), realizarem o teste de disparo do limitador de velocidade, apenas realizando a manutenção preventiva, salvo quando o cliente solicita os testes de segurança, de acordo com associação brasileira de normas técnicas ABNT (nº 15597) de 2010.

Figura 4 – Calibração do Limitador de velocidade na bancada de testes



Fonte: Acervo fotográfico do Autor (2020).

2.4. O teste de acordo com a norma do Mercosul (NM 207/1999)

No item 9.8.1 da Norma NM 207/99 sugere que: O desarme do limitador de velocidade, para acionamento do freio de segurança do carro, deve ocorrer a uma velocidade pelo menos igual a 115% da velocidade nominal (v) e no máximo igual a:

- a. 0,7 m/s para velocidades nominais $v < 0,5$ m/s;
- b. $1,4v$ m/s para velocidades nominais $0,5 \text{ m/s} < v < 1,0$ m/s;
- c. $1.15v + 0,25$ m/s para velocidades nominais $1,0 \text{ m/s} < v < 5,0$ m/s;
- d. $1,2v$ m/s para velocidades nominais $v > 5,0$ m/s.

3. REGULAMENTAÇÕES PARA CALIBRAÇÃO DE LIMITADORES

3.1. Padronização de calibração das empresas conservadoras

Atualmente, não há no Brasil nenhum procedimento técnico com base em legislação ou regulamentação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) para calibração dos limitadores de velocidade, cada empresa realiza o procedimento em suas oficinas próprias ou terceirizadas, conforme evidenciado na figura 5. Assim, utilizando instrumentos sem padrão específico, diferente dos fabricantes de elevadores que possuem laboratórios de calibração específicos para testes dos limitadores de velocidade.

Figura 5 – Instalação de limitador de velocidade calibrado para elevadores de passageiros



Fonte: <https://www.schindler.com/content/dam/web/br/pdf/aa/folhetos/limitador-velocidade.pdf>

Durante a etapa de pesquisa bibliográfica, não foi identificada obrigação legal para testes de calibração de limitadores de velocidade em outros países. Entretanto, foram observados alguns trabalhos em Portugal na área de desenvolvimento de testes de bancada para validação de ensaios de testes de limitadores de velocidade de elevadores de passageiros.

Fato é que alguns municípios brasileiros possuem regulamentação para o credenciamento de empresas que atuam na área de manutenção, instalação e garantia da segurança dos elevadores e seus equipamentos.

Na figura 6 está apresentado um limitador de velocidade tipo progressivo do fabricante Schindler depois de realizada a manutenção, composto pelos seguintes componentes: polia, base de sustentação, duas articulações de travamento com uma roldana em cada articulação, duas molas, duas haste roscadas de 1/8” para ajuste de tensão das molas e pontos de lubrificação.

Figura 6 – Calibração do Limitador de velocidade na bancada de testes construída.



Fonte: Acervo fotográfico do Autor

Fato é que alguns municípios brasileiros possuem regulamentação para o credenciamento de empresa que atuam na área de manutenção, instalação e garantia da segurança dos elevadores e seus equipamentos. Todavia, a responsabilidade da garantia da segurança no funcionamento dos elevadores é do profissional legalmente habilitado na área de engenharia mecânica, normalmente é o engenheiro mecânico, devidamente credenciado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA/CONFEA).

Ainda, no dia 12 de fevereiro de 2020, a Prefeitura do Rio de Janeiro, por meio da Gerência de Engenharia Mecânica (GEM – RIO LUZ), intimou as empresas prestadoras de serviço realizar o teste e calibração dos limitadores de velocidade de todos os elevadores em sua carteira em conformidade com as leis vigentes.

A Gerência de Engenharia Mecânica (GEM – RIO LUZ) pertencente à Companhia Municipal de Energia e Iluminação (RIO LUZ) que é uma empresa pública de capital fechado, ligada a Secretaria Municipal de Conservação e Meio Ambiente da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, com atribuições de licenciar e fiscalizar empresas instaladoras e conservadoras de elevadores, planos inclinados, escadas rolantes, teleféricos e sistemas centrais de refrigeração, ventilação mecânica e de tratamento de ar.

4. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Nesta parte do trabalho está apresentada a bancada construída para a realização dos ensaios de calibração de limitadores de velocidade para elevadores de passageiros, conforme evidenciado na figura 7, assim como todos seus componentes elétricos utilizados tais como, comando controlador, inversor de frequência e motor, enfatizando cada componente utilizado, incluindo, sempre que possível, a justificacão para a utilizacão de tal componente.

Figura 7 – Bancada de calibracão de limitadores de velocidade finalizada pronta para testes.



Fonte: Acervo fotográfico do Autor

Ainda, na figura 6 estão apresentados todos os componentes montados da bancada de teste, tais como, motor elétrico trifásico da marca WEG 220V, com potência de 0,5HP, inversor de frequência CFW 10 da marca WEG, disjuntor de proteção, tacômetro digital da marca MINIPA, modelo MDT-2245C calibrado em 01/03/2020, caixa de comando com botões de operação, limitador de velocidade fabricante SCHINDLER, conjunto de ferramentas para ajuste de calibração, lacres numerados para controle, equipamentos de proteção individual, por exemplo, luvas de segurança e o manual de instruções juntamente com a tabela da norma NM 207/99.

A figura 8 apresenta um aparelho tacômetro digital da marca MINIPA instalado no suporte com uma haste ajustável e fixa por dois parafusos de 1/8 polegadas, com porcas e arruelas, a fim de obter o ajuste necessário para calibrar a velocidade na unidade em metros por minuto (m/min.) do limitador de velocidade.

Figura 8 – Aparelho tacômetro digital da marca MINIPA modelo MDT-2245C calibrado:



Fonte: Próprio autor

A figura 9 mostra uma caixa de comando com botões de liga, e desliga com botão de travamento de emergência e potenciômetro de regulagem de velocidade.

O princípio de funcionamento da bancada do sistema de medição da velocidade e calibração dos limitadores de velocidade dos elevadores de passageiros baseia-se na medição da velocidade linear da polia do limitador de velocidade. Para isso, foi necessário desenvolver um meio capaz de movimentar a roda do limitador de velocidade empregado no protótipo.

Figura 9 – Caixa de comando e controle do sistema de teste de bancada:



Fonte: Próprio autor

4.1. Funcionamento da bancada

O sistema de bancada é composto pelo inversor, montado à direita do limitador de velocidade e o comando controlador (localizado na frente do tacômetro), pelo motor redutor e pela roda com *O-ring*.

O tacômetro é o responsável pelos valores obtidos através da variação de velocidade do motor para usar o cálculo de porcentagem de cada modelo. Como se pretende saber a velocidade da roda do limitador de velocidade deve se levar em conta todo este sistema, até se obter a velocidade desejada.

Para que se possa fazer o sistema funcionar é necessário levar em consideração que não há escorregamento entre a roda do limitador de velocidade e a polia do motor com o anel.

Mais concretamente, ao passo que tomando como premissa que se não existir escorregamento entre estas duas rodas, então, pode-se admitir que estas duas partes rotativas tem exatamente a mesma velocidade linear num determinado tempo.

A figura 10 mostra alguns dos componentes destacando-se o limitador de velocidade em execução de teste na bancada.

Figura 10 – limitador de velocidade sendo preparado para teste de bancada:



Fonte: Acervo fotográfico do Autor

Desta forma não é necessário conhecer nenhum dado da roda do limitador de velocidade (à exceção da sua velocidade de disparo, definida pelo fabricante). De acordo com o que se acabou de descrever, pode-se afirmar que a velocidade linear do limitador de velocidade é igual à velocidade linear da polia do motor com *O-ring*.

Ou seja, conforme equação (1):

$$\textit{Velocidade do limitador} = \textit{Velocidade da polia com o-ring} \textit{ (1)}$$

Depois de posicionar o limitador de velocidade na posição correta na bancada, e seguir todos os procedimentos de segurança, ligar o disjuntor principal da bancada e iniciar o processo de calibração calculando a velocidade da roda com *o-ring*. No que diz respeito ao potenciômetro, localiza-se na caixa de comando instalada, variando a velocidade do motor até obter a velocidade de engate mecânico do equipamento, ajustando a intensidade da mola (Tensão de elasticidade/Hook).

