

AVALIAÇÃO DA AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE AFERIÇÃO DO PESO VEICULAR COM USO DE SISTEMAS DE PESAGEM EM ALTA VELOCIDADE (HS-WIM)

Marcelo Bavier Marcos¹
Prof.^a Andréa Souza Santos²

RESUMO

O presente artigo tem como foco avaliar a possibilidade de automação do processo de pesagem veicular com o uso de recursos tecnológicos e pesagem em alta velocidade, conhecida (“High Speed Weigh-in-Motion” - Hs-Wim). Apesar de já existirem recursos tecnológicos isolados e uma legislação que já permite em parte o aprimoramento da atividade, pouca diferença se observa em relação ao modelo de fiscalização de peso estabelecido pelo extinto Departamento Nacional de Estradas e Rodagens - DNER na década de 1970. Para desenvolvimento do estudo foram utilizados instrumentos de coleta de dados e mapeamento por observação, assim como procedimentos técnicos de revisão bibliográfica, pesquisa documental, a pesquisa por estudo de caso e a pesquisa *expost-facto*. O escopo da pesquisa é o sistema de pesagem veicular no transporte rodoviário de cargas. Na revisão bibliográfica foram expostos materiais de diversos autores, contudo, a ampliação do estudo é fundamental para possibilitar uma revisão bibliográfica mais extensiva quanto ao conteúdo apresentado, assim como ampliar o escopo para uma avaliação do sistema de pesagem. Por fim, conclui-se que é perfeitamente possível a automatização do processo de pesagem veicular com o uso da pesagem em alta velocidade (Hs-Wim), bastando alguns ajustes regulamentares por parte do CONTRAN e incorporação de recursos tecnológicos, o que possibilitará uma maior eficiência e eficácia do Estado no controle de peso em veículos rodoviários.

Palavras-chave: Tecnologias da Informação e Comunicação - TIC, Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS), Pesagem veicular, Pesagem em alta velocidade - Hs-Wim, Automatização.

INTRODUÇÃO

Aperfeiçoar o modelo de aferição de peso em rodovias é fundamental para possibilitar a automação do controle e a verificação universal dos veículos que circulam na via, extinguindo as interrupções desnecessárias e a necessidade de porte e apresentação de documentos físicos.

O controle de peso é realizado rotineiramente por diversas instituições, seja em nível federal ou estadual, contudo, a verificação ainda carece de automatização e maior efetividade,

¹ Engenheiro de Produção, Mestrando em Engenharia de Transportes, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ, marcelobavier@ufrj.br

² Professora orientadora: Prof.^a Andréa Souza Santos, Doutora pela COPPE - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ, andrea.santos@pet.coppe.ufrj.br

visto que a prática do transporte com excesso de peso ainda é uma realidade em todo território nacional.

O excesso de carga está entre os principais motivos para a degradação precoce da malha rodoviária, aponta Réus et al. (2014). Para prevenir a destruição da via e a prática indiscriminada do excesso de peso, é fundamental implantar medidas para prevenir a sobrecarga e, conseqüentemente, promover o aumento de vida útil dos pavimentos e evitar acidentes (Faruolo et al., 2019), sendo o monitoramento ininterrupto e a coibição permanente do excesso de peso fundamentais para o desenvolvimento e a sustentabilidade do modal rodoviário (Bock e Brito, 2018).

Outro ponto de igual destaque é o aumento do consumo de combustível associado ao excesso de peso, que implica no conseqüente aumento das emissões de Gases do Efeito Estufa - GEE, impactando negativamente com as mudanças climáticas decorrentes do excesso de poluentes na atmosfera, sendo esses veículos um potencial risco à desastres ambientais, pois é comum o transporte de produtos nocivos ao meio ambiente, fauna e seres humanos.

O estabelecimento de um novo modelo que permita realizar a verificação do peso por meio de sistema integrado e automatizado que funcione ininterruptamente nas rodovias do Sistema Nacional de Viação- SNV, é o que pode garantir a sustentabilidade da circulação de bens e mercadorias.

