

OPERAÇÃO DE SISTEMA HS-WIM PARA CONTROLE DO EXCESSO DE PESO DE VEÍCULOS EM CONDIÇÕES BRASILEIRAS

Leonardo Guerson

Valter Zanela Tani

Amir Mattar Valente

Universidade Federal de Santa Catarina

Laboratório de Transportes e Logística

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo central explorar o potencial da operação de sistemas de pesagem em movimento em alta velocidade, do inglês *High-Speed Weigh-in-Motion* (HS-WIM), para fins de aprimoramento do controle da prática do excesso de peso em veículos rodoviários. Para isso, realizou-se processamento de doze meses de coleta de dados ininterrupta de um sistema HS-WIM, instalado no Km 416 da rodovia BR-101 Sul, próximo ao município de Araranguá/SC. No local onde foi realizada a coleta de dados utilizada no estudo, foram registrados 814.448 veículos pesados, dos quais 131.299 (16,12%) apresentaram excesso de peso acima das tolerâncias admissíveis. Para processamento dos dados coletados, desenvolveu-se um método para extração de conhecimentos de bases de dados HS-WIM, que visa caracterizar a prática do excesso de peso de forma visual e intuitiva. Como conclusão, o trabalho demonstra que a operação de sistemas HS-WIM é capaz de produzir informações de grande relevância para o aprimoramento das soluções atualmente existentes para controle do excesso de peso de veículos.

ABSTRACT

The main objective of this work is to explore the potential of High-Speed Weigh-in-Motion (HS-WIM) for improving the control of overloading vehicles. For this purpose, twelve months of uninterrupted data collection was processed from an HS-WIM system, installed at Km 416 of the BR-101 highway, near the city of Araranguá/SC. At the place where the study was carried out, 814,448 heavy vehicles were registered, of which 131,299 (16.12%) were overloaded above the allowable tolerances. In order to process the collected data, a method for knowledge extraction from HS-WIM databases was developed, which aims to characterize the practice of overloading in a visual and intuitive way. In conclusion, the work demonstrates that the operation of HS-WIM systems is capable of producing information of great relevance for the improvement of currently existing solutions for vehicle overload control.

1. INTRODUÇÃO

A prática de sobrepeso em veículos rodoviários é um problema comum a diversos países e tende a comprometer as boas condições de trafegabilidade, a segurança dos usuários e a concorrência leal de transportadores e de embarcadores (DE CEUSTER et al., 2008; JACOB; COTTINEAU, 2016; JACOB; FEYPELL-DE LA BEAUMELLE, 2010; TURNER; NICHOLSON, 2009). Essa situação desafia as organizações responsáveis pela gestão de rodovias e intensifica a necessidade de se desenvolver métodos mais efetivos para controle da prática do sobrepeso em veículos. Nesse contexto, o presente trabalho busca trazer respostas sobre como utilizar dados de pesagem em movimento em alta velocidade, *High-Speed Weigh-in-Motion* (HS-WIM), para aprimorar a aplicação de recursos voltados ao controle do excesso de peso de veículos.

A pesagem em movimento pode ser definida como um processo de medição das cargas dinâmicas exercidas pelos eixos de veículos em movimento, estimando, assim, o peso estático de cada eixo/grupo de eixos e o Peso Bruto Total (PBT) do veículo (ASTM, 2002). Já a pesagem por sistemas HS-WIM é realizada na pista de rolamento e na velocidade diretriz das rodovias (VAN LOO; ŽNIDARIČ, 2019). Dessa forma, a operação de um sistema HS-WIM não exige que sejam feitas intervenções sobre o tráfego passante, podendo ser realizada sem a desaceleração dos veículos.

Na Figura 1 é apresentada uma adaptação dos trabalhos de Van Loo e Žnidarič (2019) e Burnos et al. (2018), em que é demonstrada de forma ilustrativa o processo de medição das cargas dinâmicas para estimativa dos pesos estáticos por meio de um sistema HS-WIM.

