

Resultado da Primeira Comparação Nacional de Frenômetros do Brasil

Results of the first National Comparison of Brake Testers in Brazil

Paulo Lyra Simões Ferreira¹, Paulo Roberto G Couto¹, Jackson da Silva Oliveira¹

¹ Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro)

E-mail: plferreira@inmetro.gov.br, prcouto@inmetro.gov.br, jsoliveira@inmetro.gov.br

Resumo: O objetivo da Inspeção Técnica Veicular (ITV), prevista no Código de Transito Brasileiro, é a avaliação técnica do veículo em uso. Para a realização deste serviço são utilizadas linha de inspeção de segurança veicular que contem um conjunto de equipamentos. O instrumento destinado a avaliar a eficiência de frenagem de uma linha de inspeção é denominado frenômetro. Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia para avaliar a capacidade de medição dos frenômetros das linhas de inspeção de segurança veicular existentes no Brasil. Deste modo serão apresentados os resultados da primeira comparação de dezessete frenômetros do País.

Palavras-chave: Frenômetro, Comparação, Confiabilidade Metrológica; Segurança Veicular.

Abstract: The purpose of the vehicular technical inspection, foreseen in the Brazilian code of transit is the evaluation of the vehicle in use. For the performance of this service vehicular inspections lines are used containing a set of equipment. The instrument to evaluate the braking efficiency is called brake tester. In this work a methodology was developed to evaluate the measurement capacity of the brake tester from vehicular inspections lines existing in Brazil. This way the results of the first comparison of seventeen brake testers in the country will be presented.

Keywords: Brake Tester, Comparison, Metrology Reliability; Vehicle Safety.

1. INTRODUÇÃO

Conforme os dados do Relatório da Frota Circulante de 2017 do Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores – Sindipeças [1] existem no Brasil aproximadamente 42.872.000 de veículos circulantes, entre automóveis, comerciais leves, caminhões e ônibus cujo tempo médio de existência é de nove anos. Quando se discute

segurança veicular sob o ponto de vista da manutenção do veículo não se pode deixar de considerar a importância dos pneus e freios responsáveis por parar o veículo, evitando-se acidentes. Uma forma de garantir a integridade e eficiência do sistema de frenagem nos veículos depois de colocados em uso é a implementação da Inspeção Técnica Veicular (ITV) prevista no Código de Transito Brasileiro. A ITV determina que a realização de inspeção das condições de

segurança do veículo seja realizada de forma automatizada e informatizada utilizando um conjunto de equipamentos chamado de linha de inspeção de segurança veicular.

Ela possui o frenômetro que é um instrumento de medição projetado para determinar eficiência de frenagem, separadamente, de cada roda ou de um par de rodas de um eixo traseiro ou dianteiro de um veículo.

A Fig. 1 apresenta a localização do frenômetro em uma linha de inspeção de segurança veicular.



Figura 1 Localização do frenômetro em uma linha de inspeção de segurança veicular.

A Fig.2 abaixo apresenta esquematicamente a realização do teste de freio no eixo do veículo no frenômetro da linha de inspeção veicular.

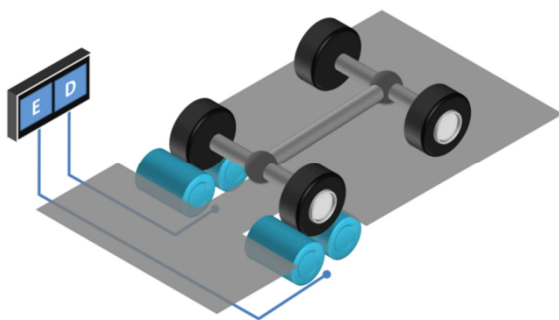


Figura 2 – Esquema da disposição das rodas do veículo sobre o frenômetro da linha de inspeção veicular.

A norma ABNT NBR 14040: 1998 - Inspeção de Segurança Veicular de Veículos Leves e Pesados [2] estabelece as diretrizes básicas da inspeção

técnica de segurança e os requisitos de fabricação da linha de inspeção de segurança veicular, porém não contempla os requisitos metrologicos. Em reuniões da Comissão Técnica em Segurança Veicular do Inmetro constatou-se que, em comparações de medições de eficiência de frenagem de um mesmo veículo, diferentes linhas de inspeção apresentam diferenças significativas nos parâmetros que podem aprovar ou reprovar o mesmo veículo ensaiado. No Brasil existem cerca de 840 operadoras de linhas de inspeção de segurança atuando em organismos de inspeção (OI) acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