Tabela 1 - Tabela de desarme do limitador de velocidade segundo a norma NBR NM 207/99

| NORMA ABNT NBR NM 207/99 (Conforme 9.8.1) | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|---|--------------|-----------|--|--------------|-----------|---|--------------|-----------|-------------------------|-----------------------------|
| Velocidade nominal do elevador | | Velocidade mínima de desarme do limitador (115%-Mecânico) | | | Velocidade máxima de desarme do limitador (mecânico) | | | Velocidade máxima de operação do interruptor de sobre velocidade-tabela 11 e 12 da NBR (elétrico) | | | | |
| m/s | m/min | m/s | m/min | Vel nom | m/s | m/m | Velnom % | m/s | m/min | Velno m % | % Vel dês Max desc.<ou= | % Vel dês Max subida < ou = |
| 0,75 | 45 | 0,86 | 51,75 | 15 | 1,05 | 63 | 40 | 0,94 | 56,4 | 25 | 90 | 100 |
| 1 | 60 | 1,15 | 69 | 15 | 1,4 | 84 | 40 | 1,26 | 75,6 | 26 | 90 | 100 |
| 1,25 | 75 | 1,45 | 86,25 | 15 | 1,69 | 101,4 | 35 | 1,52 | 91,2 | 22 | 90 | 100 |
| 1,5 | 90 | 1,73 | 103,5 | 15 | 1,97 | 118,2 | 31 | 1,78 | 106,8 | 19 | 90 | 100 |
| 1,75 | 105 | 2,01 | 120,8 | 15 | 2,26 | 135,6 | 29 | 2,04 | 122,4 | 17 | 90 | 100 |
| 2 | 120 | 2,3 | 138 | 15 | 2,55 | 153 | 28 | 2,29 | 137,4 | 15 | 90 | 100 |
| 2,5 | 150 | 2,88 | 172,5 | 15 | 3,12 | 187,2 | 25 | 2,81 | 168,6 | 12 | 90 | 100 |
| 3 | 180 | 3,45 | 207 | 15 | 3,7 | 222 | 23 | 3,51 | 210,6 | 17 | 95 | 100 |
| 3,5 | 210 | 4,03 | 241,5 | 15 | 4,27 | 256,2 | 22 | 4,06 | 243,6 | 16 | 95 | 100 |
| 4 | 240 | 4,6 | 276 | 15 | 4,85 | 291 | 21 | 4,61 | 276,6 | 15 | 95 | 100 |
| 5 | 300 | 5,75 | 345 | 15 | 6 | 360 | 20 | 5,7 | 342 | 14 | 95 | 100 |
| 6 | 360 | 6,9 | 414 | 15 | 7,2 | 432 | 20 | 6,84 | 410,4 | 14 | 95 | 100 |
| 7 | 420 | 8,56 | 483 | 15 | 8,4 | 504 | 20 | 4,98 | 478,8 | 14 | 95 | 100 |
| 8 | 480 | 9,2 | 552 | 15 | 9,6 | 576 | 20 | 9,12 | 547,2 | 14 | 95 | 100 |
| 9 | 540 | 10,35 | 621 | 15 | 10,8 | 648 | 20 | 10,26 | 615,6 | 14 | 95 | 100 |

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT)

4.2. Realização do ensaio

De acordo com a tabela de desarme do limitador de velocidade (tabela 1) deve-se realizar o ensaio com os seguintes dados:

Regulador de velocidade do tipo progressivo do fabricante Schindler, velocidade nominal de 90m/min.:

- Teste 1: Velocidade de desarme inicial 132 m/min., acima da tabela 1.

Ajuste de regulagem na mola tensora para diminuir a intensidade aplicando um torque x.

- Teste 2: Velocidade de desarme aproximou com 126 m/min., acima da tabela 1.

Ajuste de regulagem na mola tensora para diminuir a intensidade, aplicando torque y.

- Teste 3: Velocidade de desarme aproximou com 103 m/min., +/- dentro da margem de segurança, travamento da regulagem na mola com lacre numerado para controle.

5. RESULTADOS

Na realização dos ensaios da bancada avaliou-se uma margem de erro de escorregamento da polia do motor em relação à polia do limitador de velocidade desprezível.

Portanto, a partir da avaliação dos conjuntos de parâmetros de calibração experimental foram selecionados os seguintes conjuntos de parâmetros para aprovação do teste do limitador de velocidade nominal de 90m/min. (Velocidade mínima de desarme do limitador 115% - Mecânico).