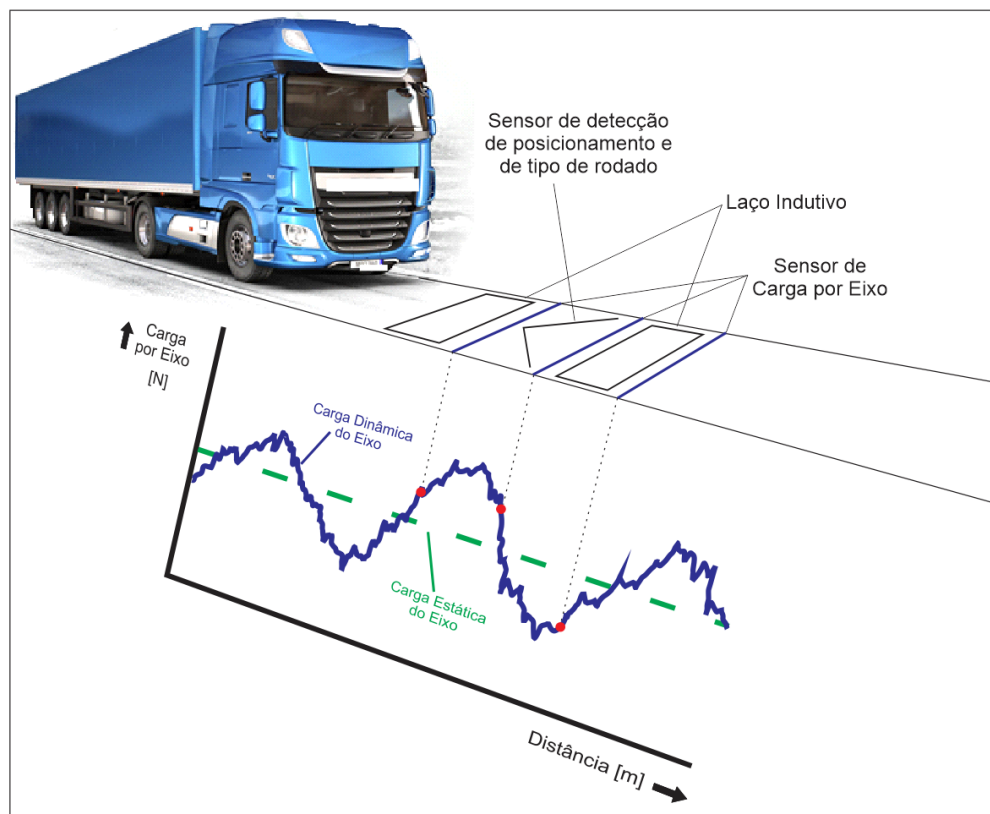


Figura 1: Representação da medição das cargas dinâmicas por um sistema HS-WIM.

Conforme demonstrado na Figura 1, as cargas dinâmicas medidas por um sistema HS-WIM variam ao longo do movimento do veículo. Além do movimento próprio de cada eixo e roda individual, as cargas dinâmicas exercidas pelas rodas e eixos de um veículo sobre o sensor de pesagem variam no tempo devido à dinâmica do próprio veículo em movimento. Esta dinâmica é resultante da interação do veículo com a superfície do pavimento e também de fatores externos como frenagem, aceleração, direção e vento (VAN LOO e ŽNIDARIČ, 2019).

Na Figura 2 é demonstrado um exemplo de interface de operação remota de tecnologias HS-WIM, através da qual são extraídos os dados gerados pelo sistema, que opera continuamente sobre todas as passagens de veículos na rodovia onde é instalado. A imagem é extraída do trabalho de Silva et al. (2019).

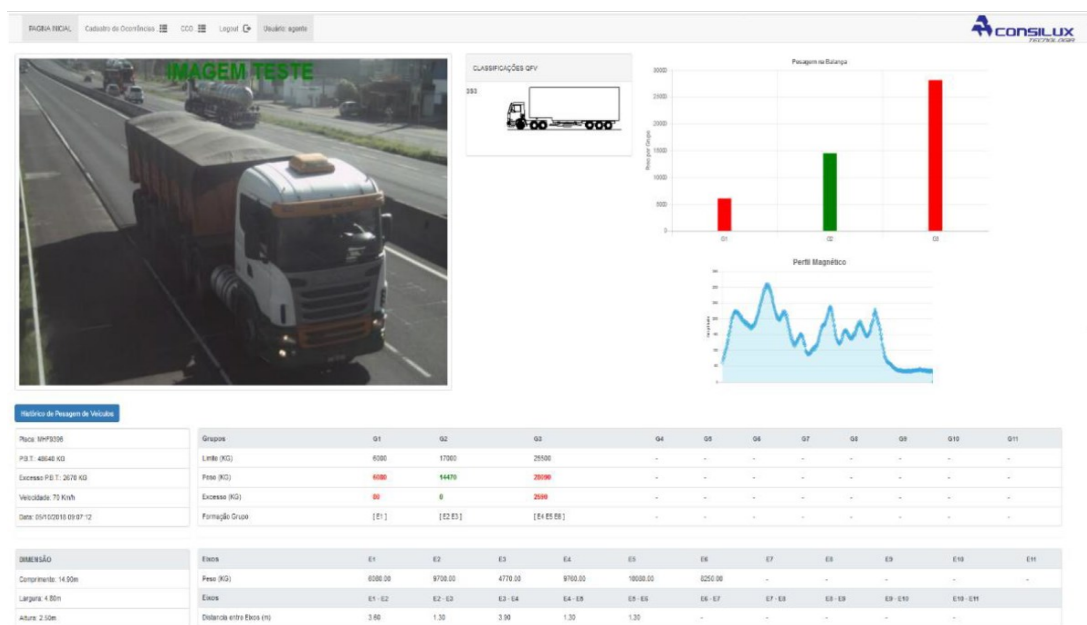


Figura 2: Interface de operação remota HS-WIM.