2. METODOLOGIA

Para suprir a falta de especificações metrologicas dos frenômetros das linhas de inspeção veicular, inicialmente foi desenvolvido o procedimento de calibração dinâmica dos mesmos [3], o qual foi utilizado para a avaliação dos resultados da primeira comparação nacional de frenômetros. Foram comparados dezessete frenômetros de diversos fabricantes situados em diferentes estados do Brasil que pertencem aos OI. Os frenômetros comparados foram de três categorias: a) Frenômetros leves; b) Frenômetros para veículos pesados e c) Frenômetros para veículos leves e pesados. A quantidade por categorias estudadas foram: 04 de linha leve; 02 de linha pesada e 11 de linha mista (para veículos leves e pesados). Cada frenômetro foi identificado por uma numeração, objetivando a preservação dos aspectos da confidencialidade. Na comparação foram utilizados: um veículo com as características específicas e uso definidos, um transdutor de torque de referência e sensores necessários para aquisição dos sinais de velocidade angular e torque, assim como o sistema de aquisição de dados.

A Fig.3 apresenta a montagem do transdutor de torque do eixo dianteiro do veículo para a realização da calibração.

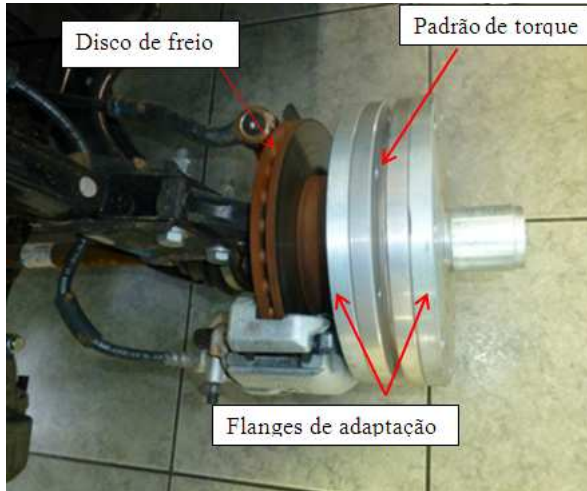


Figura.3 Montagem do transdutor de torque do eixo dianteiro do veículo.

A Fig. 4 mostra a visão detalhada da montagem dos sensores do sistema de aquisição de dados para obtenção da força de frenagem de referência.

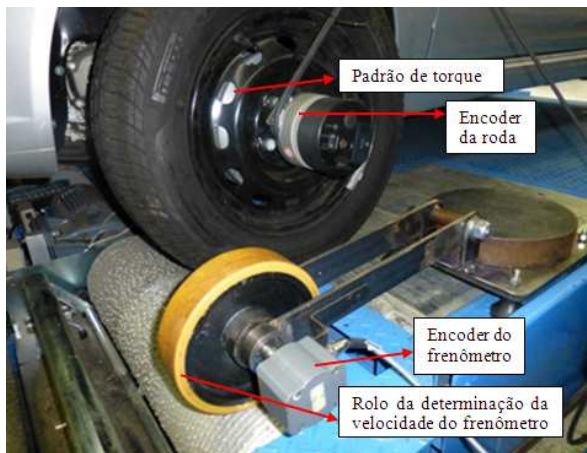


Figura 4. Montagem dos sensores do sistema de aquisição de dados para obtenção da força de frenagem de referência.

Cada linha de inspeção foi operada por técnico treinado de cada OI. A comparação consistiu inicialmente na elaboração da curva de calibração de cada frenômetro, conforme (1), sendo que

cada uma delas foi elaborada a partir de 20 pontos de medição.

$$F_{rd} = a + b \cdot F_i \quad (1)$$

Em que:

$F_{rd} =$	Força de referência (N);
$a =$	Coefficiente linear da curva de calibração do frenômetro (N);
$b =$	Coefficiente angular da curva de calibração do frenômetro;
$F_i =$	Força indicada pelo frenômetro.

O coeficiente linear representa o erro sistemático do frenômetro e o coeficiente angular retrata características específicas de cada sistema que compreende o dimensionamento e geometria do projeto de cada frenômetro.

2.1. Quantificação dos erros do sistema de medição de cada frenômetro

A quantificação dos erros do sistema de medição de cada frenômetro foi realizada a partir dos respectivos coeficientes angulares das curvas de calibração. Tais erros foram determinados por (2).

$$e_{sistema} (\%) = (b - 1) \cdot 100 \quad (2)$$

O critério de qualificação utilizado para os erros do sistema de medição de cada frenômetro foi o limite de tolerância de 18 %, o qual é citado no relatório da Associação Nórdica de Estradas [4].