1 v = 2,2 m/s;

2 v = 2,1 m/s;

3 v = 1,73 m/s.

Tabela 2 - Velocidade de desarme do limitador segundo a norma NBR NM 207/99

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----|------|-------|----|------|-------|----|------|-------|----|----|-----|
| 1,5 | 90 | 1,73 | 103,5 | 15 | 1,97 | 118,2 | 31 | 1,78 | 106,8 | 19 | 90 | 100 |
|-----|----|------|-------|----|------|-------|----|------|-------|----|----|-----|

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT) (Adpatado).

Após os testes de bancada efetuados em alguns limitadores de velocidade verificou-se que a solução apresentada obteve resultado satisfatório em relação aos testes realizados pelos fabricantes.

De fato se obtém uma medição da velocidade com precisão durante os testes de calibração dos limitadores de velocidade. Assim, pode-se concluir que a construção do protótipo pode ser utilizada por profissionais técnicos capacitados, com a aprovação do Engenheiro Mecânico, devidamente credenciado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA/CONFEA). Para a realização de calibração de limitadores de velocidade de elevadores de passageiros, após cumprir com todas as normas de segurança de operação de máquinas conforme norma regulamentadora NR-12.

“12.1 Esta Norma Regulamentadora e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras - NR aprovadas pela Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis.” (BRASIL, 2019).

6. CUSTO MÉDIO PARA FABRICAR UMA BANCADA

Um dos principais objetivos do presente trabalho foi desenvolver uma bancada de baixo custo, para testes de calibração de limitadores de velocidade, tendo em vista a extrema necessidade de atender a grande demanda por prestação desses serviços pelas empresas de manutenção de elevadores de passageiros (conservadoras) que não têm nenhum padrão específico regulamentado pelos órgãos competentes.

Desenvolvendo uma bancada de testes de calibração de limitador de velocidade “semelhante ao construído pelos grandes fabricantes”, o objetivo foi aumentar a competitividade das empresas conservadoras e garantir a segurança dos usuários. Uma vez que a compra de um novo equipamento nessas empresas tem um custo muito elevado e o prazo de entrega no mínimo é de 45 a 60 dias.

Tabela 2 – Demonstrativo de custo total da bancada.

| Itens | Quant. | Custo unitário | Custo Total |
|---|--------|----------------|-------------|
| Motor Trifásico | 01 | R\$730,00 | R\$730,00 |
| Inversor de frequência | 01 | R\$720,00 | R\$720,00 |
| Tacômetro digital | 01 | R\$500,00 | R\$500,00 |
| Cantoneira 2 x 1/8 ASTM-a36 galvanizada 6m | 02 | R\$124,44 | R\$248,88 |
| Chapa comp. de virola naval 15 mm x 2,20 x 1,60 | 01 | R\$155,00 | R\$155,00 |
| Eletrodo Revestido 6013 2 mm Serralheiro Gd 13 C/ 1 Kg | 01 | R\$26,97 | R\$26,97 |
| Kit Barra Roscada 1/2 50 Cm C/04 Porcas E 04 Arruelas Rayco | 04 | R\$22,90 | R\$91,60 |
| Disjuntor DIN monopolar 10A | 01 | R\$9,99 | R\$9,99 |
| Caixa de botões liga desliga | 01 | R\$40,00 | R\$40,00 |
| Itens de compõe Norma NR 12 | 01 | R\$ 600,00 | R\$600,00 |
| Total | | | R\$3122,44 |

Fonte: Próprio autor.

6.1. Tempo de reposição da troca do limitador de velocidade

Para executar a troca do limitador de velocidade no prédio atendendo a todas as etapas de segurança, leva em média 4 horas para retirada.

O tempo de paralisação do elevador será de acordo com as condições de estrutura de cada empresa prestadora de serviço.

Desde a avaliação das condições de desgaste da peça no prédio até a tomada de decisão de reparar em uma oficina própria ou oficina terceirizada, em último caso optar pela compra de um novo limitador no fabricante.

6.1.2 Optar pela compra do limitador de velocidade novo com o fabricante:

Se a empresa optar pela compra do limitador de velocidade no fabricante do equipamento, como por exemplo: Um modelo de baixa velocidade (45m/m.), custa em média R\$ 4.000,00 (quatro mil reais) e o tempo de entrega total do pedido da peça até entrega na empresa solicitante é de 45 a 60 dias. Terá muitos problemas com os clientes, principalmente em casos especiais como: elevador único, edifícios comerciais, hospital, fábricas de produção e supermercados.