Os registros de passadas de veículos por sistemas HS-WIM são resultantes de uma associação de informações referentes ao veículo que passa sobre o sistema, com a localização onde a passada ocorre. Além das informações de peso por eixo/grupo de eixos e PBT, é comum que os sistemas WIM, por si só, permitam a coleta de outros dados relativos à passagem de veículos sob o ponto monitorado na rodovia, tais como: número de eixos, distâncias entre eixos, velocidade da passagem e data e hora da passagem.

Entre outras aplicações, a pesagem em movimento em alta velocidade pode ser amplamente utilizada em atividades de controle do excesso de peso. As atividades mais difundidas apoiadas por sistemas HS-WIM neste contexto incluem: planejamento de fiscalização móvel, triagem de veículos para fiscalização em postos de pesagem e fiscalização direta.

2. PROJETO DO SISTEMA HS-WIM

Para execução do trabalho, foi utilizado um sistema HS-WIM, instalado no Km 416 da rodovia BR-101 Sul, no município de Araranguá/SC. Esse sistema é composto por dois tipos de sensores de carga, laços indutivos câmeras LAP e uma câmera panorâmica. O leiaute do sistema pode ser melhor visualizado na Figura 3.

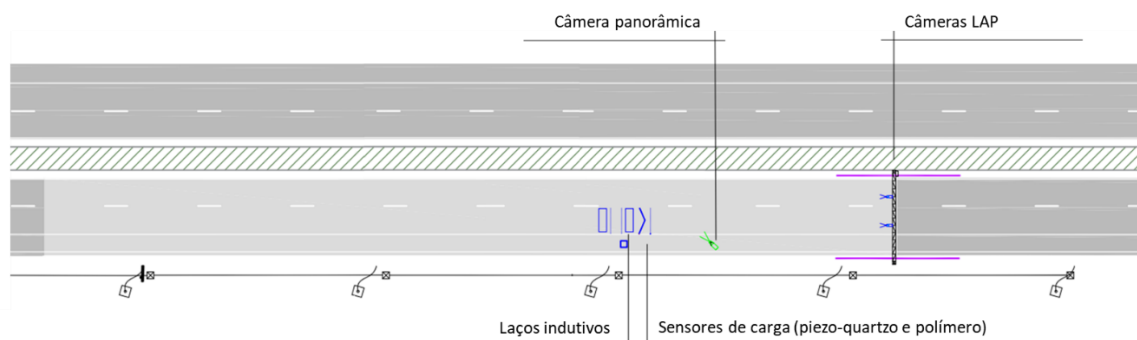


Figura 3: Leiaute do sistema HS-WIM.

Os sensores de carga atuam na pesagem e na classificação veicular, a partir do contato com os eixos dos veículos. Os sensores diagonais, especificamente, permitem a detecção da posição lateral do veículo do momento da pesagem e a detecção de eixos com rodado duplo. Por sua vez, os laços indutivos atuam na ativação das soluções e na medição do comprimento veicular. Por fim, os dispositivos de câmeras atuam na identificação veicular, através da Leitura Automática de Placas (LAP) e registro de imagens panorâmicas que permitem a visualização da configuração de eixos de cada veículo que passa sobre o sistema.

Na Figura 4 é mostrada uma imagem dos sensores que compõem o referido sistema HS-WIM, após a sua implantação na rodovia.



Figura 4: Sensores do sistema HS-WIM implantado na rodovia BR-101.

A identificação do projeto de instalação e das tecnologias de pesagem, de classificação veicular, de identificação automática de veículos (IAV), possibilitam a prospecção das funcionalidades e do nível de desempenho esperado para os sistemas. No mesmo sentido, as informações a respeito da implementação e da calibração dos equipamentos são relevantes uma vez que os sistemas HS-WIM necessitam manutenção periódica e tendem a perder desempenho ao longo do tempo.

No caso do presente estudo, o sistema foi calibrado uma única vez e testado mensalmente, a partir de comparações das medições realizadas em alta velocidade com os registros de um sistema homologado para fiscalização em baixa velocidade, localizado a 2 km de distância, na mesma rodovia. Assim, após a sua calibração, ao longo de 12 meses de coleta de dados, o sistema se manteve operacional, com erro máximo $\pm 10\%$ para medições de Peso Bruto Total (PBT) e $\pm 15\%$ para medições de peso por eixo/grupo de eixos, considerando-se um nível de confiança de 95%.

3. INVESTIGAÇÃO DO EXCESSO DE PESO DE VEÍCULOS

O processamento de dados HS-WIM coletados resultou em 131.299 registros de veículos pesados com excesso de peso. Assim, dentre todos os registros válidos, coletados ininterruptamente na rodovia ao longo de 12 meses, 16,12% apresentarem algum tipo de excesso de peso veicular acima das tolerâncias vigentes. Os tipos de excesso de peso podem ser associados a três enquadramentos distintos, conforme prevê a Portaria nº 03 do DENATRAN, de 06 de janeiro de 2016. Esses três enquadramentos são:

- Transitar com excesso no PBT, exclusivamente (código 683-1/1).
- Transitar com excesso de peso por eixo, exclusivamente (código 683-1/2).
- Transitar com excesso no PBT e nos eixos, simultaneamente (código 683-1/3).

