

# ANÁLISE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DO PESO DE VEÍCULOS EM MOVIMENTO NAS ESTRADAS

Luciano Bruno Faruolo <sup>1</sup>

<sup>1</sup> INMETRO , Duque de Caxias, RJ, Brasil, lbfaruolo@inmetro.gov.br

## Resumo:

Este trabalho visa abordar os diferentes aspectos da verificação do peso de veículos nas estradas. Na introdução são comentados os principais assuntos relativos à importância da pesagem dinâmica de veículos nas rodovias, tais como aspectos econômicos e de segurança para os usuários das estradas. Em seguida, são descritos os elementos utilizados para o controle do excesso de peso nas estradas, como a legislação e a tolerância permitida pelos organismos responsáveis pelo estabelecimento de parâmetros para o setor. Na sequência, são abordadas as formas de verificação do peso de veículos, como a utilização de sistemas de medição capazes de identificar a massa dos veículos em movimento, discorrendo sobre como usar tais equipamentos em relação ao aspecto metrológico, e citando exemplos com a demonstração dos dados através de gráficos. Por fim, são feitas considerações sobre a utilização da medição dinâmica de massa e a importância para a sociedade de um sistema eficiente da fiscalização do excesso de peso dos veículos rodoviários.

**Palavras chave:** medição, sistemas de medição, veículos, rodovias.

## 1. INTRODUÇÃO

A importância da pesagem de caminhões nas rodovias é destacada pela necessidade de evitar o desgaste das estradas e o elevado índice de acidentes devido a danos causados nas rodovias. A pesagem é um elemento no controle de peso dos caminhões, alinhada à fiscalização pelos organismos competentes, pela qual são aplicadas sanções conforme a legislação pertinente.

Um grande número de mercadorias é comercializado pelo uso de sistemas de transporte de cargas em rodovias. O comércio em geral se utiliza das unidades de massa como referência para a padronização da quantidade de mercadoria. A agroindústria, a indústria metalurgia, a área química, assim como no comércio de bebidas e no ramo farmacêutico utilizam caminhões como principal meio de transporte.

A calibração dos equipamentos também é importante nos casos onde a exatidão desejada no momento da medição representa um elemento de destaque. O uso de meios de pesagem mais eficientes tem sido uma vertente para a melhoria do controle de processos para a indústria e o comércio.

## 2 FORMAS DE CONTROLE DE EXCESSO DE PESO NAS ESTRADAS

O controle do excesso de peso dos veículos pode ser realizado através de instrumentos de pesagens, balanças, e pelo peso declarado na nota fiscal, conforme o estabelecido pelo Código Brasileiro de Trânsito.

Segundo as Resoluções do CONTRAN -Conselho Nacional de Trânsito, que dispõe sobre a legislação específica para o trânsito, são estabelecidos os seguintes limites:

Conforme a Resolução Nº 12/98, os limites máximos de peso bruto total e peso bruto transmitido por eixo de veículo, nas superfícies das vias públicas, são os seguintes:

I – peso bruto total por unidade ou combinações de veículos: 45t;

II – peso bruto por eixo isolado: 10t;

III – peso bruto por conjunto de dois eixos em tandem, quando à distância entre os dois planos verticais, que contenham os centros das rodas, for superior a 1,20m e inferior ou igual a 2,40 m: 17t;

IV – peso bruto por conjunto de dois eixos não em tandem, quando à distância entre os dois planos verticais, que contenham os centros das rodas, for superior a 1,20m e inferior ou igual a 2,40m 15t;

V – peso bruto por conjunto de três eixos em tandem, aplicável somente a semi-reboque, quando à distância entre os três planos verticais, que contenham os centros das rodas, for superior a 1,20 m e inferior ou igual a 2,40 m 25,5t;

Em qualquer par de eixos ou conjunto de três eixos *em tandem*, com quatro pneumáticos em cada, com os respectivos limites legais de 17t e 25,5t, a diferença de peso bruto total entre os eixos mais próximos não deverá exceder a 1.700kg.

