



ANÁLISE ESTRUTURAL DA PONTE JÚLIO DE CASTILHOS

Roger Victor Rodrigues

Mário Mourelle Pérez

rogervrodrigues@gmail.com

marioperez@mecanica.ufu.br

Faculdade de Engenharia Mecânica

Universidade Federal de Uberlândia

Avenida João Naves de Ávila, 2121 Bloco 1M

Campus Santa Mônica

38400-902 Uberlândia, MG Brasil

Resumo. Neste trabalho é apresentado um estudo sobre o comportamento estrutural da ponte Júlio de Castilhos, na cidade de Jaguari, RS, que caiu este ano devido à passagem de caminhão bitrem carregado. Com esse objetivo, foram feitas análises estáticas, através das quais obteve-se a visualização dos diversos efeitos provocados por cargas concentradas aplicadas em pontos específicos da ponte, e dinâmica modal da estrutura, usando-se o programa ANSYS® Versão 15.0. Como resultado, foi possível constatar não só a complexidade do comportamento estrutural dessa ponte, como também a importância que a simulação numérica pode ter na previsão de efeitos indesejáveis ainda durante a fase de projeto.

Palavras-chave: Estruturas Metálicas, Métodos Elementos Finitos, Comportamento Estrutural, Análise Modal.

1 INTRODUÇÃO

O objetivo do trabalho aqui apresentado foi o de estudar o comportamento estrutural da ponte Júlio de Castilhos, na cidade de Jaguari, RS, que caiu recentemente devido à passagem de um caminhão bitrem carregado [1]. Foram realizadas análises para carregamentos estáticos assim como uma análise modal para se determinar as frequências naturais dessa estrutura e os modos de vibração associados à cada uma dessas frequências. Na construção do modelo computacional da ponte foi utilizado o programa *ANSYS® Versão 15.0*.

Com base nas imagens obtidas na internet foi possível determinar alguns detalhes construtivos da ponte, como a disposição dos elementos e os tipos de perfis utilizados. Assim, nota-se que a ponte é um pórtico estrutural constituído por duas vigas principais interligadas por elementos transversais e diagonais cobrindo dois módulos por vez, no plano do banzo, ou corda, inferior. Os elementos diagonais que constituem o banzo inferior não foram considerados neste trabalho.

Como pode ser visto na Fig.1, as vigas principais tem perfil I, com uma altura considerável, o que é consistente com o fato de que esses são os elementos principais da estrutura da ponte. Pela altura das vigas, estimada em cerca de 600 mm, é provável que elas tenham sido fabricadas com placas metálicas unidas por soldagem.



Figura 1 - Detalhe das vigas principais da estrutura

As vigas principais se conectam com os elementos que compõe as laterais da ponte através de montantes e diagonais, como pode ser verificado na Fig. 2. Os montantes são também compostos por perfis I. É perceptível que esses elementos têm seção variável, porém isso não foi considerado na simulação.

As diagonais, por sua vez, são assumidas como sendo compostas por duas cantoneiras unidas formando um perfil T. Essas são posicionadas à aproximadamente 45° nas laterais da ponte, tendo a função de suportar as tensões de cisalhamento decorrentes da união com elementos longitudinais que compõe as laterais da ponte. Dessa forma, esses elementos suportam predominantemente esforços axiais. As diagonais são dispostas de forma simétrica em relação ao meio da ponte, como mostrado na Fig.2.

Na Fig. 2 pode-se também verificar que o perfil adotado para os elementos que compõe as vigas superiores foi um perfil T, possivelmente composto de cantoneiras e placas rebitadas. Sabe-se da importância destes elementos para o aumento da inércia, ou rigidez à flexão da ponte, por isso é notável a distância entre eles e as vigas inferiores. Tomando como referência o caminhão que aparece na Fig. 2, julgou-se que esses perfis estão à aproximadamente 2 metros dos elementos que compõe o banzo inferior da ponte.

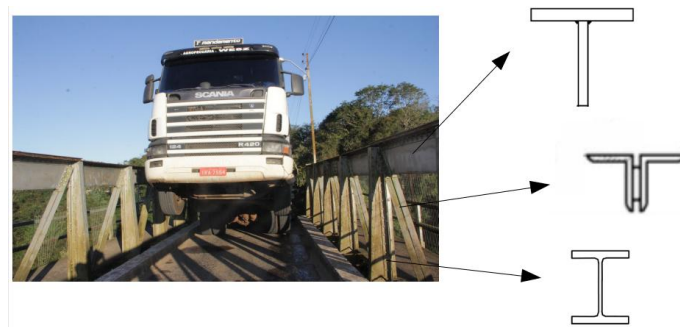


Figura 2 - Detalhes dos perfis.

Há mais dois elementos dispostos longitudinalmente que podem ser vistos na Fig. 1. Esses elementos foram também denominados de longarinas e, juntamente com aqueles transversais, permitem sustentar o piso de rolamento da ponte, o qual recebe o carregamento imposto pela passagem de veículos e transmitem estes esforços às vigas principais da ponte. Por serem submetidos a esforços de flexão consideráveis, assumiu-se que foram utilizados perfis I para esses elementos. Essa foi outra hipótese feita para a realização da simulação.