Os referidos enquadramentos refletem as diferentes formas de se praticar e de se registrar uma infração de sobrepeso veicular do Brasil. Nessa conjuntura, o Quadro 1 apresenta um resumo do resultado do processamento de dados HS-WIM, com os totais dos registros de excesso de peso detectados no sistema HS-WIM de Araranguá, divididos entre os três possíveis enquadramentos descritos.

Tabela 1: Distribuição dos registros de sobrepeso por tipo de enquadramento

Tipo de excesso (enquadramento)	Registros de sobrepeso válidos	Percentual
PBT exclusivamente	30.549	23,27%
Eixos exclusivamente	54.361	41,40%
PBT e Eixos simultaneamente	46.389	35,33%
Total	131.299	100,00%

Neste estudo, considera-se um “registro de sobrepeso”, ou um “registro de excesso de peso”, cada passagem de veículo com excesso de peso sobre o sistema HS-WIM, independentemente da natureza desse sobrepeso. Assim, conforme demonstrado no Quadro 1, dentre os três enquadramentos existentes, foi predominante a ocorrência de infrações por excesso de peso nos eixos, exclusivamente. Em termos de frequência do excesso de peso, esse tipo de infração representa 41,40% dos registros de excesso de peso coletados. Esse tipo de excesso está, frequentemente, associado a uma arrumação inadequada dos carregamentos, podendo ser solucionada através do remanejamento da carga ao longo do veículo.

3.1. Classificação dos registros de excesso de peso

O método utilizado para classificação dos registros de sobrepeso veicular foi inspirado no trabalho de Bosso et al. (2019), que utilizou árvores de regressão como meio de caracterizar o excesso de peso de veículos a partir de dados históricos de pesagem em movimento. Nesse sentido, a utilização de árvores de classificação para processamento de dados HS-WIM culminou em uma forma resumida, visual e intuitiva de compreender grandes quantidades de dados de pesagem de veículos, em função de múltiplos atributos. Verifica-se que, uma única árvore de classificação pode efetivamente sintetizar e caracterizar os resultados de meses de coleta de dados HS-WIM. Sua estrutura gráfica hierárquica facilita a interpretação dos dados

e permite uma imediata associação das informações extraídas com o conhecimento prévio do usuário.

No presente método, cada registro de veículo com excesso de peso é classificado de acordo com seguintes critérios:

- **Sobrepeso severo:** Registro de veículo com pelo menos 1 excesso de peso por eixo acima de 12,5% do limite legal, incluindo a tolerância (passível de remanejamento ou transbordo da carga, conforme legislação vigente).
- **Sobrepeso não severo:** Registro de veículo cujo(s) excesso(s) de peso por eixo não excede(m) 12,5% do limite legal (passível de autuação e liberação).
- **Final e início de semana:** sexta, sábado, domingo e segunda (até 12:00).
- **Meio de semana:** segunda (após 12:00), terça, quarta e quinta.
- **Dia:** 6:00h – 17:59h
- **Noite/madrugada:** 18:00h – 5:59h
- **Veículos de pequeno e médio porte:** até 5 eixos (2, 3, 4 e 5 eixos).
- **Veículos de grande porte:** 6 ou mais eixos (6, 7, 8 e 9 eixos).

Para promover a simplicidade da representação gráfica dessas árvores e facilitar a sua interpretação, optou-se por uma classificação binária para os atributos, em que cada nó se desdobra entre outros dois nós.

Após a classificação dos registros de sobrepeso em função dos cinco tipos de atributos descritos, os resultados das análises são estruturados em três árvores de classificação, que se dividem em função do tipo de enquadramento dos registros de sobrepeso. Nesse contexto, a Figura 5 ilustra a estrutura e a lógica estabelecida para montagem dessas árvores de classificação.

