

FISCALIZAÇÃO DE CARGAS RODOVIÁRIAS: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE POSTO DE PESAGEM VEICULAR MÓVEL E UM SISTEMA WIM IMPLANTADO NA RODOVIA BR-290/RS - FREEWAY

André Luiz Bock

Lélio Antônio Teixeira Brito

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

RESUMO

Nas últimas décadas os pavimentos rodoviários brasileiros têm tido seu desempenho comprometido devido a uma série de fatores, entre eles incluem-se não somente o crescente aumento do volume de tráfego de veículos pesados e aumento de sua capacidade de transporte, mas principalmente a circulação com cargas acima dos limites legais estabelecidos, configurando uma situação crítica para a durabilidade da estrutura projetada. Neste contexto, o presente artigo insere-se em um amplo estudo de espectro de cargas realizado na Rodovia BR-290/RS e apresenta dados parciais de um monitoramento comparativo da eficiência de fiscalização com análise de dados de um posto de pesagem veicular móvel (PPVM) e a instalação e operacionalização de um equipamento de pesagem dinâmica de alta velocidade HS-WIM (*High Speed Weigh-in-Motion*). As análises realizadas possibilitaram determinar as cargas e os níveis de sobrecargas praticados na rodovia, além de estimar a variação dos dados através dos dois sistemas de fiscalização analisados.

ABSTRACT

In recent decades the Brazilian road pavements have had their performance reduced due to several factors, not only the increasing volume of heavy vehicles and increased transport capacity, but mainly the flow with loads above the established legal limits, setting a critical situation for the durability of the designed structure. In this context, this article is part of an extensive study of load spectrum performed on BR-290/RS Highway and presents partial data of a comparative monitoring of the efficiency inspection with data analysis of a mobile weighing station (PPVM) and the installation and operation of a high-speed dynamic weighing equipment (HSWIM *High Speed Weigh-in-Motion*). The analyzes made possible to determine the loads and the levels of overloads practiced in the highway, besides estimating the variation of the data through the two control systems analyzed.

1. INTRODUÇÃO

Uma adequada infraestrutura de transportes é fundamental para a mobilidade de cargas e passageiros, representando uma importante contribuição no desenvolvimento econômico e, conseqüentemente, no desenvolvimento social e cultural de qualquer sociedade. A disponibilidade de uma boa infraestrutura é elemento primordial no desenvolvimento de uma nação, e mais ainda no caso do Brasil, um país de dimensões continentais, onde a infraestrutura de transportes tem mais acentuada sua importância, devido à sua função de transferir insumos e bens finais para as mais diversas regiões do país com distâncias de transporte consideráveis.

Apesar de o modo rodoviário ser responsável pela grande maioria de transporte de cargas e passageiros, o setor apresenta carências históricas em termos de infraestrutura, sua situação é preocupante, tanto em quantidade quanto em qualidade da malha pavimentada, necessitando de medidas constantes de manutenção e melhorias.

Em função do importante papel da malha rodoviária brasileira, principalmente no que diz respeito ao transporte de cargas, há uma constante necessidade de crescimento, manutenção e melhorias. Para recuperar o crescimento reduzido nas décadas de 1980 e 1990, os investimentos em manutenção de rodovias em degradação, duplicação de rodovias com grande fluxo de tráfego e construção de novas rodovias vêm aumentando gradativamente.

Desta forma, o dimensionamento de pavimentos ganha papel cada vez mais importante no cenário nacional, enfrentando um novo desafio, visto que o tráfego comercial que solicita os pavimentos tem crescido de forma exponencial, e considerar estes parâmetros se torna indispensável para garantir um bom desempenho da estrutura projetada.

Segundo Brito *et al.* (2013), há uma necessidade de adequação das rodovias à necessidade de atual de transporte. Restringir as cargas, apesar de necessário, deve ser feito de forma eficaz tanto para o proprietário da infraestrutura – os governos nas diferentes esferas/as concessionárias –, quanto para o usuário – o transportador. Parece evidente, segundo os autores, a necessidade então de se elevar as cargas para as quais os pavimentos são projetados; no entanto, para isto é necessário que os manuais de projeto se adequem e considerem a cargas atuais; o que ainda não é uma realidade.

Neste sentido, o presente artigo apresentará uma análise comparativa realizada como parte inicial de um amplo estudo de espectro de cargas realizado na rodovia BR-290/RS entre os anos de 2012 e 2015. Neste comparativo serão analisados dados de monitoramento de cargas em períodos pré-estabelecidos por meio de dois distintos sistemas, sendo um deles o Posto de Pesagem Móvel (PPVM) que funciona na rodovia e o outro através da instalação e operacionalização de um sistema de pesagem em movimento de alta velocidade (HS-WIM – *high speed weigh in motion*). A partir dos dados coletados faz-se uma análise de quantitativos de veículos monitorados por ambos os sistemas em um mesmo período, as cargas solicitantes avaliadas, além de uma análise de limitações e potencialidades dos sistemas em questão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Apresentam-se resumidamente neste item alguns tópicos importantes para embasamento da presente pesquisa, tais como transporte de cargas no Brasil, sistemas de fiscalização e controle de cargas e a importância do tráfego na vida útil do pavimento rodoviário.

