



Análise da Carga Móvel em Pontes e Viadutos Rodoviários

Else Pereira de Almeida¹, Adriano Silva Fortes²

¹ALMEIDA ENGENHARIA / else.pereira@gmail.com

²Departamento de Construção Civil do IFBA / [FORTESAS / fortesas@terra.com.br](mailto:fortesas@terra.com.br)

Resumo

Este trabalho apresenta uma análise referente ao carregamento recomendado pela NBR 7188 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas, realizando uma abordagem histórica até a versão atual publicada em 2013. Foi realizada uma comparação entre o carregamento real, a que a estrutura está submetida, com o carregamento proposto pela Norma. O trabalho foi desenvolvido monitorando um viaduto da cidade de Salvador e avaliando o seu carregamento ao longo do dia, comparado com o carregamento proposto pela Norma Brasileira. Durante o monitoramento foram realizadas observações dos veículos que trafegavam no viaduto, consultas e análise do tema em livros, análise de normas técnicas, filmagens e fotografias. Foram feitas cinco vistorias no viaduto escolhido para análise nos turnos da manhã, tarde e noite. De acordo com as informações obtidas durante o monitoramento do viaduto, foram feitas simulações para determinar o real carregamento para possibilitar a comparação com os valores propostos pela Norma Brasileira. De acordo com os estudos realizados, foi possível constatar que as considerações referentes à carga móvel da Norma foram devidamente melhoradas na Sua última revisão.

Palavras-chave

Carga móvel; Simulação; Comparativo.

Introdução

A importância que o transporte tem para o país, já indica que ele é responsável por levar e trazer produtos que alimentem o mercado e por consequência a economia. Com a necessidade de comercializar produtos por caminhos rápidos e seguros, começaram a ser construídas pontes e viadutos rodoviários, trazendo desenvolvimento para pequenas cidades do país, onde antes não podia ocorrer nenhuma exploração de terras.

Segundo a Confederação Nacional de Trânsito (CNT, 2012), a malha rodoviária do país é de aproximadamente 1,6 milhões de quilômetros. Sendo assim, o percentual das cargas transportadas pelo modal rodoviário do país apresenta índice de 61,1% (CNT, 2012).

O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise das considerações acerca da distribuição e determinação dos carregamentos móveis para pontes e viadutos rodoviários. As primeiras pontes e viadutos foram construídos adotando-se como carregamento a configuração dos veículos da época, significativamente diferentes dos veículos que trafegam atualmente nas vias brasileiras.

Em 1940 foi desenvolvida no Brasil a NB-1 que apresentava em seu contexto considerações sobre o cálculo de estruturas de concreto armado. Por não ser completa, a NB-1 teria que ser complementada por outras publicações que apareceram logo em seguida, como a NB-6 - Carga Móvel em Pontes Rodoviárias, publicada em 1943. O trem-tipo tinha sua carga



representada por compressores, caminhões e multidão. O valor da carga referente à multidão ficava em $4,0 \text{ kN/m}^2$ ou $4,5 \text{ kN/m}^2$, dependendo da classe da ponte. Sua localização era sobre o passeio e ocupava o espaço que não estivesse sendo ocupado pelo veículo. Determinava que a área a ser ocupada pelo veículo tinha dimensões de $2,5\text{m}$ de largura por $6,0\text{m}$ de comprimento. De acordo com a classe da ponte, o trem-tipo era composto por combinações entre compressores e caminhões com seus respectivos valores de carregamento.

Passando por uma alteração em 1960 e ficando em vigor durante um período de 20 anos, a NB-6 estabeleceu o valor da carga de cada classe sendo elas: Classe I – 360 kN/m^2 , Classe II – 240kN/m^2 e Classe III – 120kN/m^2 . O trem-tipo devia ser orientado de acordo com o sentido do tráfego sempre na posição mais desfavorável. Apenas considerava um veículo por faixa e por toda a área restante deveria ser distribuída a carga de multidão.