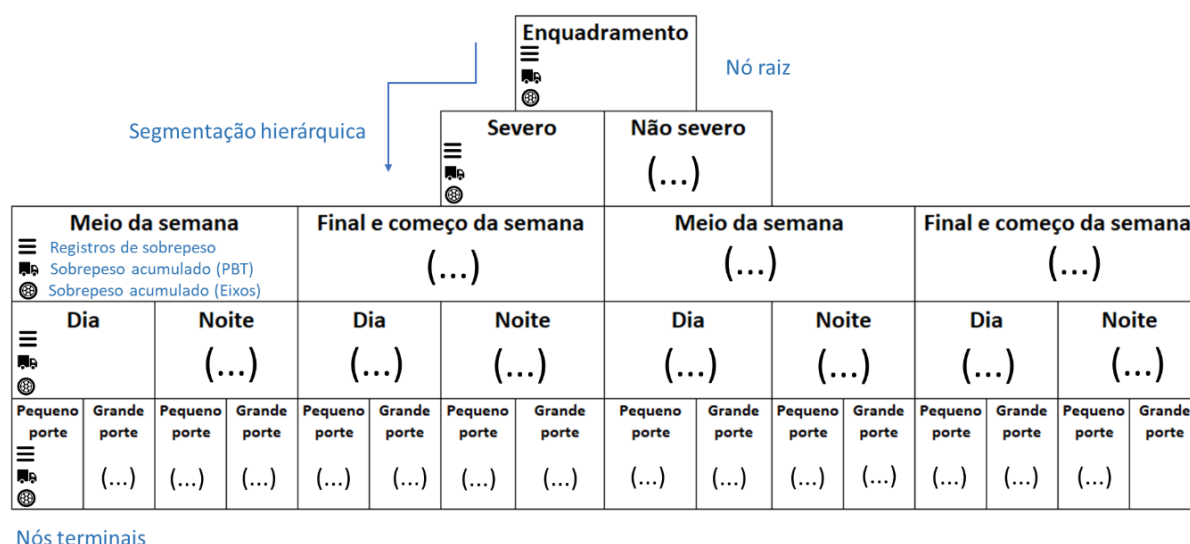


Figura 5: Árvore de classificação de registros de excesso de peso.

Conforme demonstra a Figura 5, os registros de excesso de peso são estruturados de forma hierárquica e subdivididos em função de suas classificações binárias. O nó raiz se refere ao tipo de enquadramento (ou tipo de excesso de peso), e os nós terminais se referem à uma

combinação de atributos, que representa uma parcela desse nó raiz. Entre o nó raiz e os nós terminais, cada registro de excesso de peso é classificado em relação a 5 atributos distintos.

As análises no escopo do presente método são realizadas em função de dois indicadores específicos, sendo esses:

- **Registros de sobrepeso:** quantidade de registros para determinada combinação de atributos.
- **Sobrepeso acumulado:** somatório, em toneladas, da quantidade de excesso de peso registrada, para determinada combinação de atributos.

Para cada nível de atributos na árvore de classificação, são calculados os valores absolutos referentes àquela combinação de atributos.

Considerando-se o contexto apresentado, foram desenvolvidas três árvores de classificação, em função do tipo de enquadramento dos registros de sobrepeso. Assim, na Figura 6 é apresentado o resultado da classificação dos registros de veículos com excesso de peso nos PBT, exclusivamente.

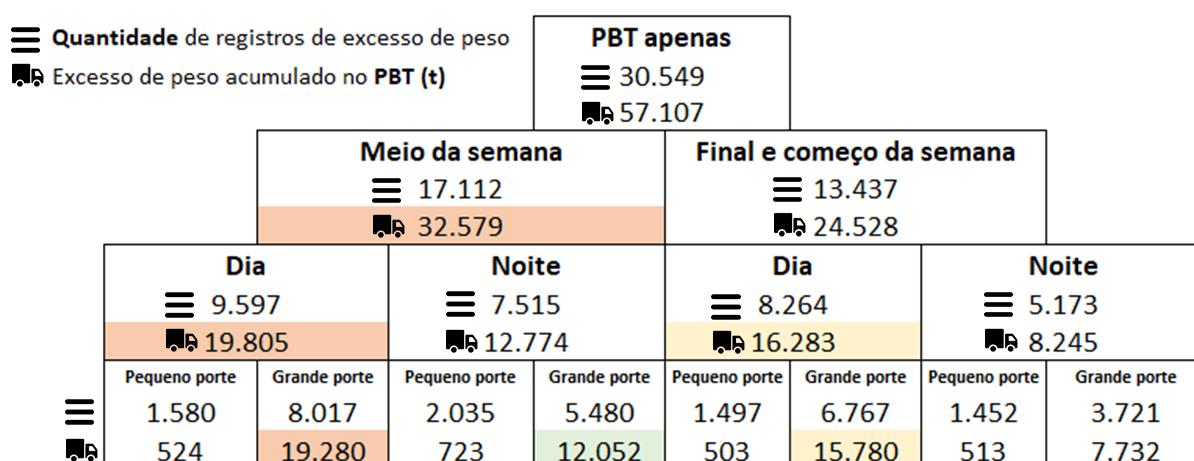


Figura 6: Classificação de registros de excesso de peso no PBT, exclusivamente.

Conforme mostrado na Figura 6, há uma concentração de excesso de peso em veículos de grande porte trafegando durante o dia, principalmente no meio da semana. Dentre os 30.549 veículos registrados nesse enquadramento de excesso de peso, 8.017 (26,24%) possuía mais que 5 eixos, trafegava entre 6:00 e 17:59 e foi registrado entre segunda (após 12:00) e quinta-feira. Quando observado o excesso de peso acumulado, em toneladas, verifica-se que 33,76% do excesso de peso praticado por veículos com excesso apenas no PBT se concentra nesses mesmos atributos.