2.1. Transporte de cargas no Brasil

A infraestrutura de transportes é um pré-requisito para o desenvolvimento, tanto regional quanto em âmbito nacional. Segundo Viana (2007), os países que têm boa infraestrutura de transportes não a têm por serem desenvolvidos. Antes, são desenvolvidos porque cuidaram, no devido tempo, das suas estradas e das vias de transporte de todo tipo.

No Brasil o sistema rodoviário tem papel de destaque no transporte de passageiros e principalmente de cargas, sendo responsável por mais de 60% da movimentação de mercadorias no território nacional (Medina e Motta, 2015). Neste contexto, os projetos de dimensionamento de pavimentos acabam enfrentando um novo desafio, visto que o tráfego comercial que solicita os pavimentos tem crescido de forma exponencial e sua consideração nos métodos de dimensionamento não tem acompanhado esta evolução, assim como demais fatores que, de forma simplificada são ainda consideradas nos dimensionamentos das estruturas de pavimentos rodoviários.

2.3. Importância do tráfego na vida útil do pavimento

Diversos fatores influenciam no desempenho de um pavimento rodoviário, além de uma correta escolha dos materiais, a qualidade da execução das diversas camadas do pavimento e os níveis de tráfego ao qual a estrutura estiver submetida são fatores primordiais para garantir um bom desempenho da estrutura durante a sua vida útil.

De acordo com o estabelecido no *AASHO Road Test* e reforçado por Chou (1996), a degradação do pavimento aumenta exponencialmente com a carga por eixo. Para efeitos práticos e didáticos, aceita-se, internacionalmente, como um valor médio aplicável à relação entre excesso de peso e degradação do pavimento, um expoente igual a 4, o que determina o que é conhecido como a Lei da Quarta Potência. Nessas condições, um eixo de carga duas vezes mais carregado que outro causará 16 vezes mais danos ao mesmo pavimento.

Com base na Lei da Quarta Potência, Brito *et al.* (2013) apresentaram análises tomando como exemplo um pavimento projetado para uma vida útil de 15 anos, com sobrecargas de 5%, 7,5% e 10% e verificaram um aumento significativo do dano relativo causado ao pavimento com o aumento dos percentuais de sobrecarga. No caso apresentado, para um aumento de 5% na carga por eixo observou-se um dano relativo de 20% à estrutura, reduzindo a vida útil em até 3 anos. Com aumentos nas sobrecargas da ordem de 7,5% e 10% o nível de dano relativo provocado foi de 26,7% e 35,0%, respectivamente, o que leva a uma estimativa de redução na vida útil da estrutura de 4 e 5,5 anos (em um período de projeto de 15 anos).

Evidencia-se dessa forma a importância do conhecimento das características de tráfego. A falta de fiscalização das rodovias brasileiras, tanto para controle de excesso de cargas transportadas quanto para fins meramente estatísticos são dificuldades encontradas pelos projetistas para realização de uma estimativa mais realista das solicitações que o pavimento sofrerá durante a sua vida útil, tanto para projeto de rodovias novas, quanto para realização de planos de manutenção e reabilitação de pavimentos.

2.4. Controle e fiscalização de cargas rodoviárias

O controle e a fiscalização das cargas transportadas pelas rodovias brasileiras são importantes fatores para gerência da malha rodoviária e controle dos mecanismos de degradação dos pavimentos, tanto em nível de rede quanto em nível de projeto. Atualmente observa-se ainda uma grande carência de informações sobre as reais cargas transportadas nas rodovias brasileiras, fator relacionado principalmente aos planos de operação dos postos de pesagem que sabidamente não são suficientes para atender a demanda necessária para um correto controle de cargas e aplicação da legislação relacionada à fiscalização das sobrecargas.

Em relatório técnico publicado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT *et al.*, 2017) são mencionadas às questões quanto à facilidade com que os postos fixos de pesagem são contornados através da utilização de rotas de fuga, à falta de recursos para a fiscalização (custos de instalação e operação), a limitação de horários de funcionamento apenas em horários comerciais ou períodos bastante reduzidos e problemas de infraestrutura como sendo alguns dos principais problemas enfrentados na fiscalização das cargas transportadas nas rodovias brasileiras. Segundo o relatório, em virtude das limitações reportadas, veículos sobrecarregados trafegam pela maioria das rodovias sem serem punidos pelo dano que causam na operação da via e ao pavimento.

Em um contexto onde cada vez mais é observada uma degradação prematura dos pavimentos rodoviários em função principalmente dos elevados níveis de solicitações provocados pelo aumento do volume de tráfego pesado e circulação com excesso de cargas, têm-se a necessidade cada vez maior de atualizar o conhecimento sobre o real espectro de cargas que solicita os pavimentos através de sistemas mais eficientes de controle e fiscalização de cargas, quantificando os níveis de excesso de carga e avaliando os efeitos destes fatores no desempenho futuro dos pavimentos.

Segundo Fontenele (2011), no decorrer das últimas décadas muitos estudos têm sido desenvolvidos com o interesse de representar de forma mais próxima à realidade as condições impostas pelo carregamento oriundo dos veículos e os seus reflexos nos pavimentos, para que os projetos e sua posterior análise possam ser desenvolvidos da maneira mais fiel possível à situação vivenciada em campo.

Diante do exposto, a presente pesquisa desenvolvida entre os anos de 2012 e 2016, traz uma significativa contribuição para a engenharia rodoviária através da implantação totalmente funcional, pioneira no estado do Rio Grande do Sul, de um sistema para a definição e análise do amplo espectro de cargas da rodovia BR-290/RS.