Segundo a Resolução Nº 68/98 A Combinação de Veículos de Carga – CVC com mais de duas unidades, incluída a unidade tratora, só deverão circular portando Autorização Especial de Trânsito, a Combinação de Veículos de Carga – CVC não poderá possuir Peso Bruto Total Combinado – PBTC superior à 74t.

De acordo com a Resolução Nº 102/1999 é permitida a tolerância máxima de 7,5% (sete vírgula cinco por cento) sobre o peso bruto transmitido por eixo de veículos à superfícies das vias públicas.

Pela Resolução N° 114/200 A fiscalização dos limites de peso, por meio do peso total declarado em notas fiscais, será exercida somente naquelas rodovias desprovidas de equipamentos de pesagem. Quando o peso aferido estiver igual ou inferior ao PBT ou PBTC estabelecido para o veículo, acrescido da tolerância de 5%, embora havendo excesso de peso em algum dos eixos ou conjunto de eixos, não será aplicada a multa. Nesse caso a carga deverá ser remanejada ou ser efetuado transbordo, de modo a que os excessos por eixo sejam eliminados; o veículo somente poderá prosseguir viagem depois de sanada a irregularidade. Quando o peso aferido estiver acima do PBT ou PBTC estabelecido para o veículo, acrescido da tolerância de 5%, aplicar-se-á a multa correspondente, não computada a parcela relativa à tolerância; o veículo somente poderá prosseguir viagem depois de efetuado o transbordo.

Segundo Fernandes (1994) em pesquisa realizada em 1994, os caminhões trafegam com sobrecarga de 10 à 30%. Entretanto, onde é aplicada a fiscalização sobre o limite de peso o percentual de excesso é reduzido para 5%.

### 3- FORMAS DE VERIFICAÇÃO DE PESO DE VEÍCULOS.

Os veículos podem sofrer a verificação de massa transportada de diferentes maneiras entre elas:

1. Balanças rodoviárias de pesagem estática
2. Balanças rodoviária de pesagem estática por eixo
3. Balanças fixas rodoviárias de pesagem dinâmica, por eixo,
4. Balanças portáteis rodoviária de pesagem dinâmica por eixo.

Entretanto, as balanças estáticas utilizam todo o veículo sobre a plataforma de pesagem para a verificação do peso, e pela ação da gravidade determinar a massa do veículo. Porém, os equipamentos de pesagem dinâmica, utilizam transdutores de força os quais são dimensionados para a verificação do peso por eixos do veículo utilizando de artifícios matemáticos para o cálculo do peso bruto total do veículo, após a passagem do mesmo sobre o sistema de pesagem. O sistema portátil pode ser remanejado para outro posto de pesagem, desde que tenha o laudo de verificação para o local de instalação, o portador do instrumento de pesagem deve ter diferentes autorizações do INMETRO para atuar nos diferentes postos de pesagem.

A exatidão dos instrumentos de medição referidos é diferenciada, sendo o sistema estático com a maior exatidão, entre os quatro tipos de equipamentos seguido do sistema de pesagem estática por eixo, pesagem dinâmica com instalação fixa, e por último o sistema de pesagem dinâmica portátil. As figuras 1 e 2 representam dois gráficos de sistemas de pesagem dinâmica portátil. Considerando como fatores para o cálculo o disposto na portaria de aprovação do modelo de instrumento de pesagem utilizado, de forma a estabelecer uma comparação entre o peso do caminhão em uma balança estática e o peso do caminhão medido através de uma balança portátil instalada na rodovia BR125, Miranda, e Caxias ambas no estado do Maranhão em 2003.