Com o célere avanço das Tecnologias da Informação e Comunicação - TIC, os Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) foram desenvolvidos e incorporados rapidamente, Jin, L., et al. (2019) destaca o impacto positivo na segurança da via e na vida daqueles que se locomovem, havendo o monitoramento integrado da infraestrutura, veículos e seres humanos.

Com a contínua expansão de produtos e serviços conectados, foi elevada a capacidade de gerar grandes quantidades de dados, sendo possível desenvolver soluções eficazes de gerenciamento de dados de todos os recursos envolvidos na operação de transporte, Lim, K. L., et al (2021) também destaca que a disponibilidade de conexões de dados permite aos detentores de informação a tomada de decisões mais assertiva e com maior confiabilidade, sendo grande parte das evoluções tecnológicas amplamente aplicadas à movimentação de cargas e pessoas.

De acordo com Meyer (2018), os efeitos das mudanças climáticas poderão afetar fundações e pavimentações, especialmente quando os níveis de precipitação aumentarem significativamente em relação aos níveis atuais e a maior amplitude térmica, o que em conjunto com o excesso de carga traz risco de impactos na deterioração da infraestrutura, aumentando sua vulnerabilidade.

É muito importante destacar os impactos colaterais do excesso de peso, quanto ao aspecto ambiental, Santos, A. S., et al. (2020) destaca que estresses climáticos podem levar a efeitos em cascata em diferentes sistemas de infraestrutura, sendo a sua vulnerabilidade interligada ao grau de desenvolvimento, resiliência e adaptabilidade.

Conforme já apresentado por Marcos, M. B., et al. (2019), o modelo atualmente utilizado requer muita intervenção na infraestrutura e excessiva participação humana, se dividindo em cinco etapas, sendo, resumidamente: Pré-seleção, orientação inicial, pesagem de precisão, orientação quanto a conduta após pesagem e designação da medida a ser adotada.

QUADRO ESQUEMÁTICO DO POSTO DE PESAGEM DE VEÍCULOS



Figura 1. Quadro esquemático do PPV
Fonte: Resolução CONTRAN nº 902/2022

Percebe-se que, mesmo depois de mais de quatro décadas, o modelo ainda utilizado para o controle de peso muito se assemelha ao definido no Plano Nacional de Pesagem na década de 1970, sendo um modelo que constitui uma versão atualizada dos Postos de Pesagem Veicular - PPVs introduzidos nos anos 70, com uma infraestrutura física similar e a atualização dos recursos tecnológicos, conforme já definido por Marcos, M. B., et al (2019), o que destaca a importância do estudo que busca avaliar a inserção de tecnologia inovadora no processo.

A busca por aprimorar e automatizar os sistemas de controle rodoviário de pesagem veicular é fundamental, pois, somente com o uso massivo da Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs) e aprimoramento dos procedimentos e métodos será possível tornar o processo mais célere, menos oneroso ao Estado e aos transportadores, além de mais efetivo.

O uso de sistema de fiscalização em alta velocidade, em inglês “Hight Speed Weigh-in-Motion” (Hs-Wim), é muito discutido e estudado academicamente, e a partir da revisão da literatura percebe-se que na última década foi comum a publicação de estudos com a expressão “Weigh-in-Motion”, por exemplo: (Burnos, P., & Gajda, J. (2020); Feng, M. Q., Leung, R. Y., & Eckersley, C. M. (2020) e Gajda, J., et al (2012)), o que sugere ser um dos temas mais pesquisados e estudados no que diz respeito ao controle de peso em veículos rodoviários, contudo, ainda não há uma aplicabilidade coercitiva do modelo no Brasil.

Com isso, percebe-se a importância do tema e do desenvolvimento deste estudo que busca avaliar a automação do processo de pesagem veicular em rodovias com uso de Hs-Wim. O objetivo do presente artigo é diagnosticar as lacunas existentes para viabilizar o uso massivo Tecnologias da Informação e Comunicação - TIC e Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS) na atividade de controle exercida pelo Estado, propondo um modelo mais eficiente e eficaz, que gere uma maior segurança aos usuários da via e eficiência na manutenção do pavimento, aumentando a vida útil do ativo.

