



# Linha de Influência Real de Pontes Utilizando Sistemas BWIM

Paulo Junges

Doutorando, Universidade Federal de Santa Catarina

Roberto C. A. Pinto

Prof. Dr., Universidade Federal de Santa Catarina

Leandro F. Fadel Miguel

Prof. Dr., Universidade Federal de Santa Catarina



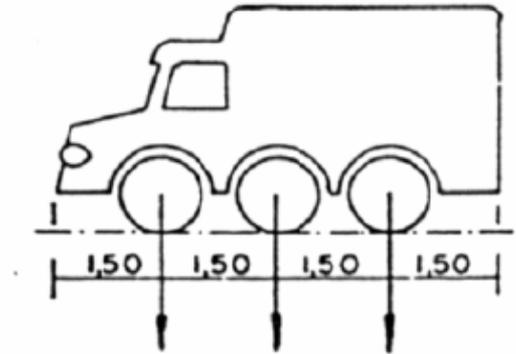
# 1 Introdução

- ▶ A produção agrícola brasileira vem batendo recorde ano após ano;
- ▶ escoamento principalmente por transporte rodoviário;
- ▶ Houve um aumento na capacidade de carga e na quantidade de veículos para esse fim;



# 1 Introdução

- ▶ O trem-tipo brasileiro pouco mudou nos últimos quarenta anos;
- ▶ O veículo tipo não representa a realidade do tráfego;
- ▶ LUCHI (2006) alerta que é muito difícil pensar em modificações no trem-tipo.





# 1 Introdução

- ▶ O aumento significativo do tráfego e carregamento aliado a uma manutenção inadequada das Obras de Arte Especiais (OAEs) pode levar ao seu comprometimento estrutural;
- ▶ ŽNIDARIČ *et al.* (2012), diz que estas mudanças no tráfego devem ser regularmente levadas em consideração por meio de recalibração das normas;
- ▶ Nesse ponto, sistemas de pesagem em movimento em pontes (*bridge weigh-in-motion* - BWIM), vem tendo um grande desenvolvimento nos últimos anos, tanto em termos de avaliação da segurança de estruturas existentes quanto para determinação de cargas de projeto.





# 1 Introdução

- ▶ Com o intuito de avaliar a segurança de uma ponte na BR 153, a mesma foi monitorada durante 42 dias por um sistema BWIM;
- ▶ No presente estudo, apresenta-se a LI real utilizada para o cálculo dos pesos dos veículos na referida ponte;
- ▶ Compara-se essa LI real com a LI teórica e algumas considerações são feitas;
- ▶ Mostrada-se uma LI obtida a partir de um modelo numérico, onde as condições de apoio foram alteradas de maneira a ajustar os valores teóricos em relação aos dados medidos.

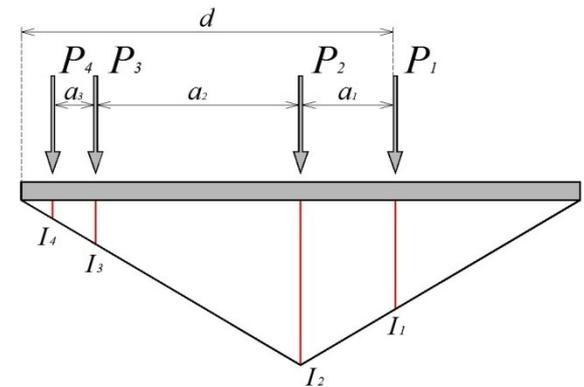
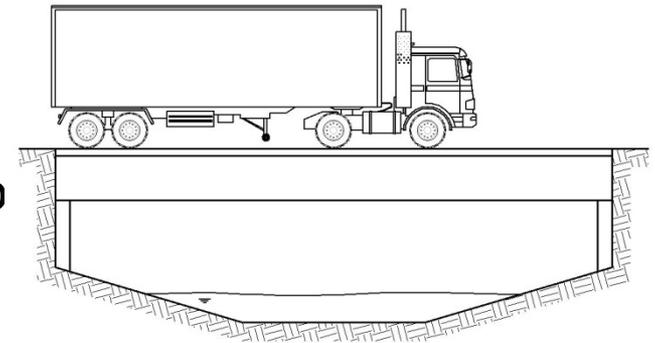


## 2 BWIM–Bridge Weigh–in–Motion

- ▶ Amplamente utilizados para avaliação da segurança da estrutura de pontes;
- ▶ Começam a ser utilizados em alguns países para determinar a carga móvel utilizada em projeto;
- ▶ ŽNIDARIČ *et al.* (2012) explica que a principal vantagem dos sistemas BWIM é o fato deles serem totalmente portáteis e não interferirem no tráfego durante a sua instalação;
- ▶ Além do peso dos veículos, os sistemas BWIM fornecem ainda informações como velocidade, peso por eixo, LI real da estrutura, coeficiente de impacto, distribuição transversal das cargas e dados de deformação.