A NBR 7188, Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre, foi publicada em 1984, trazendo alterações de cargas para as classes antes estabelecidas na NB-6/1960. Na nova configuração, definiu-se Classe I – 120kN , Classe II – 300kN e Classe III – 450kN . A distribuição dos eixos permaneceu a mesma, ressaltando que continuava a não representar a realidade do tráfego das rodovias brasileiras. O processo de determinação da carga móvel na análise estrutural de uma ponte recomendado pela NBR 7188 (1984) não corresponde aos veículos que trafegam pela pista de rolamento da mesma.

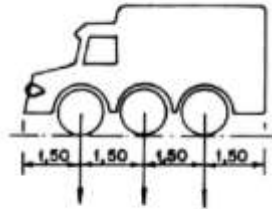
O princípio empregado para determinar a carga móvel consiste em um carregamento hipotético que simula as reações desenvolvidas pela estrutura quando solicitada pelo tráfego de veículos. Para esse modelo, é adotado um veículo-tipo, com carregamento e formas definidos, com suas cargas distribuídas nos eixos de sustentação do veículo-tipo. Sendo assim, as pontes são classificadas de acordo com o carregamento que irá circular sobre ela, com a denominação de trem-tipo. O trem-tipo adotado pela NBR 7188 (1984) traz um carregamento que é adotado da norma alemã DIN 1072.

Finalmente, em 2013, a Norma Brasileira NBR 7188 foi revisada, passando a ter o título - Carga móvel em pontes rodoviárias e de passarelas de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas, apresentando algumas modificações que serão apresentadas na sequência deste trabalho.

Carga Móvel

A determinação da carga móvel é feita seguindo a classificação da ponte ou viaduto rodoviário. A NBR 7188 (1984) fixava um veículo padrão, denominado de veículo-tipo (Figura 1). As pontes e viadutos rodoviários estão divididos em três classes: 45, 30 e 12. O tipo adequado a ser considerado, depende do órgão que responsável pela via de cada estado, sendo considerada como mais usual, a classe 45, que adota o maior peso bruto de 450 kN , composto por três eixos simples separados entre si a uma distância de $1,5 \text{ m}$, com carregamento distribuído igualmente entre eles.

TIPOS 45 E 30



TIPO 12

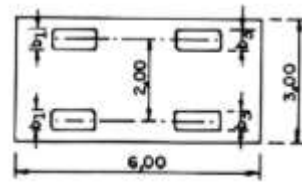
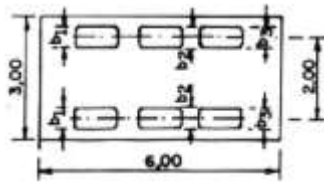
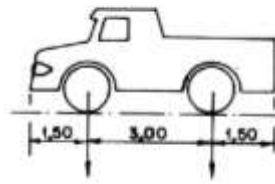


Figura 1 - Veículos-tipo para Pontes e Viadutos Rodoviários (fonte: NBR 7188:1984)

A Norma atual, revisada em 2013, mantém as mesmas dimensões do veículo. No entanto, as classes passam a ser padrão TB-450, que é definida por um veículo tipo de 450kN, circundada por uma carga uniformemente distribuída de 5kN/m² e TB-240, definida por um veículo tipo de 240kN, circundada por uma carga uniformemente distribuída de 4kN/m². Nos passeios, a Norma de 2013 mantém a carga uniformemente distribuída de 3kN/m², já adotada na versão anterior.

Além de considerar o trem-tipo, para carga móvel em pontes rodoviárias, a NBR 7188:1984, acrescenta cargas uniformemente distribuídas, denominadas de q e q' . A carga q apresenta valores que vão de 4,0kN/m² a 5,0kN/m², variando de acordo com a classe da ponte, e é aplicada em todas as faixas da pista de rolamento, nos acostamentos e nos afastamentos, retirando apenas a área já considerada pelo trem-tipo. A carga p' apresenta valor único de 3,0kN/m², disposta no passeio, independentemente da classe da ponte. Mesmo sendo cargas fictícias, elas tentam representar a circulação de multidões e veículos leves. A área de distribuição e localização dessas cargas uniformes é considerada de acordo com a Figura 2.