2.2. Quantificação dos erros sistemáticos

A partir de (1), os erros pontuais dos frenômetros em todos os seus intervalos de medição foram calculados por (3).

$$e_p = F_{rd} - b \cdot F_i \quad (3)$$

Os erros sistemáticos foram calculados pela média dos erros pontuais (e_p) de cada frenômetro. A qualificação dos erros sistemáticos dos

frenômetros, os quais correspondem aos coeficientes lineares “a” de (1), foi realizada em duas etapas:

- qualificação dos desvios-padrão dos erros pontuais do frenômetro em relação ao limite de tolerância estabelecido de 60 N, que corresponde a 5% da força máxima de frenagem (1400 N) do veículo utilizado na comparação. O valor de 5% equivale ao dobro da incerteza avaliada [3] para o frenômetro participante da comparação que apresentou a melhor incerteza de calibração dentre os demais;
- qualificação dos erros sistemáticos de cada frenômetro, utilizando-se o limite da Associação Nórdica de Estradas [4] que é 18 % de 1400 N.

3. RESULTADOS

3.1. Curva de calibração dos frenômetros

A tabela 1 apresenta os coeficientes lineares e angulares dos 17 frenômetros.

Tabela 1. Coeficientes lineares e angulares dos frenômetros

Código	Coefficiente Linear (a) (N)	Coefficiente Angular (b)
1	-10,3	0,937
2	88,7	0,632
3	150,1	0,822
4	-69,6	1,034
5	-32,4	1,008
6	-32,7	1,044
7	197,0	1,232
8	-174,1	0,932
9	-36,3	0,968
10	5,8	0,946
11	100,9	0,886
12	-44,2	0,609
13	-104,2	0,935
14	78,9	0,843
15	89,1	0,903
16	120,1	0,824
17	13,5	0,955

3.2. Erros dos sistemas de medição dos frenômetros

Conforme (2), foram calculados os erros dos sistemas de medição de cada frenômetro e os valores obtidos são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. – Erros dos sistemas medição dos frenômetros

Código	Erros dos Sistemas (%)
1	6
2	37
3	18
4	3
5	1
6	4
7	23
8	7
9	3
10	5
11	11
12	39
13	6
14	16
15	10
16	18
17	4

A figura 5 apresenta os erros dos sistemas de medição dos frenômetros que ultrapassaram o valor tolerado de 18 %, citado em [4].

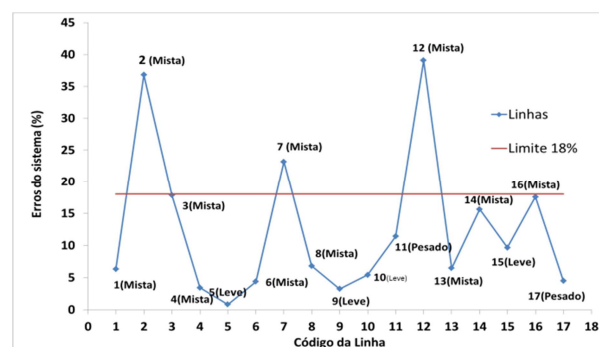


Figura 5: Erros do sistema de medição dos frenômetros

No gráfico da figura 5, observa-se que os frenômetros das linhas 2, 7 e 12 apresentaram erros dos seus sistemas de medição maiores do que o limite de tolerância especificado.

3.3. Qualificação dos erros sistemáticos

3.3.1. Desvios-padrão dos erros pontuais

A tabela 3 apresenta os desvios-padrão dos erros sistemáticos dos frenômetros que não foram eliminados na qualificação dos erros de seus sistemas de medição.

Tabela 3. Desvio-padrão dos erros pontuais dos frenômetros

Código	Desvio-padrão dos Erros Pontuais (N)
1	44
3	24
4	86
5	34
6	46
8	64
9	17
10	21
11	31
13	11
14	22
15	41
16	33
17	33

A figura 6 apresenta os desvios-padrão dos erros pontuais dos frenômetros.

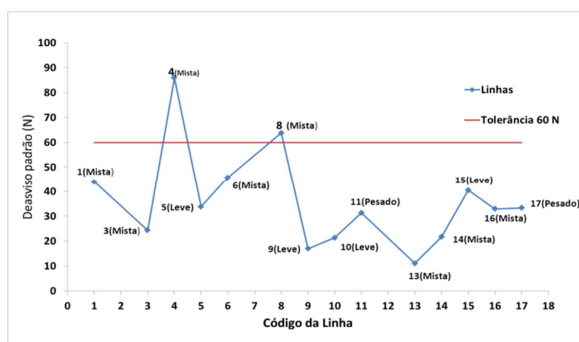


Figura 6. Desvio-padrão dos erros pontuais dos frenômetros

O gráfico da figura 6 mostra que os frenômetros das linhas 4 e 8 apresentam desvios-padrão dos seus erros pontuais acima do valor tolerado de 60 N.