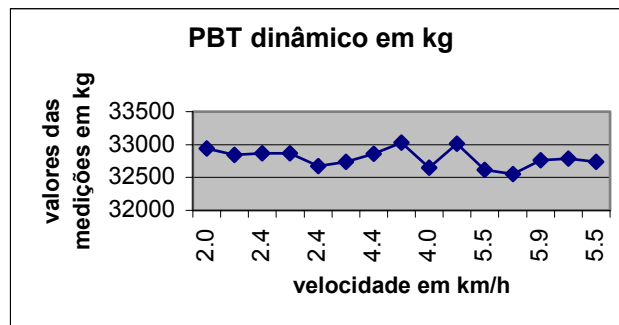


Figura 1- Demonstrativo de sistema de pesagem portátil reprovado

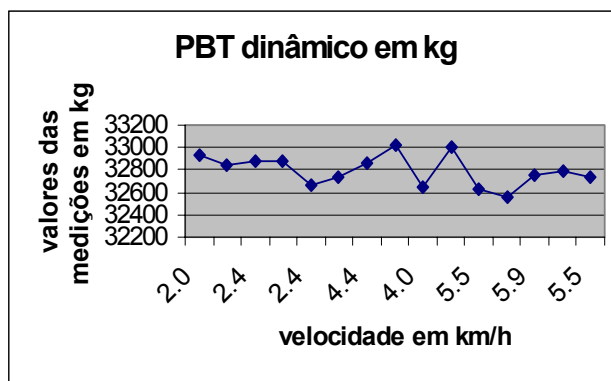


Figura 2- Demonstrativo de sistema de pesagem portátil aprovado

Após a reprovação do sistema, em relação ao conjunto instrumento de pesagem e instalação na rodovia, são necessárias correções até que o mesmo seja capaz de atender as exigências para balanças portáteis de pesagem dinâmica por eixo, quanto a exatidão de 1% para o cálculo do Peso Bruto Total – PBT e demais contidas na referida portaria INMETRO de aprovação de modelo de instrumentos de pesagem.

### 4 FATORES DE INFLUÊNCIA NA PESAGEM DE VEÍCULOS.

#### Temperatura

As variações de temperaturas provocam dilatações e alterações de desempenho, sendo verificadas alterações na sensibilidade da liga metálica que compõe o instrumento de pesagem, contração ou alongamento do material. Isto faz com que na construção destes instrumentos se instalem resistores para a compensação do efeito da variação da temperatura, conforme Hoffman, 1987 .

#### Vibração

A vibração do sistema de pesagem, ocasionada pelas forças provenientes da massa do veículo e do deslocamento do mesmo, interferem no valor de medição do instrumento de pesagem. Sendo as interferências provenientes de problemas da suspensão dos veículos, estabilidade dos equipamentos e devido a desnivelamento da pista de aproximação formas de influenciar no resultado da medição da massa. Para a interpretação do efeito da vibração nos sistemas pode-se utilizar a fórmula (1), conforme Thomson (1978), onde:  $\omega$

é a frequência natural,  $k$  é o coeficiente de elasticidade e  $m$  é a massa.

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (1)$$

A frequência é função da massa, e do coeficiente de elasticidade, o qual varia conforme as condições de estabilidade e nivelamento do instrumento de medição. Desta forma a má instalação do equipamento interfere na frequência produzida durante a medição da massa.

Segundo Ono et al. (1998), a frequência captada pelo instrumento de pesagem de veículos representa um sinal elétrico, captado por duas senóides, as quais identificam as diferentes massas em um instrumento de medição, oriundas das cargas de cada eixo de um veículo rodoviário, conforme a figura 3. Onde picos de onda detectados em um analisador de sinais, representam o momento do contato da força com o transdutor, os quais são registrados no equipamento. Considerando o comportamento da vibração do sistema, o mesmo desenvolveu uma metodologia de interpretação de sinais elétricos durante a medição de carga capaz de considerar elementos da vibração do veículo, considerando a média de valores registrados, não somente o valor do máximo da carga captada pelo transdutor de força durante a medição.

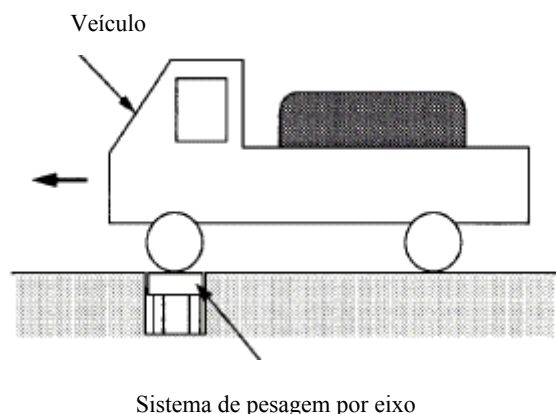


Figura 3 – Sistema de pesagem de veículos rodoviários por eixo

Estes sinais ao sofrerem interferências de ordem magnética e mecânica, devido a impactos e descargas elétricas fora do previsto pelo projeto do instrumento alteram o resultado da medição.