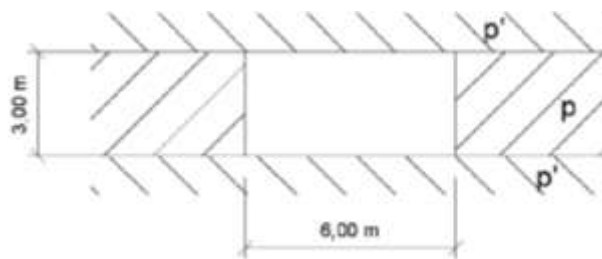


Figura 2 Distribuição das cargas p e p' (fonte: NBR 7188:1984)

O veículo-tipo representa uma simplificação adotada pela NBR 7188, para aplicação do carregamento móvel, dispensando um estudo detalhado de cada veículo que deverá trafegar pela via.



A NBR 7188 indica que a disposição do veículo-tipo deve ser sempre orientada na direção do tráfego, na posição mais desfavorável para o cálculo dos elementos estruturais. As cargas móveis causam efeitos dinâmicos, por apresentarem grande mobilidade na pista e devido às irregularidades presentes nas faixas de rolamento.

A revisão da norma NBR 7188 em 2013, introduziu o conceito de coeficiente de impacto vertical (CIV), coeficiente do número de faixas (CNF) e coeficiente de impacto adicional (CIA) que devem ser aplicados aos valores da carga móvel.

As considerações dos efeitos do carregamento móvel são analisadas por meio de modelos que têm como base o processo estocástico, para simulação estatística do tráfego ou na simulação do tráfego real. Os processos estatísticos e matemáticos, incluindo a análise da vida útil da estrutura, não fazem parte do escopo deste trabalho. Serão apresentados a seguir alguns modelos.

Modelo de Crespo-Minguillón e Casas (1997)

Segundo os autores CRESPO-MINGUILLÓN e CASAS (1997), os modelos lançados para a análise do carregamento móvel contemplam apenas situações alternadas de determinação dos efeitos máximos em um intervalo de tempo definido ou a análise dos efeitos de fadiga provenientes das solicitações que a carga móvel causa na estrutura da ponte ou viaduto.

CRESPO-MINGUILLÓN e CASAS (1997), concluíram que não há modelos completos que façam análises sobre o carregamento máximo em um determinado período, que contemple a fadiga nos elementos estruturais e considere carregamentos frequentes para a análise dos estados limites de utilização considerando uma ligação com tráfego real. Sendo assim, CRESPO-MINGUILLÓN e CASAS (1997), criaram um modelo de simulação de tráfego com os seguintes objetivos:

- a) Avaliar os estados limites por meio de duas abordagens: 1) a consequência do fluxo real do tráfego sobre a ponte ou viaduto rodoviário é simulada em função do tempo e 2) os máximos resultados obtidos no passo anterior para períodos curtos são extrapolados para valores máximos representativos de longos períodos de retorno;
- b) Incluir as relações mais importantes existentes no tráfego tais como: veículos em uma faixa e entre faixas diferentes, entre dia de semana e as condições do tráfego e o tipo do veículo;
- c) Poder ser ajustável para características da localidade em análise. Ponto importante para pontes já existentes;
- d) Não depender de muitos dados reais sobre o fluxo real de tráfego;
- e) Não aceitar sobreposição de veículos;
- f) Permitir análise de carregamento para vãos pequenos, médios e grandes em pontes e viadutos.

A simulação do tráfego é realizada em intervalos de 0,20 segundos, durante uma semana.

Modelo de Nowak (1999)

Para seu estudo, NOWAK (1999) utiliza dados de uma verificação de tráfego de caminhões realizada em 1975 pelo Ministério do Transporte de Ontário (Canadá), com amostragem de



10.000 caminhões. Após realizar uma análise detalhada, foram utilizados para desenvolvimento do modelo, apenas caminhões que dispusessem de peso bruto elevado. Foram calculados momentos fletores para cada um dos caminhões observados *in loco*, para poder ser realizada uma comparação com a norma do Departamento de Ontário, com a extrapolação de 50 anos de vida útil.