METODOLOGIA

O método utilizado foi análise bibliométrica com a busca de estudos que abordavam o tema ou assuntos correlatos, sendo estabelecidas seis expressões chaves com ligação direta com o tema, apresentando satisfatório resultado de pesquisa, sendo elas: Hs-Wim, pesagem, peso, rodovia, veículo de carga e transporte.

Foi obtido um grande número de artigos, chegou a 178 publicações, sendo aplicados filtros para retirar os materiais duplicados e finalmente selecionar os termos foco da pesquisa, sendo: pesagem de veículo, pesagem em movimento e pesagem por eixo, sendo selecionados os artigos cuja publicação ocorreu preponderantemente entre os anos de 2010 e 2022.

O texto foi desenvolvido com o propósito de avaliar a automação do processo de pesagem veicular em rodovias com uso de Hs-Wim, sendo uma abordagem voltada para verificar os possíveis recursos metodológicos que possibilitam melhorar a eficácia do processo de pesagem, com parâmetros mensuráveis de qualidade, direcionando o escopo de pesquisa para uma análise simultaneamente quantitativa e qualitativa.

A parte introdutória busca familiarizar o leitor ao tema, expondo o atual cenário que se encontra o sistema de controle de peso, expondo os possíveis impactos positivos que a automatização do processo de aferição do peso traria.

Quanto aos procedimentos técnicos a serem utilizados, percebe-se a necessidade de uma mescla de métodos de pesquisa, incluindo a revisão bibliográfica, a pesquisa documental, a pesquisa por estudo de caso e a pesquisa Expost-Facto.

A amostra de pesquisa será o conjunto de rodovias federais sob concessão administradas pela ANTT, que em 2022 correspondem a 23 concessões, totalizando aproximadamente 10.935 km (ANTT, 2022).

Buscando obter maior exposição do tema, foram utilizados instrumentos de coleta de dados e a descrição das atividades realizadas será mapeada por observação. Para a ampliação da pesquisa, ainda será necessária a realização de entrevista com atores chave mediante questionário semiestruturado.

Propiciando elaborar diagnósticos de acordo com o lapso temporal desejado e com os dados extraídos de forma simplificada, a compilação dos dados obtidos será realizada por meio de banco de dados digitais que possibilitem o uso de ferramentas computacionais de Business Intelligence – BI.

Não foi observada a necessidade de aprovação em comissão de ética ou equivalente, tampouco autorização de uso de imagem para desenvolvimento do presente artigo.

REFERENCIAL TEÓRICO

Os sistemas de transporte inteligentes (ITS) foram desenvolvidos e incorporados rapidamente, Jin, L., et al. (2019) destaca o impacto positivo na segurança da via e na vida daqueles que se locomovem, havendo o monitoramento integrado da infraestrutura, veículos e seres humanos.

Com a contínua expansão de produtos e serviços conectados, foi elevada a capacidade de gerar rapidamente grandes quantidades de dados, sendo possível desenvolver soluções eficazes de gerenciamento de dados de todos os recursos envolvidos na operação de transporte, Lim, K. L., et al (2021) também destaca que a disponibilidade de conexões de dados permite aos detentores de informação a tomada de decisões mais assertiva e com maior confiabilidade, sendo grande parte das evoluções tecnológicas amplamente aplicadas à movimentação de cargas e pessoas.