Custo final para as empresas que não adotarem a reparação do limitador de velocidade em oficina própria com a banca de teste de calibração será muito alto de aproximadamente 90% em relação executarmos em oficina própria. Na tabela 3 foram orçados os custos para empresa prestadora de serviços que custam, em média, R\$4.620,00 reais.

Tabela 3 – Custo total para empresa sem a bancada de calibração

| Itens | Quantidade | Custo |
|--|------------|------------|
| Limitador de velocidade novo do fabricante | 01 | R\$4000,00 |
| Horas trabalhadas | 01 | R\$420,00 |
| Tributos totais | 01 | R\$200,00 |
| Total | 01 | R\$4620,00 |

Fonte: Próprio autor.

Diante de tantos custos que as empresas enfrentam, as expectativas de lucratividade em relação às grandes empresas acabam sendo muito além da realidade de sua estrutura, com isso, o valor de venda final para o cliente, não obtém lucratividade esperada. Em média, as empresas lucram muito pouco.

6.1.3 Execução da manutenção em oficina própria com utilização da bancada de calibração:

O tempo total da retirada do equipamento até a instalação do mesmo prédio passará a ser de 07 (sete) dias úteis com oficina própria e bancada de calibração.

A manutenção sendo realizada em oficina própria corrigindo todo o desgaste mecânico e substituindo as peças danificadas como: buchas de metal/rolamentos, pinos, *O-ring*, mola, lubrificação, pintura e calibração na bancada de teste. Terá um custo médio de R\$350,00 reais para executar todo reparo necessário dentro das normas de segurança semelhante aos fabricantes.

Custo benefício total para as empresas adotarem reparar o limitador em oficina própria é de 90% em relação tabela 3 em comprar uma nova peça com fabricante.

Tabela 4 – Custo total com a bancada.

| Itens | Quantidade | Custo |
|--|------------|-----------|
| Mola | 01 | R\$10,00 |
| <i>O-ring</i> | 01 | R\$2,00 |
| Buchas de metal/Rolamentos com esferas | 02 | R\$140,00 |
| Lacre numerado | 01 | R\$1,00 |
| Horas Mão de obra | 01 | R\$170,00 |
| Total | 01 | R\$323,00 |

Fonte: Próprio autor.

Com os reparos em oficina própria e bancada de calibração, custo benefício torna-se mais competitivo em relação aos grandes fabricantes, o valor final do limitador reparado e calibra do em média costuma ser cobrado em torno de R\$1.700,00 reais (mil e setecentos reais).

É exigência da Prefeitura do Rio de Janeiro, para empresas registradas no município, ter um galpão com no mínimo 200m² (duzentos metros quadrados) e equipamentos específicos de oficina.

7. PADRONIZAÇÃO DE METODOLOGIA NO DESENVOLVIMENTO DA BANCADA

Diante de tantos desafios que as empresas conservadoras de elevadores enfrentam com a falta de padronização na metodologia da execução dos trabalhos, esperamos que com esse novo projeto da bancada de calibração de limitador de velocidade possa contribuir e apoiar órgãos de regulação e metodologia como Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), a julgar pela oportunidade para pequenos empreendedores adotarem a bancada e capacitar profissionais para prestação de um novo nicho de mercado de prestação de serviço e emprego.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma vez que os poucos trabalhos técnicos envolvem o referido tema, não se considera a padronização de procedimentos em laboratório de calibração, por exemplo, os procedimentos realizados em laboratórios do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO espera-se que tal projeto traga ainda maior aplicabilidade e aproximação da tabela de segurança desenvolvida por cada fabricante de elevadores.

Isto posto, a intenção principal do presente trabalho foi mostrar a viabilidade da construção de uma bancada de testes de calibração para sanar o problema de falta de padronização de serviços de manutenção e calibração dentro das leis vigentes trazendo mais segurança para as pessoas que utilizam esse transporte vertical de passageiros.

Por fim, a construção da bancada de testes teve o apoio de uma empresa da área de manutenção e conservação de elevadores, onde já se calibrou e lacrou diversos limitadores de velocidade como teste inicial, que estão funcionando nos elevadores sem apresentarem nenhuma não conformidade até o momento.

9. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Uma vez que os poucos trabalhos técnicos envolvem o referido tema sugere-se os seguintes trabalhos:

9.1. Estudo de Padronização de ensaios em bancada conforme a Norma ABNT:

A partir da norma NBR NM 207/99, os órgãos competentes poderão estabelecer requisitos para a acreditação dos laboratórios de certificação de ensaios de calibração para esse modelo de bancada de testes de limitadores de velocidade de elevadores, a fim de garantir a padronização dos requisitos de qualidade desses equipamentos calibrados e a segurança para o transporte vertical de passageiros nos edifícios.

9.2. Estudo de Avaliação das Auditorias de certificação do INMETRO.

O estudo de avaliação da atuação do INMETRO no desenvolvimento de técnicas de Avaliação da Conformidade de funcionamento das bancadas nas empresas, a fim de manter o processo de metodologia de calibração, segurança dos profissionais e todo conjunto de ferramentas empregadas no processo.

9.3. Estudo de Elaboração do Plano de Manutenção de Limitadores de Velocidade.

O estudo de elaboração do Plano de Manutenção de Limitadores de Velocidade é de suma importância para a segurança dos passageiros e profissionais da manutenção e de todo conjunto de ferramentas empregadas no processo.

9.4. Estudo de Avaliação dos Relatórios de Inspeção Anual contemplando os resultados dos ensaios de calibração da velocidade de desarme dos limitadores de elevadores de passageiros

O estudo de avaliação do RIA é de suma importância para averiguar a metodologia aplicada nos ensaios de calibração para os testes dos limitadores de velocidade, assim, garantindo maior segurança aos passageiros desses meios de transporte vertical (elevadores).

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 5666 TB6: Elevadores Elétricos – Terminologia*. Rio de Janeiro, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR NM 207: Elevadores elétricos de passageiros - Requisitos de segurança para construção e instalação de elevadores com maquinaria dentro da caixa*. Rio de Janeiro: 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 15597:2010 – Requisitos de segurança para a construção e instalação de elevadores - Elevadores existentes - Requisitos para melhoria da segurança dos elevadores elétricos de passageiros e elevadores elétricos de passageiros e cargas*. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR NR12: 1978 - segurança no trabalho em máquinas e equipamentos*: Rio de Janeiro 1978.

BRASIL, NORMA REGULAMENTADORA - NR -12: SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTO. 2019. PORTARIA N.º 916, DE 30 DE JULHO DE 2019. SECRETARIA ESPECIAL DE PREVIDÊNCIA E TRABALHO, MINISTÉRIO DA ECONOMIA DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL.

ELEVADORES DEVEM SEGUIR NORMAS TÉCNICAS E DE ACESSIBILIDADE PARA TER LICENÇA. PRFEITURA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=176879>>. Acesso em: 12 de junho de 2020.

MONTE, Paulo Juarez Dal, et. al., *Elevadores e escadas rolantes*. 1ª edição. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2000.

SCHINDLER, Atlas, *Manual de transporte vertical em edifícios*.2013. Disponível em: <http://www.schindler.com/content/dam/web/br/PDFs/NI/manual-transporte-vertical.pdf>>. Acesso em: 12 de junho 2020.

KRUPP, Thyssen, *Nomeclatura Thyssen Sur Atualizada*. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/140315591/Nomeclatura-Thyssen-Sur-Atualizada>>. Acesso em: 12 de junho de 2020.

TOMÉ, Marco Alexandre Sacramento, et. al., *Sistema automático de medição de velocidade em limitadores de velocidade de elevadores*. Elevare - Revista técnica de elevadores e movimentação de cargas. Revista Elevare, Número 10. Porto, 2018. Disponível em: <<http://www.elevare.pt/PDF/ele10/artigotecnico.pdf>>. Acesso em: 12 de junho de 2020.

WITTUR, S.d.. *System Solution S-Pack 01*. –Disponível em: <[https://www.wittur.com/pt/especializados/modernizacao--de-elevadores-existent-\(en8180-snel\)/s--pack.aspx](https://www.wittur.com/pt/especializados/modernizacao--de-elevadores-existent-(en8180-snel)/s--pack.aspx)>. Acesso em: 02 de Novembro de 2017.