#### Influência dos Pneus

A força peso do veículo é transmitida pelo contato do pneu do caminhão com a plataforma de pesagem, ou placa de pesagem, pela qual será calculada a massa do veículo, de forma que a pressão do pneu é parte importante do processo. Hyunz-gyn Jun, et. al. (2004) mostrou que o pneu com maior pressão interna amortecia a força transmitida da suspensão do veículo. Através de um ensaio onde são

aplicadas duas cargas constantes sobre o pneu variando-se sua pressão interna, verifica-se que quando atuam pressões maiores e constantes no pneu são registradas forças menores, no transdutor. Representando uma relação decrescente da força transmitida pelo pneu para crescentes pressões internas nos mesmos.

#### **5-EFEITO DO EXCESSO DE PESO NAS ESTRADAS.**

A utilização de instrumentos de pesagem onde a carga se movimenta sobre a plataforma de pesagem têm sido um elemento de destaque no uso de sistemas de pesagem para fiscalização de limite de peso nas estradas. Este tipo de equipamento é importante na prevenção de acidentes e no combate ao desgaste excessivo das estradas. O excesso de peso nas estradas sobrecarrega o veículo pondo em risco a segurança dos caminhões e com isso ocasionando acidentes.

Albano (1998) através de um simulador de tráfego, da Área de pesquisa e testes da UFRGS/DAER, concluiu que a vida útil de um pavimento típico de rodovia vicinal pode sofrer uma redução de até 80% na vida útil, quando o excesso de carga chegam a ordem de 20%. O desgaste nas estradas provocado pela força peso da carga transportada transmitida ao solo pelos eixos dos veículos provoca danos ao piso das estradas de forma a dificultar o tráfego de carros e a estabilidade dos caminhões e ônibus nas estradas. O número de acidentes pode ser reduzido com o controle do peso dos veículos, evitando mortes e vítimas de atropelamentos.

O excesso de peso do veículo é prejudicial para a sociedade, sendo destacado alguns fatores :

#### Segurança nas estradas:

O veículo com sobrecarga torna-se menos seguro, sendo mais complexa a condução do mesmo podendo acarretar acidentes durante a viagem podendo prejudicar além do próprio motorista outras pessoas, como passageiros de ônibus, lotação, automóveis e pedestres. Os pontos onde as estradas são mais danificadas também representam locais de maior risco de assaltos à veículos e roubo de carga.

#### Desgaste do piso das estradas:

A carga por eixos do caminhão acima do tolerável acarreta desgaste excessivo no asfalto, principalmente durante o período de chuvas onde o asfalto torna-se mais propenso à desnivelamento devido à erosão provocada pela força dos pneumáticos sobre o solo.

#### Prejuízo da mercadoria transportada:

Durante o trajeto da origem até o destino da carga são percorridos muitas das vezes cerca de 1000 Km, sendo este percurso feito normalmente em velocidade substancial. Devido a problemas de buracos e desniveis nas rodovias a carga pode sofrer deformações acarretando quebras e danos. Nos casos de alimentos perecíveis pode ocorrer a perda de parte da carga, além de o tempo de transporte influenciar

nas condições para a garantia das condições de consumo do produto a ser transportado.

#### Aumento do preço do frete:

Com as perdas descritas nos itens anteriores o preço do transporte sofre acréscimo, sendo o mesmo objeto de reajustes para a compensação de gastos com o veículo devido à manutenção, seguro, renovação da frota e aumento do tempo de duração do frete.