Na mesma conjuntura, na Figura 7 é demonstrado o resultado da classificação dos registros de excesso de peso nos eixos, exclusivamente (sem excesso no PBT).

Quantidade de registros de excesso de peso Excesso de peso acumulado nos Eixos (t)															
Eixos apenas Severo Não severo															
Meio da semana Final e começo da semana Meio da semana Final e começo da semana															
Dia Noite				Dia Noite				Dia Noite				Dia Noite			
Pequeno porte Grande porte				Pequeno porte Grande porte				Pequeno porte Grande porte				Pequeno porte Grande porte			
5.786 4.400				4.924 2.359				4.656 4.040				3.919 1.842			
4.433 4.818				3.660 2.473				3.581 4.509				2.995 2.030			

Figura 7: Classificação de registros de excesso de peso nos eixos, exclusivamente.

A interpretação dos resultados demonstrados na Figura 7 permite observar que há uma distribuição relativamente equilibrada entre as quantidades de registros de excesso de peso “severo” (58,73%) e “não severo” (41,27%), nesse tipo de enquadramento. No entanto, quando observado o excesso de peso acumulado em cada um desses agrupamentos de registros de veículos, verifica-se que 89,87% do excesso de peso praticado se concentra em veículos com excesso de peso “severo”, ou seja, veículos que estariam passíveis de serem retidos para remanejamento e/ou transbordo, de acordo com a legislação atual do Brasil.

Ainda entre os registros de veículos com excesso de peso nos eixos, sem excesso no PBT, verifica-se uma concentração do excesso de peso acumulado entre veículos de grande porte, trafegando durante dia e com excesso de peso severo. Assim, 29,41% do total de excesso de peso em toneladas, registrados em veículos com excesso exclusivo nos eixos, foram detectados nessas circunstâncias, havendo uma predominância ligeiramente maior entre veículos registrados no meio da semana.

Por fim, ainda referente aos resultados obtidos na fase de processamento de dados HS-WIM, na Figura 8 é mostrada a classificação dos registros de excesso de peso por eixo e no PBT, simultaneamente, conforme o método estabelecido.

PBT e Eixos ≡ 46.389 🚛 126.072 🛞 80.457															
Severo ≡ 12.487 🚛 59.231 🛞 50.314				Não severo ≡ 33.902 🚛 66.841 🛞 30.143											
Meio da semana ≡ 6.969 🚛 33.464 🛞 28.366				Final e começo da semana ≡ 5.518 🚛 25.767 🛞 21.949				Meio da semana ≡ 18.827 🚛 37.910 🛞 16.788				Final e começo da semana ≡ 15.075 🚛 28.932 🛞 13.355			
Dia		Noite		Dia		Noite		Dia		Noite		Dia		Noite	
≡ 3.018		≡ 3.951		≡ 2.570		≡ 2.948		≡ 9.080		≡ 9.747		≡ 7.872		≡ 7.203	
🚛 14.926		🚛 18.538		🚛 12.301		🚛 13.466		🚛 19.373		🚛 18.537		🚛 15.426		🚛 13.506	
🛞 12.817		🛞 15.549		🛞 10.554		🛞 11.395		🛞 7.956		🛞 8.833		🛞 6.659		🛞 6.696	
Pequeno porte	Grande porte	Pequeno porte	Grande porte	Pequeno porte	Grande porte	Pequeno porte	Grande porte	Pequeno porte	Grande porte	Pequeno porte	Grande porte	Pequeno porte	Grande porte	Pequeno porte	Grande porte
2.409	609	3.328	623	2.128	442	2.593	355	5.228	3.852	6.663	3.084	4.638	3.234	5.189	2.014
10.210	4.716	13.892	4.646	8.938	3.363	10.852	2.613	6.890	12.483	8.777	9.760	5.999	9.427	7.265	6.242
9.130	3.687	12.286	3.262	7.883	2.670	9.440	1.956	4.935	3.021	5.975	2.858	4.067	2.592	4.703	1.993

Figura 8: Classificação de registros de excesso de peso no PBT e nos eixos, simultaneamente

Na Figura 8, verifica-se uma maior quantidade de registros de excesso de peso não severo (73,08%) em relação ao excesso de peso severo (26,91%). No entanto, quando considerado o excesso de peso acumulado em cada um desses agrupamentos de registros de veículos, observa-se que 62,54% do excesso de peso acumulado nos eixos e 46,98% do excesso de peso acumulado no PBT se concentra em veículos com excesso de peso severo. Essa situação permite inferir que, neste enquadramento, por mais que haja mais registros de veículos com excesso de peso "não severo", os excessos de peso "severos" são significativos o suficiente para quase igualarem (no caso do PBT) ou superarem (no caso dos eixos) o excesso de peso acumulado no agrupamento dos "não severos".