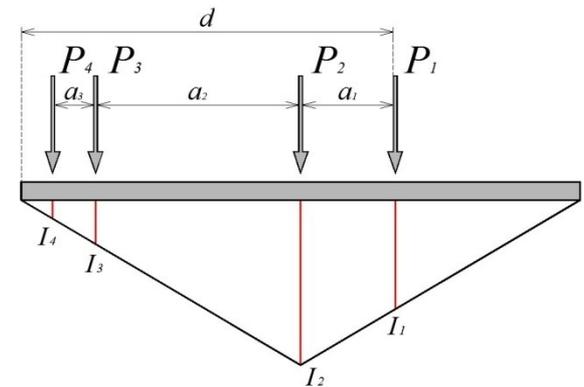
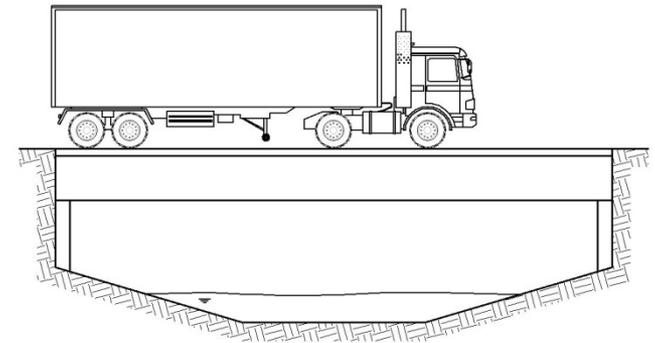
## 2 BWIM–Bridge Weigh–in–Motion

- ▶ Os conceitos de BWIM foram apresentados inicialmente por Moses em 1979;
- ▶ Com este algoritmo, é possível o cálculo das forças de cada eixo por meio de uma função que minimiza a diferença entre a resposta da ponte obtida experimentalmente e a resposta estática teórica;
- ▶ A resposta teórica é baseada no conceito de linhas de influência e superposição linear;



## 2 BWIM–Bridge Weigh–in–Motion

- ▶ O'BRIEN *et al.* (2006) explica que apesar da LI ser facilmente obtida da análise da estrutura, os resultados geralmente não correspondem aos medidos na ponte, sendo interessante obter a LI diretamente das medidas de esforços provenientes da passagem de um veículo com peso conhecido.



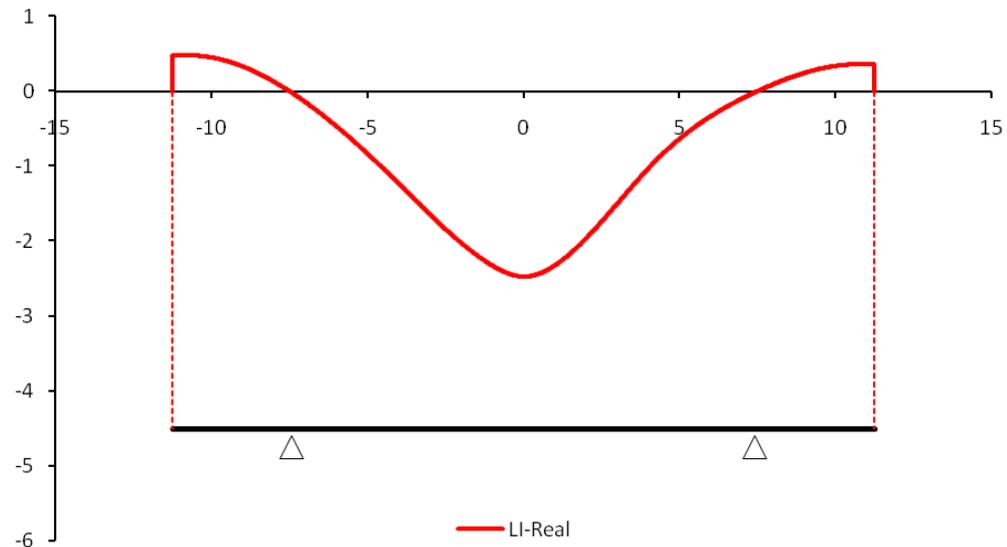
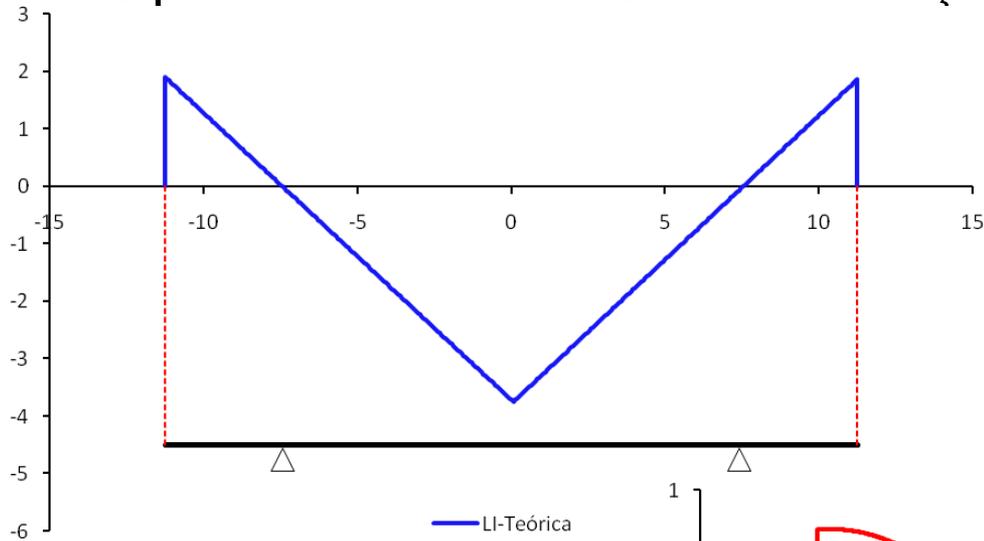
# 3 Ponte sobre o Rio Lambari