## 6- CONCLUSÃO

A importância da pesagem dinâmica nas rodovias esta inserida em diferentes fatores como:

1. Prevenção de acidentes nas estradas.
2. Diminuição de desgaste das rodovias
3. Economia de dinheiro em recapiamento das vias públicas.
4. Redução do desgaste de caminhões
5. Redução do preço dos fretes
6. Melhoria da qualidade do transporte
7. Redução de perdas durante a movimentação das cargas
8. Diminuição no tempo de transporte.
9. Redução de roubos e delitos sofridos por usuários de estradas provocados pela necessidade de trafegar em baixa velocidade.
10. Fiscalização da carga transportada pelos veículos para fins tributários.

Entretanto, as condições de durabilidade das estradas não dependem unicamente do peso dos veículos que trafegam sobre a pista, também são importantes fatores relacionados à construção das estradas, como:

1. espessuras das diversas camadas do pavimento
2. qualidade dos materiais empregados na construção
3. procedimentos construtivos adotados
4. condições de manutenção das rodovias
5. propriedades do subsolo
6. condições ambientais, precipitações pluviométricas e a variação da temperatura.

Portanto, o controle metrológico dos sistemas de pesagens, que é realizado pelo INMETRO – Instituto Nacional de Normalização, Metrologia e Qualidade Industrial, na DIMEL- Diretoria de Metrologia Legal, na aprovação de modelos, conforme os procedimentos adotados pela DIMAS- Divisão de Instrumentos de Medição de Massa e em modelos de balanças rodoviárias, e no controle periódico realizado pela Rede de Metrologia Legal, tem sido importante para diminuir o excesso de peso dos veículos nas estradas colaborando para a melhoria das condições de segurança nas estradas.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Divisão de Instrumentos de Medição de Massa, da Diretoria de Metrologia Legal do INMETRO, pela colaboração na realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- 1 Albano .J.F Efeitos da Variação da carga por eixo, pressão de inflação e tipo de Pneu na resposta Elástica de um Pavimento. Escola de Engenharia. Dissertação de Mestrado em engenharia programa de engenharia de Produção, UFRGS. Porto Alegre, 1998.
- 2 Código Brasileiro de Trânsito, Lei Federal, Nº 9503, de 23 de setembro de 1997.
- 3 Fernandes Júnior J.L. Investigação dos efeitos das solicitações do tráfego sobre o desempenho de pavimentos Escolha de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado São Carlos, 1994.
- 4 Hyunz-gyn Jun; Way, T. R.; Bjorn Loygren; Landstrom, M.; Bailey, A. C.; Burt. E. C.; Mc.Donald, T. P. (2004), “Dynamic Load and Inflation Pressure Effects on contact pressures of a Forestry Forwarder Tire”, Journal of Terramechanics, 8p.
- 5 Lei federal Nº 9933/99. Publicada no DOU de 21.12.99. Dispõe sobre as competências do CONMETRO e do INMETRO, institui a Taxa de Serviços Metrológicos, e dá outras providências
- 6 Ono T, Fukuda, K., Yoshida, K., Uozumi, H. e Tottori, H., Mass-estimation Methods for In-motion Vehicles Using Axle Whinging System, IMEKO - International Measurement Confederation, Tampere, Finland, 1998
- 7 Portaria INMETRO/DIMEL Nº 153, de 22 de dezembro de 1997.
- 8 Portaria INMETRO Nº 29/1995, vocabulário Internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia .
- 9 Portaria INMETRO 102/1998 Vocabulário de metrologia legal.
- 10 Resoluções do CONTRAN, 12/98; 68/98; 75/98; 76/98; 77/98; 102/99, Departamento de Polícia Rodoviária Federal, 2003. www.dprf.gov.br.
- 11 Siegel, M. R., Estatística, Schaum McGraw-Hill, 2ª edição - São Paulo, 1985
- 12 Thomson, W. T., Teoria da Vibração com Aplicações - Rio de Janeiro – Interciência, 1978.

Luciano Bruno Faruolo, Mestrando em Tecnologia, Engenheiro Mecânico, Tecnologista, Divisão de Instrumentos de Medição de Massa, Diretoria de Metrologia Legal, INMETRO, Av Nossa Senhora das Graças SN, Xerém, Duque de caxias, Rio de Janeiro, cep 25.250-020 e-mail: Lbfaruolo@inmetro.gov.br