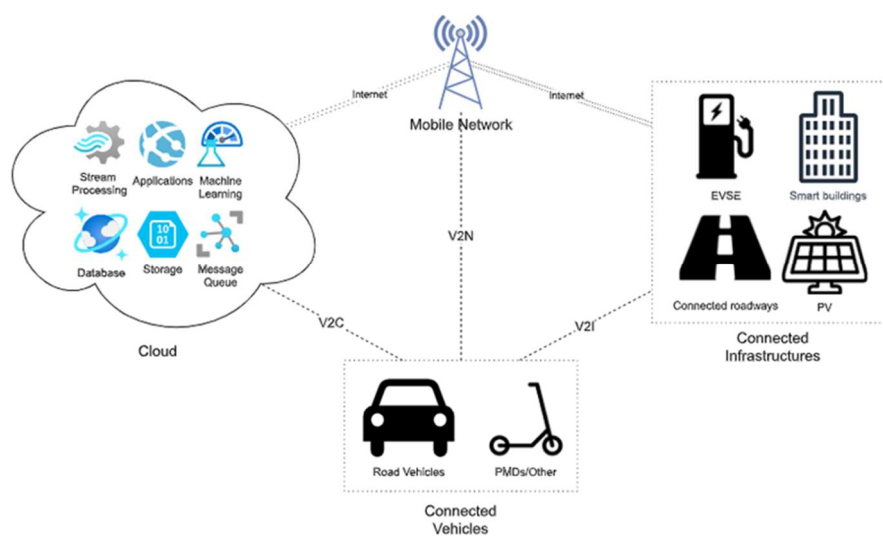


Figura 2 – Exemplos de conexões de veículos

Fonte: Lim, K. L., et al (2021)

O uso de um sistema de pesagem incorporado ao veículo pode trazer ganhos operacionais às empresas que investirem nessa tecnologia, visto que os veículos não mais serão abordados ou terão a velocidade de deslocamento reduzida para aferição do peso, sendo tal informação transmitida diretamente do veículo aos órgãos de controle, conforme abordado por Radoicic, G., et al. (2016).

Nos últimos anos ficou mais evidente ao público geral o uso de tecnologias embarcadas nos veículos, muito se fala em veículos autônomos ou com direção assistida, tendo a empresa Tesla como principal exemplo da evolução tecnológica presente no mercado automobilístico, sendo todos esses recursos utilizados também no segmento de veículos pesados, com destaque ao transporte de cargas e passageiros.

Com o avanço tecnológico de sensores e equipamentos, Jacob, B., & Cottineau, L. M. (2016) destaca que em vários países já há a utilização da pesagem em alta velocidade para triagem, seleção e levantamento estatístico, pois com a combinação de dispositivos capazes de identificar o veículo pela placa ou plaqueta de rádio frequência, é possível obter ótimos resultados no monitoramento viário.

Xiong, H., & Zhang, Y. (2019) também indica o amplo uso da pesagem em alta velocidade para apoiar o gerenciamento da infraestrutura de transporte, pois, se comparado com o sistema estático ou de baixa velocidade, apresenta uma precisão inferior, contudo, possibilita uma maior amplitude de monitoramento e menor impacto aos transportadores, sendo uma alternativa de baixo custo ao sistema de pesagem tradicional.

Um importante fator abordado por Rys, D. (2019) e Bosso et al. (2019) foi a possibilidade do sistema Hs-Wim ser uma importante ferramenta para otimização do processo de fiscalização e melhorar a eficiência das atividades, ampliando a cobertura de monitoramento, propiciam ao Estado conhecer melhor o fluxo e a característica dos veículos, subsidiando com dados reais estudos para dimensionamento de pavimentos e projetos de infraestrutura.

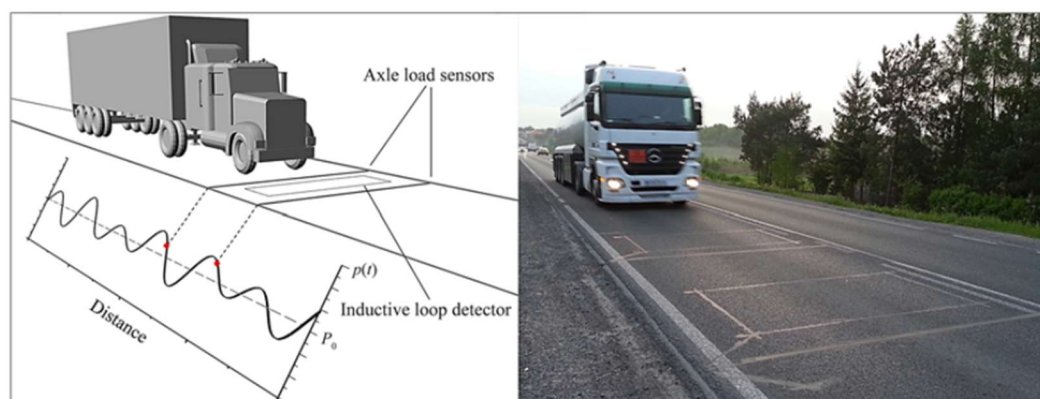


Figura 3 – Estrutura de sistema HS-WIM típico e a imagem

Fonte: Sroka, R. et al. (2019)