3.3.2. Erros sistemáticos dos frenômetros

A tabela 4 apresenta os erros sistemáticos dos frenômetros que não foram eliminados na avaliação dos desvios-padrão dos erros pontuais.

Tabela 4. Erros sistemáticos dos frenômetros

Código	Erros Sistemáticos (N)
1	-10
3	150
5	-32
6	-33
9	-36
10	6
11	101
13	-104
14	79
15	89
16	120
17	14

A figura 7 apresenta valores absolutos dos erros sistemáticos dos frenômetros provenientes na tabela 4.

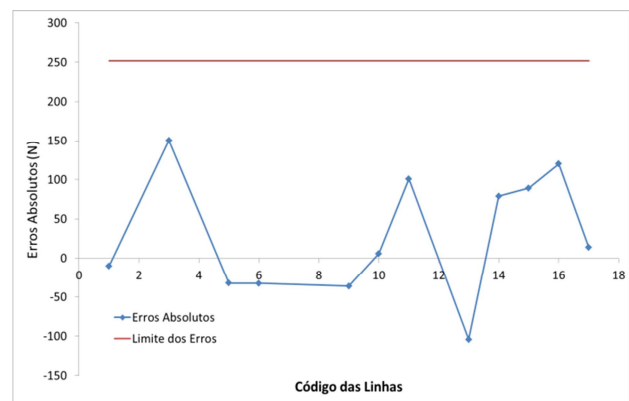


Figura 7: Erros sistemáticos absolutos dos frenômetros

A figura 7 mostra que os erros sistemáticos absolutos dos frenômetros estão dentro do valor

tolerado de 18 % da força máxima de frenagem (1400N) do veículo utilizado na comparação.

4. CONCLUSÕES

Observou-se que todas as linhas que não atenderam aos critérios utilizados na avaliação da primeira comparação nacional de frenômetros pertencem ao grupo das linhas mistas.

A comparação possibilitou a separação dos erros dos sistemas de medição, dos erros sistemáticos e dos seus respectivos desvio-padrão (erros aleatórios) [5] de cada frenômetro. Desta forma, foi possível retratar as diferenças metrológicas dos frenômetros comparados.

Verificou-se que algumas das linhas de inspeção (leves, pesadas e mistas) estão enquadradas em um mesmo grupo. Porém, um enquadramento mais adequado, somente poderá ser realizado a partir da realização de comparações específicas para as linhas leves, pesadas e mistas.

A partir de comparações realizadas de frenômetros, o procedimento proposto poderá servir de base para a revisão da norma ABNT NBR 14040: 1998 com o estabelecimento de tolerâncias metrológicas para os frenômetros, as quais não são previstas nela.

A comparação realizada mostrou que foi possível tirar conclusões iniciais em relação ao panorama atual a respeito da confiabilidade metrológica dos frenômetros no Brasil.

No trabalho realizado foi possível demonstrar que no Brasil existem diversas famílias de

frenômetros, os quais apresentam curvas de calibração diferentes. Algumas delas devem passar por ações que venham a diminuir seus erros, consequentemente, melhorando a confiabilidade metrológica.

7. REFERÊNCIAS

[1] SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA VEÍCULOS AUTOMOTORES. SINDIPEÇAS. Relatório da Frota Circulante, 2017, disponível <http://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2017/R_Frota_Circulante_2017.pdf>. Acesso em 22/06/2017.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14040: Inspeção de Segurança Veicular Veículos Leves e Pesados, 1998.3

[3] Paulo L S Ferreira, Paulo R G Couto, Luiz C Cabral, Ronaldo G Reis and Marcos Zillner-“A proposal for dynamic calibration of brake tester”- <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/648/1/012018>>

[4] Nordic Road Association. NFV. Relatório nº1/2011- Calibration of roller brake testers transmission and use of reference brake force. Finlândia; Disponível em: <<http://www.nvfnorden.org/lisalib/getfile.aspx?itimid=4907>>. Acesso em 02/05/2017.

[5] Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais de termos associados (VIM 2012). Duque de Caxias, RJ : INMETRO, 2012. 94.