Utilizando os mesmos dados coletados em Ontário, NOWAK (1999), criou um método para verificação da Norma Americana já que, segundo o autor, para aquele período, as características do tráfego de Ontário eram similares ao tráfego que circulava nos Estados Unidos. O método deste trabalho calcula os momentos fletores considerando distribuição normal para as probabilidades.

Para pontes com uma faixa de tráfego, o momento fletor máximo e a força cortante de maior magnitude ocorrem quando há um caminhão isolado ou por dois ou mais caminhões em fila. Em casos de presença múltipla, é necessário que se saiba a distância entre os veículos e seus pesos. O autor alerta que os caminhões podem ser similares possuindo mesma carga e eixos, mesma empresa e viajarem em grupos, podendo ser correlacionados quanto ao peso. O grau de correlação é considerado como o grau de dependência linear entre duas variáveis aleatórias. Os coeficientes de correlação (ρ) deste modelo são:

- $\rho = 0$, para casos sem correlação entre dois caminhões subsequentes;
- $\rho = 0,5$, para casos que exista correlação parcial entre dois caminhões subsequentes;
- $\rho = 1$, para casos em que exista correlação entre dois caminhões subsequentes.

A seguir são descritas as hipóteses assumidas para o modelo com embasamento em observações e julgamentos técnicos:

- Para cada 10 (dez) caminhões, um caminhão é acompanhado por outro com uma distância inferior a 15 m;
- Para cada 50 (cinquenta) caminhões, um caminhão é acompanhado por outro com correlação parcial de peso;
- Para cada 100 (cem) caminhões, um caminhão é acompanhado por outro com correlação parcial de peso.

Após calcular os momentos fletores, os resultados encontrados foram de que para vãos únicos, um caminhão isolado apresenta a situação crítica para comprimentos de até 40 m. Para vãos com comprimento maior que 40 m, dependendo do espaçamento entre veículos, a ocorrência de dois caminhões totalmente correlacionados, é o mais crítico.

Analisando pontes com duas faixas de tráfego, considerou-se:

- Para cada 50 caminhões, um caminhão está na ponte simultaneamente com outro (lado a lado);
- Para as ocorrências simultâneas, a cada 50 vezes os caminhões são parcialmente correlacionados e a cada 10 vezes há total correlação com relação ao peso.

Ao final da análise, os resultados indicaram que a situação crítica seria no caso de dois caminhões totalmente correlacionados lado a lado.

São várias as incertezas na análise do carregamento móvel por causa da limitação que tem na coleta de dados do tráfego, tais como, o número de amostra de caminhões estudada (considerando que o número real de caminhões ao longo da vida útil é maior), a passagem de

caminhões sobrecarregados e o não conhecimento dos novos modelos de eixos, mudando a distribuição do peso (NOWAK, 1999).

O modelo de NOWAK considera que a legislação quanto aos pesos e dimensões dos veículos pesados não irá sofrer alterações no passar dos anos e a frota de caminhões permanecerá inalterada. Foram calculados momentos fletores e força cortante para cada caminhão considerando vãos simplesmente apoiados e com dois vãos idênticos e contínuos.

Tipos de Veículos de Carga que Trafegam nas Rodovias Brasileiras

O sistema rodoviário brasileiro é movimentado por veículos de carga de tipos variados, desde a configuração de eixos até a capacidade de carga transportada, tornando-se difícil obter uma análise dessas cargas. Devido ao crescimento do tráfego e as Combinações de Veículos de Carga – CVC, que não têm nomenclatura padronizada, o Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, apresenta em um dos seus regulamentos, nomes populares tais como, “truque”, “carreta”, “romeu e julieta”, “bitrenzinho”, “bitrenção”, “rodotrem”, “treminhão”, entre outros. As nomenclaturas utilizadas neste trabalho são baseadas no Manual de Estudo de Tráfego - Departamento de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006).