Neste artigo será apresentada uma parte inicial do estudo, que consiste em uma análise comparativa entre dois sistemas de fiscalização e controle de cargas, conforme etapas apresentadas a seguir.

3. METODOLOGIA

No presente item serão apresentadas as estratégias e a metodologia utilizada para definição de características do tráfego rodante na BR-290 Freeway, através de distintos sistemas de monitoramento de cargas: sendo um deles um sistema de pesagem em movimento de alta velocidade (HS-WIM – *high speed weigh in motion*) e o outro através de dados obtidos em um posto de pesagem veicular móvel (PPVM) instalado na rodovia.

3.1. Coleta de dados de tráfego rodante na BR-290-RS- Freeway

3.1.1. Sistema de pesagem em movimento de alta velocidade HS-WIM

Como o objetivo de identificar e analisar o amplo espectro de cargas da BR-290/RS sem perturbação do tráfego com coleta de dados na velocidade padrão da rodovia, utilizou-se um sistema de Pesagem em Movimento de Alta Velocidade, denominado de HS-WIM.

O sistema HS-WIM foi definido em função dos seguintes fatores: fácil aquisição e instalação, acurácia e confiabilidade do sistema. Dentro dos requisitos da pesquisa realizada, o sistema que melhor atendeu aos requisitos apresentados foi o sistema "*Piezo+Loop+Piezo*" que consiste na instalação de um *loop* magnético entre dois sensores piezoelétricos.

Segundo a ASTM E1318-09 que define as categorias dos sistemas de pesagem em movimento, o sistema utilizado é caracterizado como TIPO I, com velocidade de operação de 16 a 130km/h, com acurácia na medida de cargas por grupo de eixos de 12% e acurácia na medida do peso bruto total de 10%. Os sistemas do TIPO I permitem a coleta de dados de carga por eixo e grupo de eixos, peso bruto total, espaçamento entre eixos, velocidade, sentido de direção, data e hora da pesagem.

Na Figura 1 apresenta-se esquematicamente a aplicação do sistema WIM composto por sensores piezoelétricos e laços indutivos. O sistema deve se valer também de uma sonda de temperatura, sendo esta utilizada para medir a temperatura do pavimento, cuja deformação deverá ser corrigida em função do gradiente térmico naquele instante. Daí a necessidade de calibração do sistema através de uma curva de variação da temperatura.

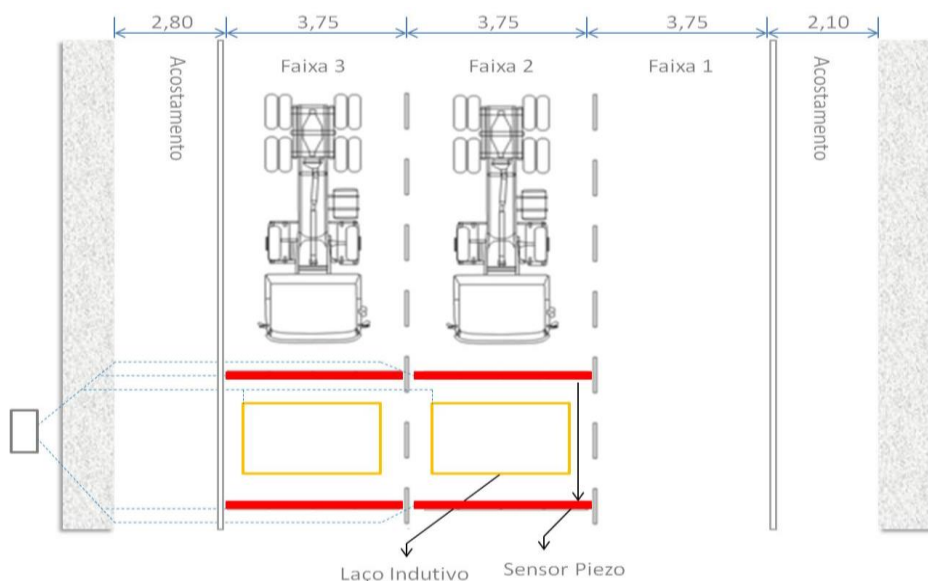


Figura 1: Representação esquemática da instalação do sistema HS-WIM

3.1.2. Posto de pesagem veicular móvel (PPVM)

O equipamento instalado na rodovia e objeto deste acompanhamento trata-se de um equipamento de pesagem dinâmica que afere o peso do veículo em movimento a baixa velocidade (cerca de 8 Km/h) sobre uma plataforma, por meio de sensores de pesagem, em cada eixo de maneira individualizada, apresentando os resultados da aferição por eixo ou por conjunto de eixos e o peso bruto total (PBT). A Figura 2 apresenta a operação do posto de pesagem da BR-290/RS localizado no km 65 na Pista Sul.



Figura 2: Infraestrutura e operação do PPVM do km 65 PS na BR-290/RS

3.2. Análise comparativa de níveis de sobrecargas (HS-WIM x PPVM)

Conforme metodologia proposta, a avaliação das cargas circulantes na BR-290/RS foi realizada através da contabilização de dados a partir da instalação de um sistema de pesagem em movimento HS-WIM e através de dados obtidos a partir da operação do posto de pesagem (PPVM) instalado na rodovia.