Ainda se tratando dos registros de veículos com excesso de peso no PBT e nos eixos, simultaneamente, verifica-se uma concentração do excesso de peso acumulado entre veículos de pequeno porte, trafegando durante a noite, com excesso de peso severo. Nessas circunstâncias, foram registrados 19,63% do excesso de peso acumulado no PBT e 27,00% do excesso de peso acumulado nos eixos, havendo uma predominância entre veículos registrados no meio da semana.

As árvores de classificação dos registros de excesso de peso, resultante do processamento dos dados HS-WIM, permitem que sejam obtidas conclusões sobre a caracterização da prática de sobrepeso no local analisado. A partir da caracterização do excesso de peso, com base nos dados HS-WIM, os responsáveis pelo controle do excesso de peso no local passam a ter embasamento técnico para a formulação do desafio referente ao controle do excesso de peso, no qual são definidos os tipos e a escala do sobrepeso que se deseja controlar.

Para execução do processamento de dados HS-WIM no escopo deste trabalho, utilizou-se o ambiente de desenvolvimento Delphi e o sistema gerenciador de banco de dados *FireBird*. Em relação à linguagem de pesquisa padrão do banco de dados, utilizou-se *Structures Query Language* (SQL). A tabulação dos dados obtidos para o período estudado e a estruturação desses dados em um banco de dados resultou na base do ambiente de análise do projeto.

4. DEMONSTRAÇÃO DA UTILIDADE DO CONHECIMENTO EXTRAÍDO DE BASES DE DADOS HS-WIM

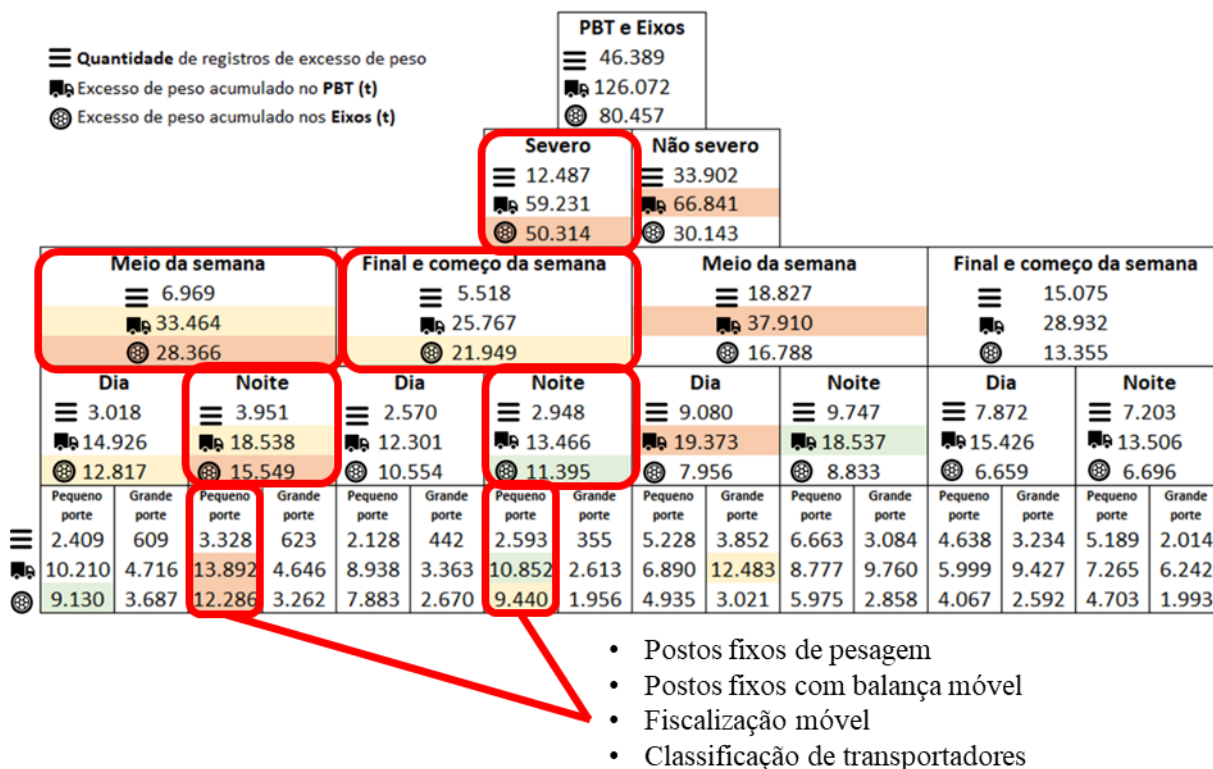
O conhecimento extraído de bases de dados HS-WIM, conforme demonstrado no presente trabalho, pode ser especialmente útil para o direcionamento das soluções existentes para o excesso de peso. Isso pode ocorrer a partir de uma definição clara sobre o desafio proposto, passando pela prospecção de todos os potenciais recursos para endereçamento desse desafio e culminando em um projeto preliminar de soluções para o excesso de peso, no qual todas as potenciais soluções são levadas em consideração.