Tipos de Veículos

Os veículos de carga são classificados como:

- Eixo Simples: conjunto de duas ou mais rodas, onde os centros estão em um plano transversal vertical ou podendo ser incluídos entre dois planos transversais distantes de 1,00 m, podendo ser de dois tipos: rodas simples (duas rodas, uma em cada extremidade) e rodas duplas (quatro rodas, sendo duas em cada extremidade).
- Eixos Tandem: composto por dois ou mais eixos compondo um sistema de suspensão distribuindo a carga igualmente entre os eixos. São classificados em: Tandem duplo (dois eixos com duas rodas em cada extremidade) e Tandem triplo (três eixos, com duas rodas em cada extremidade).
- Eixo duplo não Tandem: dois eixos com rodas duplas com espaçamento superior a 2,0 m.

As figuras a seguir representam alguns dos modelos de veículos de carga que trafegam pelas rodovias brasileiras:

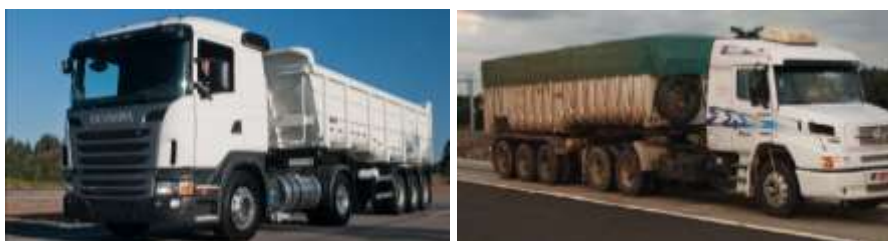


Figura 3 - Veículo 2S3 (esquerda) e 3S3 (direita), utilizados para transporte de grãos (fonte: Autor 2013)



Figura 4 - Veículo 2S3 longo e 3D4, utilizado no transporte de combustíveis e no transporte de cargas pesas, respectivamente (fonte: Autor 2013)

O Manual de Estudo de Tráfego publicado pelo DNIT em 2006 classifica alguns veículos de acordo com a quantidade de eixos e Peso Bruto Total (PBT) e o Código de Trânsito Brasileiro – CTB – LEI Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, estabelece os limites de carga e as dimensões dos veículos.

Estudo de Caso

O objetivo deste estudo de caso será realizar um comparativo do carregamento real com o carregamento que a NBR 7188 de 1984 e de 2013 recomenda para a determinação da carga móvel. O estudo de caso apresenta as simulações tendo como análise o carregamento resultante da presença simultânea, do veículo observador no viaduto Chico Mendes, localizado na Avenida Mário Leal Ferreira, Salvador-BA, com o trem-tipo e a carga uniformemente distribuída estabelecidos na Norma Brasileira. O viaduto foi construído no período de 1989 a 1992 e apresenta uma extensão de 465,0m e 13,0m de largura. Sua sustentação está a cargo de 16 pilares distribuídos ao longo da estrutura. A seguir a foto aérea da Av. Mário Leal Ferreira, com a indicação do viaduto Chico Mendes, e uma vista do tabuleiro, na Figura 5.



Figura 5 – Vista aérea do viaduto (esquerda) e vista do tabuleiro do viaduto (direita) (fonte: Autor 2013)

Vale salientar que o viaduto foi construído no período de 1989 a 1992, seus projetos foram elaborados de acordo com a norma NBR 7188 (ABNT, 1984) em vigor nessa época.

Cenário para as simulações

De acordo com a rotina do tráfego da cidade, é constante a situação em que o viaduto em análise fique submetido ao carregamento simultâneo de veículos leves e de carga. A escolha do cenário para coleta de dados para simulação deu-se em função dos constantes engarrafamentos a que o viaduto fica submetido todos os dias da semana em horários de pico, aproximadamente três vezes por dia. As coletas de dados totalizaram quatro horas distribuídas em cinco dias. Para a realização das simulações de carregamento, foi determinado o trecho com 25,0m de comprimento e 11,0m de largura, trecho entre juntas de movimentação. Foram elaboradas três simulações com as informações coletadas em campo, para poder se obter um número que fosse possível comparar com o modelo de carga móvel proposto pela Norma Brasileira - NBR 7188. Os dados referentes aos veículos utilizados na simulação foram coletados por meio da ficha técnica de cada um, obtida no “site” de suas respectivas montadoras.