Dentro da metodologia proposta, as definições e análises dos carregamentos foram realizadas em distintas etapas a fim de comparar a operação dos dois sistemas de monitoramento de cargas supracitados. As fases definidas para realização do comparativo são elencadas a seguir:

- Coleta e análise de dados históricos de tráfego comercial circulante na rodovia para definição do tráfego de referência com definição do volume diário médio comercial VDMc (praça de pedágio km 77 PS);
- Acompanhamento e análise do quantitativo de veículos monitorados mensalmente no posto de pesagem PPVM e definição dos excessos de cargas (km 65 PS);
- Coleta de dados de tráfego através do sistema de pesagem em movimento de alta velocidade HS-WIM para análise das cargas circulantes na rodovia (km 72 PS);

A fase inicial de coleta de dados históricos da variação de tráfego comercial na praça de pedágio do km 77 serviu de referência para conferência e validação do volume de dados obtidos através do sistema WIM.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente item serão apresentados os resultados obtidos através da contabilização do volume de tráfego e análise das cargas aferidas pelo posto de pesagem (PPVM) e o sistema de pesagem em movimento WIM instalado em uma seção teste na Rodovia BR-290/RS.

4.1. Volume de tráfego contabilizado pelo sistema HS-WIM (BR-290/RS km 72 PS)

Através da coleta de dados do sistema de pesagem em movimento instalado desde o ano de 2012 na rodovia (em fase de testes, ajustes e calibrações), foi possível formar posteriormente um completo banco de dados com os quantitativos de veículos rodantes e cargas transportadas na Pista Sul da rodovia BR-290-Freeway na seção de análise (BR-290/RS km 72 PS).

Os dados apresentados e analisados no presente artigo são referentes ao monitoramento realizado ao longo do ano de 2014. A Figura 3 apresenta o volume total de veículos e o volume de veículos comerciais de carga monitorados pelo sistema WIM ao longo dos 12 meses na seção teste.

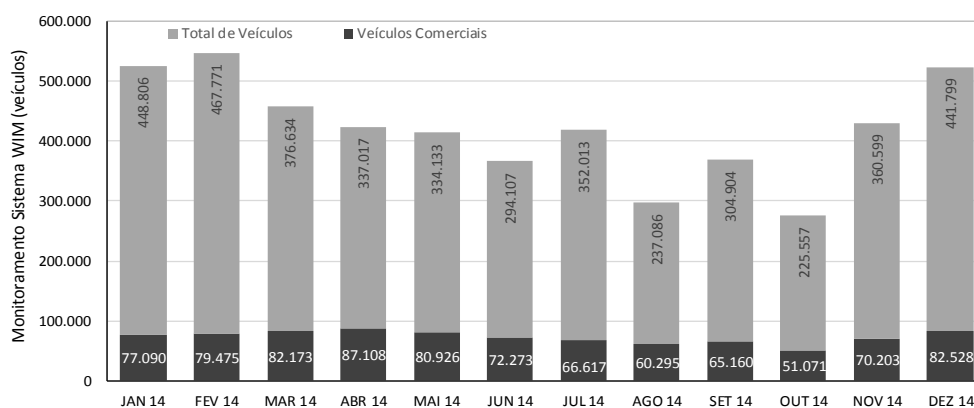


Figura 3: Volume total de veículos e volume de veículos comerciais monitorados mensalmente no decorrer do ano de 2014 através do Sistema WIM

Através dos monitoramentos mensais de tráfego comercial foi possível definir o Volume Diário Médio Comercial (VDMc) e a sua variação ao longo do ano de 2014. Na Figura 4 apresenta-se o total de veículos comerciais monitorados de janeiro a dezembro e os valores de VDMc que atingiram um pico de 2904 veículos (valor máximo ABR-14).

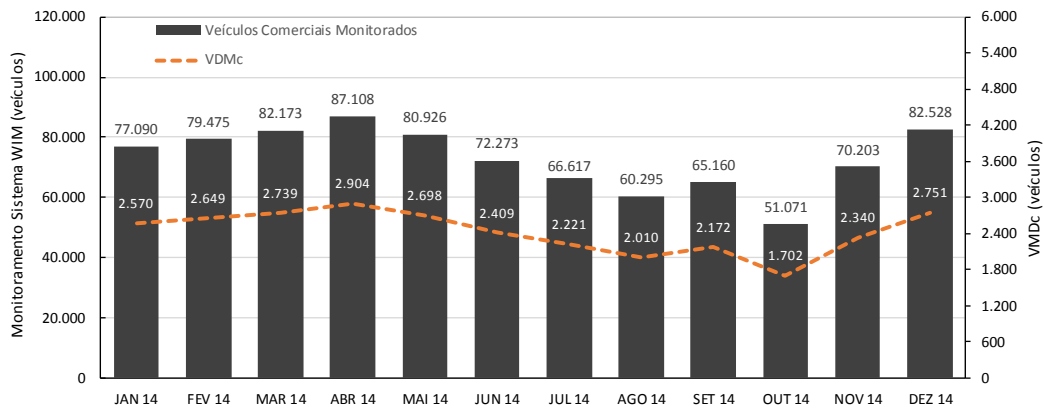


Figura 4: Volume de veículos comerciais monitorados mensalmente no decorrer do ano de 2014 através do Sistema WIM e Volume médio diário comercial resultante (VDMc)

Para verificar a confiabilidade do volume de dados obtidos na seção teste, foram realizadas análise de conferência do volume de dados obtidos pelo sistema WIM instalado na rodovia no km 72 com os dados de contabilização de tráfego na praça de pedágio localizada no km 77. Estes dados são apresentados na sequência.