Neste contexto, baseando-se na caracterização do excesso de peso realizada, a utilidade do conhecimento extraído de bases de dados HS-WIM é demonstrada a partir da situação hipotética descrita nos itens que seguem:

- Determinada organização responsável pelo controle do excesso de peso decide aprimorar seus meios de controle do sobrepeso, visando especificamente à coibição do excesso de peso por eixo, de forma a reduzir os índices de deterioração precoce do pavimento das vias.
- Por uma opção estratégica, a organização responsável pelo controle do excesso de peso não deseja concentrar seus esforços sobre veículos que praticam o excesso de peso de forma não severa, ou seja, veículos que seriam casos de liberação do remanejamento e/ou transbordo em uma situação de fiscalização.
- Ainda por uma opção estratégica, a organização opta por não direcionar seus recursos de controle aos veículos que trafegam com excesso de peso no eixo, mas que não excedem o limite PBT, por entender que esses transportadores não praticam o excesso de peso de forma intencional.
- Portanto, o desafio incidirá sobre o controle dos excessos de peso por eixo, que ocorrem em veículos com sobrepeso nos eixos e no PBT, simultaneamente. Os registros de sobrepeso nesse enquadramento concentram cerca de 72% do excesso de peso por eixo (em toneladas) acumulado no local.
- Considerando-se os resultados do processo de classificação dos registros de sobrepeso, os controles do excesso de peso deverão ser aplicados, prioritariamente, sobre veículos de pequeno porte, trafegando durante a noite, em qualquer período da semana.
- As ações de controle devem se concentrar em veículos da classe 3C (3 eixos) e veículos que trafegam pelo ponto monitorado no intervalo de 4:00h a 6:00h.
- Assim, no escopo do desafio proposto, cerca de 27% do excesso de peso acumulado nos eixos, nesse enquadramento específico, será endereçado.

O processamento adequado de dados HS-WIM possibilita que o controle do excesso de peso de veículos seja realizado com base em evidências e endereçado de forma a racionalizar os recursos disponíveis para essa função. No entanto, a definição dos tipos e escalas de excesso de peso que se deseja controlar ou reduzir pode ser feito com mais ou menos níveis de subjetividade, a depender das prioridades de cada organização responsável pelo controle do excesso de peso.

As árvores de classificação de registros de excesso de peso podem ser utilizadas para desenvolvimento de mapas de alocação de recursos para controle do excesso de peso. Esses mapas podem conter a representação visual da alocação dos recursos prospectados para controle do excesso de peso sobre as diferentes parcelas de sobrepeso que constituem o



Agradecimentos

Os autores agradecem ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), por ceder os dados HS-WIM utilizados nesse trabalho e por promover a modernização do controle do excesso de peso em suas rodovias

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM E 1318 (2002) *Standard Specification for Highway Weigh-In-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods*. ASTM Standard E 1318.
- Bosso, M. et al. (2019) *Use of regression trees to predict overweight trucks from historical weigh-in-motion data*. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition).
- Burnos, P.; Gajda, J.; Sroka, R. (2018) *Accuracy criteria for evaluation of weigh-in-motion systems*. *Metrology and Measurement Systems*, v. 25, n. 4, p. 743–754.
- De Ceuster, G. et al. (2008). *Effects of Adapting the Rules on Weights and Dimensions of Heavy Commercial Vehicles as Established within Directive 96/53/EC*. *Tren/G3/318/2007*, p. 1–315.
- Jacob, B.; Cottineau, L.M. (2016) *Weigh-in-motion for Direct Enforcement of Overloaded Commercial Vehicles*. Transportation Research Procedia. Anais... Varsóvia.
- Jacob, B.; Feypell-De La Beaumelle, V. (2010) *Improving truck safety: Potential of weigh-in-motion technology*. *IATSS Research*, v. 34, n. 1, p. 9–15.
- Silva, F. M. et al. (2019) *Evaluation and Calibration Methodology of HS-WIM Dynamic System in Brazil*. 8th International Conference on Weigh-in-Motion. Anais... Praga.
- Turner, D. S.; Nicholson, L. A. (2009) *A Synthesis of Safety Implications of Oversize/Overweight Commercial Vehicles*. Tuscaloosa, Alabama. Disponível em: <<http://utca.eng.ua.edu/files/2011/10/07115-Final-Report.pdf>>
- Van Loo, H.; Žnidarič, A. (2019) *Guide for Users of Weigh-In-Motion - an Introduction to Weigh-in-Motion*. ISWIM - International Society for Weigh-in-Motion.

Leonardo Guerson (leoguerson@gmail.com)

Amir Mattar Valente (amir.labtrans@gmail.com)

Valter Zanela Tani (vztani@gmail.com)

Laboratório de Transportes e Logística (LabTrans), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Florianópolis, SC, Brasil