a) Simulação 01

De acordo com as informações coletadas no dia 28 de maio de 2013 às 12:00h, foi possível quantificar o carregamento a que o viaduto em análise estava sendo submetido para ser comparado, com as considerações indicadas na NBR 7188 (1984 e 2013). Na simulação 01 obteve-se uma carga a partir de 17 carros de passeio, caracterizado por veículo de quatro rodas, 3 ônibus usados para realizar transporte coletivo de pessoas e 1 caminhão do tipo 2C para transporte de cargas. Após a soma das cargas de todos os veículos e dividida pela área do tabuleiro, obteve-se um carregamento distribuído no viaduto no valor de $3,61\text{kN/m}^2$.

b) Simulação 02

A simulação 02 foi realizada conforme as informações coletadas por meio da inspeção visual no dia 29 de maio de 2013 às 18:00h. O trânsito apresentou situação de engarrafamento durante todo o período de observação. Devido ao horário, notou-se que houve mais ocorrência de veículos de carga e de ônibus de transporte coletivo, do que veículos de passeio se comparado com a simulação 01. Como amostragem, foram contabilizados 15 veículos de passeio, 4 caminhões do tipo 4C e 2 caminhões tipo 2C, obtendo-se na simulação 2 um carregamento distribuído de $6,81\text{kN/m}^2$.

c) Simulação 03

Com a configuração montada através de dados levantados no dia 8 de maio de 2013 às 08:00h da manhã, foi realizada a simulação 03. Durante essa simulação, o trecho analisado também encontrava-se com engarrafamento. Por conta do horário, houve predominante presença de carros de passeio e algumas ocorrências de veículos de carga como caminhões e ônibus de transporte coletivo. O valor do carregamento foi alcançado analisando as cargas atuantes de 18 veículos de passeio, 1 ônibus utilizado para transporte coletivo e 2 caminhões tipo 2C resultando em um carregamento distribuído de $2,84\text{kN/m}^2$.



Simulação NBR 7188 (ABNT, 1984)

A norma especifica uma carga móvel, determinada por um veículo tipo e uma carga q e q' distribuídas uniformemente. A carga q representa a multidão e q' considera a carga no passeio. Para esta simulação foi considerado o carregamento do veículo tipo referente à classe 45 (450kN) e a carga q de 5,0kN/m², ocupando a área externa ao veículo tipo. Para possibilitar a comparação com as cargas reais obtidas nas simulações, considerou-se a carga do veículo tipo distribuída ao longo do tabuleiro, somada à carga de 5,0kN/m², distribuída apenas na área não ocupada pelo veículo tipo. Dessa forma, obteve-se o valor de 6,31kN/m² para a carga distribuída no tabuleiro.

Simulação NBR 7188 (ABNT, 2013)

Em 2013 foi publicada uma revisão da NBR 7188. A carga móvel rodoviária padrão passou a ser designada TB-450, definida por um veículo tipo de 450kN, mantendo-se a mesma configuração anterior de 3 eixos afastados de 1,50m, com área de 18,00m² (3,00m x 6,00m). Também foi mantida a carga uniformemente distribuída que circunda o veículo tipo, no valor de 5,0kN/m². No entanto, nesta revisão a Norma cria coeficientes de ponderação, que devem ser aplicados às ações sobre os elementos estruturais, denominados como coeficiente de impacto vertical (CIV), coeficiente do número de faixas (CNF) e coeficiente de impacto adicional (CIA). Com os acréscimos relativos aos coeficientes obteve-se uma carga distribuída no valor de 9,61kN/m², cerca de 52% superior à carga considerada pela versão anterior da Norma.

Análise dos Resultados Apresentados pelas Simulações

O valor encontrado na simulação 2 foi maior que o valor considerado pela versão de 1984 da norma brasileira. No entanto, com a revisão realizada em 2013, todas as simulações encontram-se com cargas significativamente inferiores à carga obtida pela nova versão da Norma Brasileira, conforme pode ser observado na Figura 6, demonstrando que realmente era necessária a revisão realizada em 2013.