- ▶ O objeto do presente estudo é uma ponte sobre o Rio Lambari, na BR-153 km135 no município de Uruaçu no Estado de Goiás;
- ▶ O corredor viário escolhido possui um tráfego diário de caminhões pesados significativo;
- ▶ A ponte foi monitorada durante 42 dias por um sistema BWIM.



# 4 Resultados Obtidos

- ▶ LI para momentos fletores na seção do meio vão



## 5 Análise dos Resultados

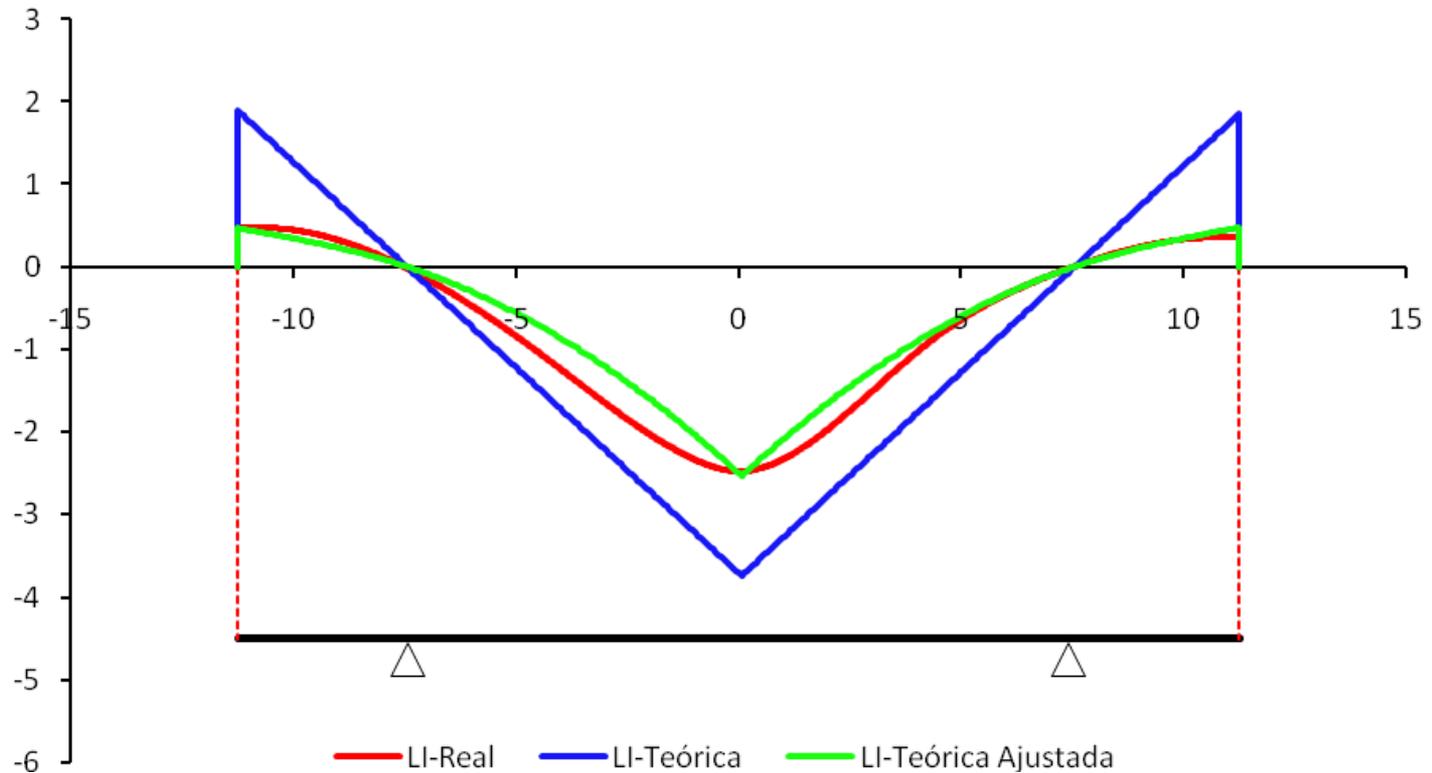
- ▶ Analisando as figuras anteriores, percebe-se que as ordenadas da LI tanto nos balanços quanto no meio do vão da LI real são inferiores aos valores teóricos;
- ▶ Condições de apoio reais não correspondem às condições de apoio idealizadas da teoria. Uma condição possível é a existência de apoios elásticos nas extremidades dos balanços:



- ▶ Por meio de um modelo numérico, encontrou-se um coeficiente de mola  $k = 5 \times 10^{-4} \text{ kN/m}$  para estes apoios elásticos que melhor ajusta os valores teóricos aos valores medidos na ponte.

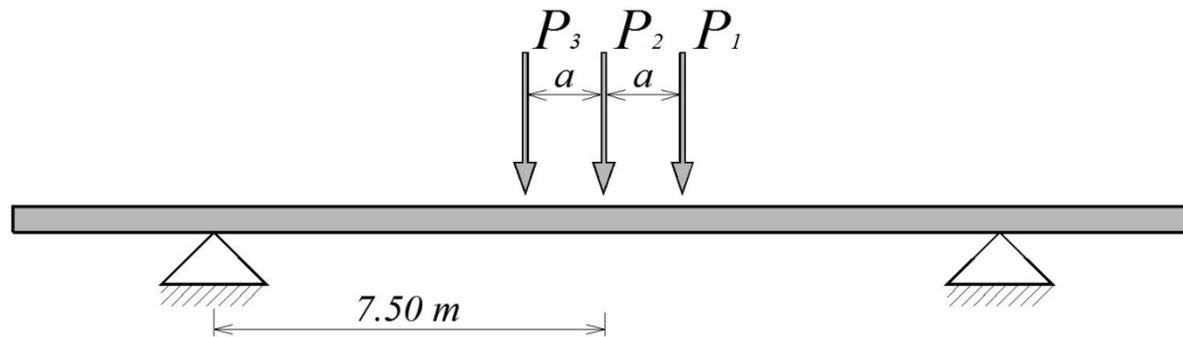
# 5 Análise dos Resultados

- ▶ Comparação das três LIs:



# 5 Análise dos Resultados

- ▶ Considerando o veículo padrão da NBR 7188 (ABNT, 2013) posicionado no meio do vão central da ponte:



	Posição eixo (m)	Ordenada da LI ( $l_i$ )			Momento Fletor (kN.m)		
		Teórica	Real	Ajustada	Teórico	Real	Ajustado
$P_1$	9,00	3,02	2,17	1,87	726,75	512,25	463,50
$P_2$	7,50	3,70	2,47	2,50			
$P_3$	6,00	2,97	2,19	1,81			



# 5 Análise dos Resultados

- ▶ A consideração da LI teórica incorrerá em menores valores de peso se comparados àqueles obtidos com a LI real;
- ▶ Para a ponte em estudo, calculando-se os valores de peso do veículo padrão da norma de modo que o momento fletor real seja igual a  $726,75 \text{ kN.m}$ , chega-se a valores  $P_i$  superiores a  $106 \text{ kN}$ .
- ▶ Assim, a diferença de 33% entre os momentos fletores real e teórico permite um caminhão com peso até 40% superior sem que haja comprometimento da estrutura da ponte em termos de momentos fletores.





## 6 Conclusões

- ▶ O presente estudo teve como objetivo a comparação entre a LI teórica de uma ponte bi apoiada com balanços com a LI obtida por meio de um sistema BWIM;
- ▶ Percebeu-se uma incompatibilidade entre as condições de apoio idealizadas e as reais vinculações da ponte;
- ▶ Por meio de um modelo numérico, simulou-se a existência de apoios elásticos nas extremidades dos balanços;
- ▶ Pela comparação das LI teórica, real e ajustada, percebeu-se que a LI real é significativamente menor do que a teórica o que permitiria que veículos com cargas maiores trafegassem na ponte em questão sem comprometimento na sua capacidade à flexão.





Muito Obrigado!