Ainda há a necessidade de se aprimorar tecnologicamente as ferramentas de aferição do peso em alta velocidade, pois a dificuldade de se obter uma calibração adequada é um dos principais problemas para garantir a precisão e acurácia do sistema de pesagem em alta velocidade, conforme detalhado na pesquisa apresentada por Burnos, P., & Gajda, J. (2020).

Em estudo apresentado com base em dados de pesagens em alta velocidade coletados em campo, Guerson, L. et al (2021) conseguiu expor a imprecisão das medições comparativamente ao sistema em baixa velocidade, pois os dados foram coletados a cerca de 2 km de um equipamento com certificação metrológica, mostrando uma variação com erro máximo de 10% quando medido o peso bruto total do veículo e variação de 15% nos casos de aferição do peso por eixo, destacando que os valores foram obtidos em um nível de confiança de 95%, o que não é aceito pelo regulamento técnico metrológico.

Buscando uma abordagem sistêmica e observado a aplicação de tecnologias da informação no processo logístico, Marcos, M. B. (2021) avaliou o impacto da implantação do documento eletrônico de transporte (dt-e) no controle de peso dos veículos no transporte rodoviário de cargas, pois a simplificação burocrática trazida pela lei n. 14.206/2021 vai substituir e reunir em uma única aplicação totalmente digital as informações que hoje estão

espalhadas em 41 documentos diferentes, aglutinando dados que são utilizados no processo de aferição do peso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a intensificação do uso de tecnologias em praticamente todos os segmentos é certo que o monitoramento e controle do transporte rodoviário terá grandes avanços nos próximos anos, seja na massificação de recursos autônomos de segurança nos veículos ou na forma que é realizada toda operação de transporte, desde o conjunto burocrático de documentação até o controle sobre o motorista, permeando o monitoramento e a avaliação dos índices que afetam a segurança de todos envolvidos, o que inclui o peso veicular.

Hoje a legislação que norteia o controle de peso em veículos rodoviários ainda vincula e obriga a atuação direta de um servidor público no processo, apesar de não haver qualquer gerência do mesmo na aferição do peso, sendo uma rotina sistemática realizada por meio de sensores e equipamentos metrológicos.

A resolução do Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN n. 902/2022 trata do uso de sistemas automatizados integrados para a aferição de peso e dimensões de veículos com dispensa da presença física da autoridade de trânsito ou de seu agente no local da aferição, contudo, percebe-se que diferentemente de uma constatação de excesso de velocidade, avanço de semáforo vermelho ou a evasão do próprio procedimento de pesagem, ainda é necessária a presença física ou remota do agente público.

Com o implemento de tecnologia e conversão de documentos físicos em digitais, alguns setores já conseguiram atingir um grau significativo de automatização do processo de monitoramento, sem que para isso seja necessária a intervenção de um só funcionário, como é o caso de alguns processos que envolvem a questão alfandegária e controle das receitas estaduais e federal, onde, por meio de cruzamento de dados, é possível observar e controlar a movimentação de bens e mercadorias.

Para garantir a automatização completa do processo de pesagem veicular, é necessário que sejam incorporados recursos já existentes em outras atividades, como ferramentas de identificação por rádio frequência (radio frequency identification - RFID), identificador de caracteres das placas (Optical Character Recognition - OCR), adequação da pesagem em alta velocidade (Hight Speed Weigh-in-Motion - HS-Wim), Tecnologias da Informação e Comunicação - TIC e Sistemas de Transporte Inteligentes (Intelligent Transportation System - ITS), garantindo a universalidade do controle de peso.