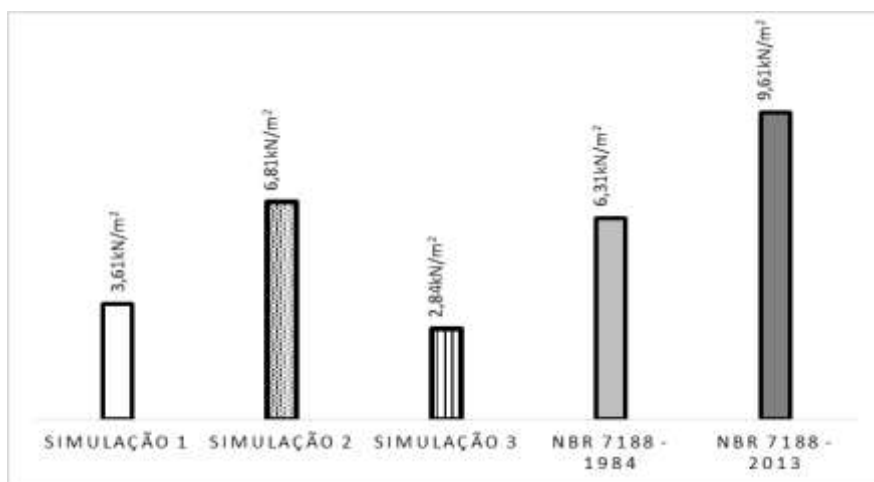


Figura 6 – Resultados obtidos nas simulações e nas Normas



Considerações Finais

Diante do resultado obtido na simulação 02, observa-se que as considerações da Norma Brasileira NBR 7188 - Carga Móvel para Viadutos e Passarela de Pedestre de 1984, encontrava-se em desacordo com as possibilidades reais de carregamento a que essas estruturas poderiam ser submetidas nas situações atuais de tráfego congestionado, cenário considerado neste trabalho.

Devido ao exposto nesse trabalho, existe a necessidade de validação das estruturas dimensionadas segundo os critérios de carga móvel da versão de 1984 da Norma Brasileira - NBR 7188, com o intuito de verificação da segurança estrutural.

Este estudo comprova a necessidade de revisão, nas considerações de carga móvel, da versão de 1984 da Norma Brasileira - NBR 7188, já realizada em 2013. Considerando-se a nova versão da Norma NBR 7188 - 2013, encontraram-se cargas significativamente superiores às cargas reais obtidas nas simulações deste estudo, superando em cerca de 41% a maior carga obtida nas simulações, demonstrando uma melhora significativa nos critérios de obtenção da carga móvel.

Referências

- ARAÚJO, J. J. Estudo do Impacto de Veículos Pesados sobre a Infra-Estrutura Rodoviária Através de Simulação Microscópica de Tráfego. 176 p. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7188: Carga móvel em ponte rodoviária e passarela de pedestre. Rio de Janeiro, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7188: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7187: Projeto de Pontes de Concreto Armado e de Concreto Protendido - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Boletim Estatístico do CNT. Brasil, 2012. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>>. Acesso realizado em: 18 mar. 2013.
- CRESPO-MINGUILLÓN, C. e CASAS, J. R. A comprehensive traffic load model for bridge safety checking. Structural Safety, v.19, n.4, p.282, 1997.
- DNIT - MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO. Versão preliminar. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, Ministério dos Transportes, Brasil, 2006.
- LUCHI, L. A. R. Reavaliação do trem-tipo à luz das cargas reais nas rodovias brasileiras. 257p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- MARCHETTI, O. Pontes de Concreto Armado. São Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda, 2008.
- MANUAL DE PROJETO DE OBRAS-DE-ARTE ESPECIAIS Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro, 1996. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/download_manuais.htm>. Acesso realizado em: 18 mar. 2013.
- NOWAK, A. S. , Calibration of LRFD bridge design code, NCHRP Report 368. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, 1999.