4.2. Comparativo de volume de dados: Sistema WIM e Praça de Pedágio (km 77 PS)

As análises comparativas dos dados da praça de pedágio serviram como uma forma de conferência e validação dos dados obtidos através do sistema WIM. Sabe-se que a instalação do sistema, realizada em apenas duas das três faixas de tráfego, pode levar a uma leve divergência dos dados, porém este fato torna-se de baixa significância, visto que o tráfego comercial, objeto do presente estudo, raras vezes utilizará a faixa rápida, restringindo-se às faixas da direita.

A variação histórica do VDMc dos anos de 2013 a 2016 são apresentados na Figura 5, na qual observa-se uma leve variação ao longo do ano, ficando entre 2500 e 3100 veículos.

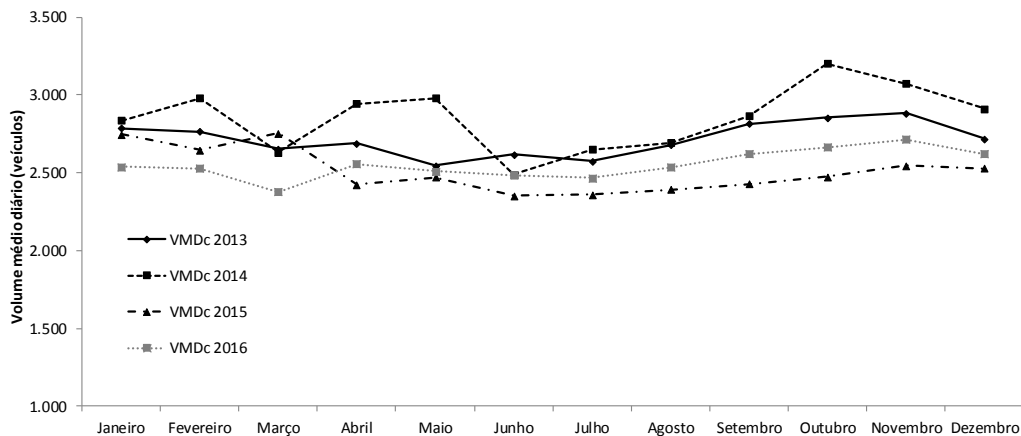


Figura 5: Volume Médio Diário de Veículos Comerciais na Pista Sul (km77 PS) nos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016 segundo dados da Concessionária

Para as análises do estudo em questão, foram confrontados os dados do ano de 2014. Observa-se no gráfico da Figura 6 o VDMc definido através dos dados da praça de pedágio, o VDMc obtido através do sistema WIM e o percentual de tráfego monitorado, tomando como base os valores obtidos na praça de pedágio, sendo este considerado como valor de referência.

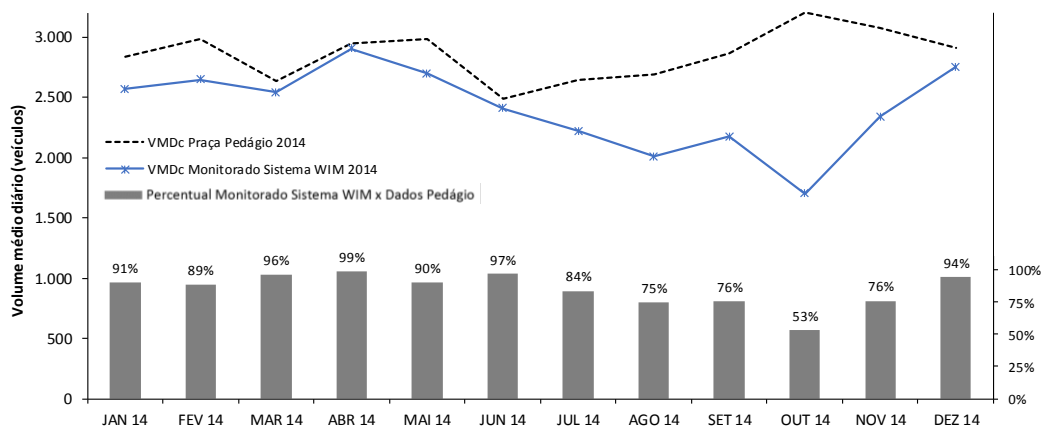


Figura 6: Dados comparativos e percentuais de VDMc obtido através do monitoramento pelo Sistema WIM instalado na rodovia e valores obtidos da praça de pedágio (P1)

Os valores de VDMc obtidos através do monitoramento WIM encontram-se próximos, na grande maioria dos casos, dos dados gerados a partir da praça de pedágio. Estes valores representam o quão próximo do total de veículos que trafegam naquele trecho da rodovia passaram pelo sistema WIM e foram contabilizados como dados válidos lidos pelo sistema.