Alguns aspectos operacionais e legais já foram vencidos, como a resolução CONTRAN n. 547/2015, que permite o envio das Notificações da Autuação diretamente ao proprietário do veículo, acompanhadas do Formulário de Identificação do Responsável pela Infração (FIRI), se for o caso. Outro importante regulamento publicado é a portaria n. 19/2022 do INMETRO que estabelece o Regulamento Técnico Metrológico consolidado para instrumentos de pesagem automáticos de veículos rodoviários em movimento, permitindo um erro máximo admissível possível de ser atendido pelos fabricantes, conforme quadro que segue:

Classes de exatidão	Aprovação de Modelo, verificação inicial e verificação subsequente (\pm)	Supervisão metrológica (\pm)
1	2,50%	5,00%
2	3,50%	7,00%
3	5,00%	10,00%

Quadro 1 – O erro máximo admissível para Peso Bruto Total (PBT)

Fonte: Portaria INMETRO n. 19/2022

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se a possibilidade legal e tecnológica de automatização do processo de pesagem veicular com o uso da pesagem em alta velocidade (Hs-Wim), necessitando alguns ajustes regulamentares por parte do CONTRAN e incorporação de recursos tecnológicos já existentes e utilizados para outras finalidades.

A ampliação do estudo é fundamental para possibilitar uma revisão bibliográfica mais extensiva quanto ao conteúdo apresentado, assim como ampliar o escopo para uma avaliação do sistema de pesagem como uma forma geral, agregando conhecimento dentro do que já foi estudado, o que é praticado e para que cenário poderia migrar essa tão importante atividade de controle exercida pelo Estado.

Considerando a relevância do tema e o impacto positivo que a automatização do processo de pesagem veicular traria para a segurança da via, manutenção do pavimento, equilíbrio social dos prestadores de serviço, manutenção do material rodante e em eficiência para o Estado, conclui-se pela relevância e significatividade da abordagem, vislumbrando a continuidade do estudo com foco na proposição de solução factível a ser implementada.

AGRADECIMENTOS

Não há de se esquecer os agradecimentos ao corpo docente do programa de Mestrado em Engenharia de Transportes do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ, com especial destaque ao profissionalismo e apoio da Prof^ª. Andréa Souza Santos.

Os sinceros agradecimentos ao corpo discente pela parceria e troca de experiência, assim como aos meus familiares por todo o suporte afetivo e acolhimento, apoiando e incentivando em todo decurso do curso de Mestrado.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT, **Concessões Rodoviárias**, Brasília - DF. 2022. Disponível em <https://portal.antt.gov.br/concessoes-rodoviaras> - Acesso em 01 de abril de 2022

BOCK, A. L.; BRITO, L. A. T. Fiscalização de cargas rodoviárias: estudo comparativo entre posto de pesagem veicular móvel e um sistema WIM implantado na rodovia BR290/RS – Freeway. 2018. **Anais Do 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET - Gramado - RS**, p 3550–3561

BOSSO, M.; VASCONCELOS, K. L.; HO, L. L.; BERNUCCI, L. L. B.. *Use of regression trees to predict overweight trucks from historical weigh-in-motion data*. **Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)**, 7(6), 843–859. 2019. DOI 10.1016/j.jtte.2018.07.004

BURNOS, P.; GAJDA, J. *Optimised autocalibration algorithm of weigh-in-motion systems for direct mass enforcement*. **Sensors (Switzerland)**, 20(11). 2020. DOI 10.3390/s20113049

FARUOLO, L. B.; SILVA, P. R. M.; GASPARETO, D. DOS S. Avaliação de impacto regulatório da pesagem de veículos direta na rodovia, 2019. **Anais do X Congresso Brasileiro de Metrologia**, CBM, Florianópolis, 8p.