No primeiro semestre do ano, o monitoramento de veículos comerciais atingiu em média mais de 94% dos veículos que trafegaram na pista sul da rodovia, cerca de 2.660 veíc/dia. Já no segundo semestre, algumas divergências podem ser observadas entre os totais de veículos contabilizados pela praça de pedágio e pelo sistema WIM, onde o percentual médio de monitoramento chegou a 76%, em torno de 2.200 veic/dia. A queda no percentual de veículos monitorados esteve relacionada a problemas técnicos enfrentados na transmissão dos dados e na invalidação de algum dos parâmetros coletados, fato que prejudicou a aquisição dos dados em sua totalidade, principalmente no mês de outubro.

Por se tratar de uma tecnologia relativamente nova, ou seja, um sistema de pesagem em movimento sobre o qual inicialmente não se tinha conhecimentos detalhados de restrições de funcionamento e principalmente de armazenamento, comunicação e transmissão de dados, enfrentaram-se algumas dificuldades quanto à aquisição contínua de um grande volume de dados. As dificuldades e imprevistos encontrados foram progressivamente contornados com auxílio da equipe de TI da Concepa, o que possibilitou a coleta de um significativo volume de informações para compilação de um representativo banco de dados do tráfego, com praticamente 875mil veículos comerciais classificados e pesados no ano de 2014.

Como observado nos dados apresentados, a implantação de um sistema de monitoramento de tráfego e de cargas por meio da pesagem em movimento (*WIM*) traz uma maior agilidade e segurança no monitoramento de cargas rodoviárias se comparado com os sistemas convencionais de pesagem, que trazem inúmeras dificuldades operacionais conforme apresentado na sequência.

4.3. Monitoramento de cargas: Posto de pesagem (PPVM) x Sistema WIM

É indiscutível a importância do monitoramento das cargas de tráfego para uma correta definição das solicitações que sofrerá o pavimento durante a sua operação. Um monitoramento acurado das reais cargas transportadas em nossas rodovias vem a proporcionar uma grande evolução na forma como as análises de desempenho são realizadas.

Sabe-se das inúmeras dificuldades que são encontradas através dos sistemas convencionais de fiscalização de cargas nas rodovias brasileiras, tais como a insuficiência de postos de fiscalização, operação apenas em horários comerciais ou em horários reduzidos, rotas de fuga dos veículos, deficiência de infraestrutura, entre outras.

Com o objetivo de comparar a operação de um posto de pesagem com utilização de sistema convencional de pesagem de veículos e o monitoramento contínuo de alta velocidade realizou-se o seguinte comparativo: o monitoramento de cargas transportadas através da fiscalização do Posto de Pesagem Móvel (PPVM) localizado no km65 PS da BR-290/RS e através de um Sistema de Pesagem em Movimento-WIM implantado no km72 PS.

Realizou-se durante o período de vigência da pesquisa o monitoramento da operação do PPVM localizado na rodovia, o número de pesagens realizadas mensalmente no ano de 2014 está expresso na Figura 7, a seguir. Observa-se que no primeiro trimestre houve um funcionamento mais ativo do posto, porém o volume de veículos fiscalizados (de 6 a 9 mil) é extremamente baixo quando comparados com o VDMc da rodovia (cerca de 3.000 veíc/dia). Nos meses subsequentes (abril a agosto) houve um funcionamento muito reduzido do PPVM e nos demais meses do ano não houve fiscalização das cargas transportadas pela rodovia.

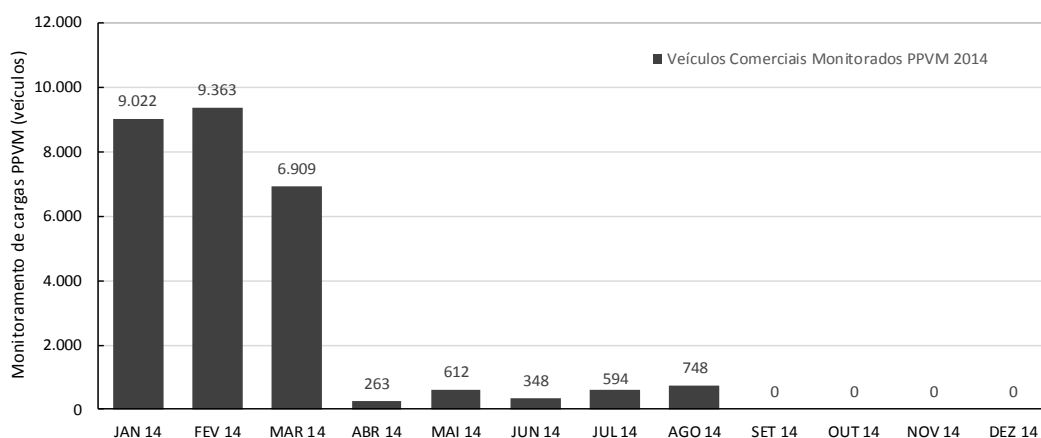


Figura 7: Números de pesagens realizadas pelo PPVM km 65 PS da BR 290/RS – Freeway

Para a análise comparativa dos dois sistemas (PPVM e WIM), foi definido um período de 6 dias consecutivos de operação, no qual os dados coletados foram comparados de forma direta. Inicialmente previa-se trabalhar com dados obtidos durante uma semana, mas em função da operação do PPVM raramente ocorrer aos domingos, reduziu-se o período para seis dias.

A partir dos dados coletados realizou-se uma análise da frota monitorada. Na primeira fase realizou-se uma contabilização de veículos monitorados por cada sistema de pesagem. Posteriormente na segunda fase foram analisados os excessos de cargas contabilizados, tanto no PBT quanto nos diferentes grupos de eixos.

Primeiramente, para o mesmo período de seis dias de controle observou-se uma grande diferença entre o número de veículos pesados, enquanto no PPVM, com horários reduzidos de operação do posto de pesagem (apenas 4 horas diárias), foram monitorados 1.506 veículos (6.202 eixos), no sistema WIM foram monitorados 23.071 veículos (86.550 eixos) no mesmo período, porém com monitoramento de 24 horas por dia.

Para a amostra de veículos comerciais de cada cenário, realizou-se uma análise dos veículos em conformidade com os limites legais de carga e contabilizados os percentuais de excesso de cargas nos grupos de eixos e no PBT de cada composição. Estes dados estão apresentados na Tabela 1 e Tabela 2. Em função da considerável diferença entre o volume de veículos contabilizados em cada sistema de monitoramento (PPVM x WIM), os excessos de cargas foram distintos, com valores significativamente maiores para o sistema WIM, no qual tem-se um volume de amostras mais próximo da realidade da rodovia.

Na Tabela 1 observam-se os percentuais de excesso de carga no PBT e nos grupos de eixos juntamente com as cargas máximas observadas na amostra analisada. Dos 1.506 veículos pesados, 2,4% apresentaram excesso de carga no PBT e 10,5% apresentaram excesso de cargas em algum eixo, sendo o de maior representatividade o ETD com 9,3% dos eixos com excesso de cargas.

Tabela 1: Síntese do registro de excesso de cargas PPVM km65 PS – BR-290/RS Freeway

PPVM km 65 PS:		1.506 veículos comerciais: 6.202 eixos (6 dias consecutivos)			
% de veículos com excesso no PBT	2,4%	Carga máxima / Carga permitida (tf)			
% de veículos c/ excesso em algum eixo	10,5%	ESRS	ESRD	ETD	ETT
% ESRS c/ Excesso	5,4%	8,50 (6,00)	15,62 (10,00)	22,20 (17,00)	37,10 (25,50)
% ESRD c/ Excesso	4,6%				
% ETD c/ Excesso	9,3%				
% ETT c/ Excesso	1,4%				

Em comparativo aos dados do PPVM apresentados, realizou a mesma análise com os dados coletados pelo WIM. Os valores de sobrecarga observados foram consideravelmente superiores, com 6,7% de veículos com excesso no PBT e 24,4% de veículos com excesso em algum eixo, sendo ESRS e ETD aqueles com percentuais mais representativos, com 13,4% e 18,0%, respectivamente.

Tabela 2: Síntese do registro de excesso de cargas WIM km72 PS – BR-290/RS Freeway

Sistema WIM km72 PS:		23.071 veículos comerciais: 86.550 eixos (6 dias consecutivos)			
% de veículos com excesso no PBT	6,7%	Carga máxima / Carga permitida (tf)			
% de veículos c/ excesso em algum eixo	24,4%	ESRS	ESRD	ETD	ETT
% ESRS c/ Excesso	13,4%	14,50 (6,00)	20,10 (10,00)	29,90 (17,00)	54,90 (25,50)
% ESRD c/ Excesso	8,3%				
% ETD c/ Excesso	18,0%				
% ETT c/ Excesso	1,2%				

Vale ressaltar que, dentre os eixos com sobrecarga, os valores de excesso foram significativamente elevados, sendo apresentados na tabela os valores máximos observados em relação aos limites legais. Os valores de sobrecarga encontrados a partir do WIM são muito semelhantes àqueles observados em pesquisa realizada por Núñez (2009) na mesma rodovia.

As principais diferenças observadas nos dois sistemas de pesagem acompanhados dizem respeito principalmente ao período de operação diferenciado entre o PPVM e o Sistema WIM. Pode-se observar o reduzido tempo de operação do PPVM nas datas analisadas, limitando-se principalmente ao turno da tarde, fato que difere radicalmente do regime de operação do sistema WIM, através do qual se pode realizar um monitoramento contínuo do tráfego, o que proporciona um banco de dados bem mais consistente e sólido, com o qual é possível definir com maior grau de acurácia o real tráfego que circula na rodovia.

Levando em consideração o reduzido período de operação da balança do PPVM e sua possível influência na consistência do banco de dados, foram realizadas análises das características da frota de veículos comerciais em dias aleatórios nos quais o tempo de operação da balança foi maior (24h), tendo-se dessa forma uma gama maior de resultados e consequentemente uma maior confiabilidade e representatividade dos resultados obtidos.

Os dados obtidos são apresentados na Tabela 3, onde observa-se uma convergência dos percentuais de excesso monitorados pelo sistema WIM e àqueles observados por Núñez (2009), fato que demonstra a necessidade de um banco de dados representativo para caracterização das características da frota circulante na rodovia.