FENG, M. Q.; LEUNG, R. Y.; ECKERSLEY, C. M. *Non-Contact vehicle Weigh-in-Motion using computer vision*. **Measurement**, Vol. 153, 107415. 2020. DOI 10.1016/j.measurement.2019.107415

GAJDA, J.; SROKA, R.; STENCEL, M.; ZEGLEN, T.; PIWOWAR, P.; BURNOS, P. *Analysis of the temperature influences on the metrological properties of polymer piezoelectric load sensors applied in Weigh-in-Motion systems*. 2012, **IEEE I2MTC - International Instrumentation and Measurement Technology Conference**, Proceedings, 2012. DOI 10.1109/I2MTC.2012.6229482

GHISOLFI V.; G. M. R.; FILHO R. D. O.; CHAVES G. L. D.; HOFFMANN I. C. S.; JÚNIOR L. A. R. T. L. R. Avaliação de impactos do excesso de peso no transporte rodoviário de cargas, 2018. **Anais do 32º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET**, Gramado, p 576-587

GUERSON, L.; ZANELA, V. AMIR, T.; VALENTE, M. Operação de sistema HS-WIM para controle do excesso de peso de veículos em condições brasileiras, 2021. **Anais do 35º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET**, online, p 683-694.

JACOB, B.; COTTINEAU, L. M. *Weigh-in-motion for Direct Enforcement of Overloaded Commercial Vehicles*. **Transportation Research Procedia**, 14(0), p 1413–1422. 2016. DOI 10.1016/j.trpro.2016.05.214

JIN, L., ZHANG, B.; ZHANG, L.; YANG, W. *Nanogenerator as new energy technology for self-powered intelligent transportation system*. **Nano Energy**, 66, 104086. 2019. DOI 10.1016/J.NANOEN.2019.104086

LIM, K. L.; WHITEHEAD, J.; JIA, D.; ZHENG, Z. *State of data platforms for connected vehicles and infrastructures*. **Communications in Transportation Research**, 1, 100013. 2021. DOI 10.1016/j.commtr.2021.100013

MARCOS, M. B.; GUERSON, L. P.; ESPÍNDOLA, V.; TANI, V. Z.; VALENTE, A. M. Diagnóstico Técnico-Operacional para implementação de Postos De Pesagem Veicular (PPVs) com agente remoto, 2019. **Anais do 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes – ANPET**, Balneário Camboriú - SC, p 767–778

MARCOS, M. B. Avaliação do impacto da implantação do documento eletrônico de transporte (dt-e) no controle de peso dos veículos no transporte rodoviário de cargas, 2021. **Anais Do VI**

Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, online, 2021. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/76893> Acesso em: 15 mar. 2022

MEYER, MD. *Design Standards for U.S. Transportation Infrastructure: The Implications of Climate Change*. **Georgia Institute of Technology**, Atlanta, 30 pp. Transportation Research Board of the National Academies, TRB Publications Index. 2008. Disponível em: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290meyer.pdf> Acesso em: 30 jan. 2021

RADOICIC, G.; JOVANOVIC, M., & ARSIC, M. *Experience with an on-board weighing system solution for heavy vehicles*. **ETRI Journal**, 38(4), 787–797. 2016. DOI 10.4218/etrij.16.0115.0183

RYS, D. *Investigation of weigh-in-motion measurement accuracy on the basis of steering axle load spectra*. **Sensors (Switzerland)**, 19(15). 2019. DOI 10.3390/s19153272

RÉUS, T. F.; JÚNIOR, C. A. P. DA S.; FONTENELE, H. B. Dano pelo sobrepeso de veículos comerciais ao pavimento flexível. **Revista Tecnologia**, 55–65. 2014. DOI 10.5020/23180730.2014.v35.1/2.55-65

SANTOS, A. S. ; KAHN RIBEIRO, S. ; SOUZA DE ABREU, V. H. *Addressing Climate Change in Brazil: Is Rio de Janeiro City acting on adaptation strategies?* Proceedings of the 2020 **International Conference and Utility Exhibition on Energy, Environment and Climate Change**, ICUE 2020. 2020. DOI 10.1109/ICUE49301.2020.9307010

SROKA, R.; BURNOS, P.; GAJDA, J. *Vehicle's Axle Load Sensors in Weigh-in-motion Systems*, **Physical and Chemical Sensors: Design, Application & Networks**, 49-67, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/338229910> Acesso em: 20 mar. 2022

XIONG, H.; ZHANG, Y. *Feasibility study for using piezoelectric-based weigh-in-motion (WIM) system on public roadway*. **Applied Sciences (Switzerland)**, 9(15). 2019. DOI 10.3390/app9153098