Tabela 3: Síntese do registro de excesso de cargas PPVM km65 PS – BR-290/RS
Freeway com monitoramento contínuo de 24 horas

PPVM km 65 PS: 6.974 veículos comerciais: 28.720 eixos (6 dias – pesagem de 24h)					
% de veículos com excesso no PBT	5,3%	Carga máxima / Carga permitida (tf)			
% de veículos c/ excesso em algum eixo	17,1%	ESRS	ESRD	ETD	ETT
% ESRS c/ Excesso	10,8%	12,50 (6,00)	22,62 (10,00)	25,20 (17,00)	52,10 (25,50)
% ESRD c/ Excesso	7,8%				
% ETD c/ Excesso	15,3%				
% ETT c/ Excesso	2,2%				

Diante do volume de veículos de cargas que trafega diariamente na rodovia, conforme demonstrado nos dados da praça de pedágio (VDMc próximo a 3.000), o quantitativo de pesagens realizadas pelo PPVM nos dias com operação de 24h é extremamente baixo, com a contabilização de menos de 7 mil pesagens durante seis dias (aleatórios). Formação de grandes filas, deficiências na infraestrutura de apoio e utilização de rotas de fuga enquanto a balança do PPVM está em operação são alguns dos fatores que justificam o baixo índice de pesagens da frota.

5. CONCLUSÕES

A implantação de novas tecnologias de fiscalização e controle de cargas nas rodovias surge como o caminho mais adequado para a solução de uma série de demandas relacionados à atual situação da fiscalização de cargas no país. Sistemas como o HS-WIM podem trazer diversos benefícios para a melhoria do cenário nacional onde agravantes como postos de pesagem inoperantes, operação de balanças restrita ao horário comercial ou em períodos reduzidos, problemas de infraestrutura e rotas de fuga são alguns dos problemas atualmente enfrentados na fiscalização das cargas transportadas nas rodovias.

De forma comparativa com os dados históricos analisados da praça de pedágio, o sistema WIM possibilitou o monitoramento e a pesagem de mais de 90% da frota circulante nos primeiros 6 meses do ano, demonstrando a grande potencialidade de um sistema que atua 24h por dia, não interfere na mobilidade do tráfego e mantém-se “invisível” ao transportador, eliminando rotas de fugas e permitindo a formação de um banco de dados mais consistente das cargas transportadas na rodovia.

Estes percentuais de monitoramento de cargas no tráfego total da via são bastante elevados ao serem comparados ao sistema de fiscalização “convencional” (PPVM) que apresentou valores muito reduzidos de monitoramento mensal, chegando no máximo a 10% da frota no primeiro trimestre, valores muito reduzidos nos cinco meses subsequentes (abril-agosto) e uma paralisação completa no restante do ano sem nenhum monitoramento de cargas na rodovia.

Além dos quantitativos de veículos monitorados ao longo do ano de 2014 e apresentados de forma simplificada neste trabalho, a etapa de análise comparativa entre os dois sistemas de fiscalização de cargas ao longo de 6 dias consecutivos, objeto de estudo do presente artigo, demonstra diferenças significativas em relação à consistência do banco de dados, onde através do PPVM foram verificados 1.506 veículos contra 23.071 veículos verificados pelo WIM.

Percentuais de sobrecarga de 2,4% observados no PBT através do PPVM passaram para 6,7% (WIM), e o percentual de veículos com algum eixo sobrecarregado passou de 10,5% (PPVM) para 24,4% (WIM). Da mesma forma, na variação dos percentuais de excesso por grupo de eixo, valores mais expressivos foram obtidos com o banco de dados mais representativo.

Apesar das diversas vantagens apresentadas pelos sistemas WIM, existem ainda inúmeros desafios a serem enfrentados com a instalação e operacionalização destes sistemas como sua correta instalação garantindo a coleta e transmissão de elevados volumes de dados, sem perdas. A garantia quanto à calibração do sistema também é um aspecto de extrema importância para garantir a integridade e a representatividade dos dados coletados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM – American Society for Testing and Materials. Standard specification for highway Weigh-in-motion (WIM) systems with user requirements and test methods - E1318-09. American Society for Testing Materials, West Conshohocken, PA, USA, 2009.
- BRITO, L.A.T., BOCK, A. (2013) Relatório Final de Pesquisa – Estudo do Espectro de Cargas dos Veículos Comerciais rodantes na BR-290/RS, Freeway, através do uso da técnica do Weigh-in-Motion (WIM). Porto Alegre/RS. Abril de 2013. 147p
- CHOU, C. J. Effect of overloaded heavy vehicles on pavement and bridge design. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. Washington, D. C., n. 1539, p. 58-65. 1996.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE – DNIT; UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA; LABORATÓRIO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA – LATRANS; NÚCLEO DE ESTUDOS DE PESAGEM – NEP. Identificação de Sistemas de Pesagem em Movimento: Fase 1 – Avaliação das Metodologias de Pesagem em Movimento Existentes. Convênio 102/2007. Novembro de 2007. Disponível em <<https://gestao.dnit.gov.br>>. Acesso em: Outubro/2013.
- FONTENELE, H. B. Representação do tráfego de veículos rodoviários de carga através de espectros de carga por eixo e seu efeito no desempenho de pavimentos. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.
- MEDINA, J.; MOTTA, L. M. G. Mecânica dos pavimentos. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2015.
- NÚÑEZ, W. P. Relatório Final de Pesquisa – Análise dos efeitos de excessos de cargas e de alterações na composição de misturas asfálticas no desempenho de pavimentos flexíveis típicos da região sul do país. Porto Alegre/RS. Abril de 2010. 143p
- VIANNA, G. A. B. O Mito do Rodoviarismo Brasileiro. 02ª Ed. São Paulo: NTC & Logística, 2007.