2 MODELO ESTRUTURAL

Com o auxílio do site *Google Maps* mediu-se o comprimento de um dos vãos da ponte, obtendo-se como resultado o valor de 30 metros. Os outros elementos tiveram de ser supostos com base em referências obtidas das imagens, como o tamanho do caminhão e o número de colunas. Com isso foi possível fazer um modelo da estrutura, apresentado na da Fig.3, sobre o qual foram utilizados os recursos de geração automática de malha do programa ANSYS® - *Multiple Sysyems - Mechanical (ANSYS Multiphysics)*, disponíveis no modo gráfico, selecionando 'Mesh' na janela 'Outline' e, na barra de ferramentas superior, selecionando o comando 'Generate Mesh' [2]. As ligações entre os elementos foram consideradas perfeitamente rígidas enquanto as condições de apoio escolhidas foram o engastamento das extremidades dos banzos inferiores e ao longo da primeira e da última transversinas.

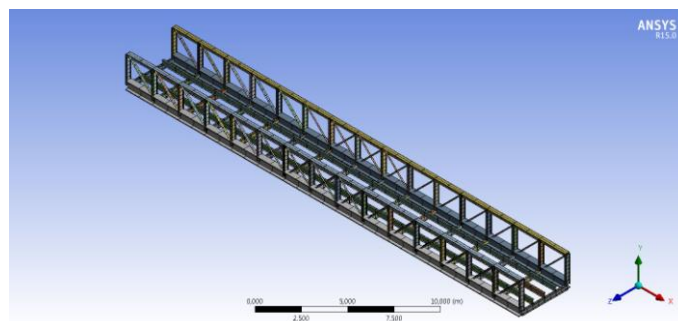


Figura 3 – Modelo da ponte em elementos finitos.

3 RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Deformação sob carga estática

A deformação da estrutura sob ação de seu peso próprio apresentou uma distribuição uniforme, com a estrutura se comportando como se fosse uma viga homogênea, o que leva a crer que perfis escolhidos tenham sido provavelmente adequados para o carregamento de projeto pois, caso a escolha tivesse sido inadequada, haveria 'ondulações' ao longo da ponte, particularmente nas uniões dos membros longitudinais com os montantes e os membros diagonais verticais.

A deformação sofrida pela estrutura quando submetida à uma carga concentrada de 30 t (300 kN) no meio da ponte, que simula a passagem de um caminhão carregado, é apresentada na Fig. 4, onde pode-se observar que além do deslocamento vertical, devido à soma das forças decorrentes do peso próprio da estrutura e da carga aplicada, tem-se também a torção sofrida pelas vigas principais, resultando no giro das laterais da ponte.

A deflexão sofrida pelo banzo inferior é ocasionada pela flexão das transversinas sob a ação da carga concentrada aplicada no meio do vão. A ligação rígida entre as transversinas e as vigas que constituem o banzo inferior forçam estas últimas a sofrerem torção enquanto as primeiras sofrem flexão. Os elementos diagonais não foram considerados neste trabalho.

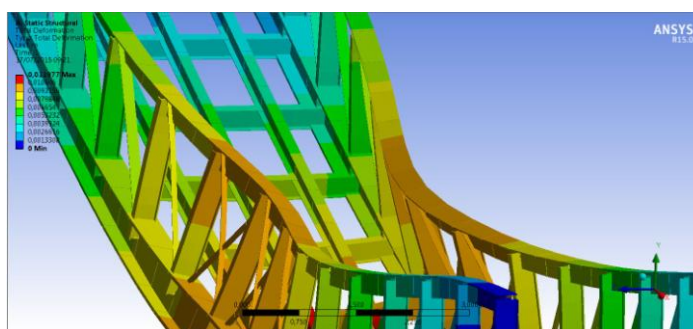


Figura 4 - Deformação sob 30 t de carga – Fator Multiplicativo 250.

As deformações apresentadas na Fig.4 mostram que a estrutura apresenta distorções laterais mesmo quando a carga é alinhada com o centroide de sua seção transversal. Tal fato está de acordo com aquilo que é encontrado nas referências que tratam da rigidez de estruturas abertas. Sabe-se que a rigidez à torção nas estruturas abertas é muito menor que aquela verificada em estruturas fechadas. Um terceiro caso, com carregamento excêntrico foi também analisado mas, por limitações de espaço, não foi incluído neste trabalho

3.2 Análise modal

Nesta Seção são apresentados os resultados da análise modal da estrutura, que visa determinar suas as frequências naturais, assim como os modos de vibração associados a cada uma delas. Para tal, restringiu-se o estudo a um espectro de frequências de 0 Hz à 10 Hz, faixa na qual se encontram quase todas excitações providas de veículos automotores. Os valores das frequências naturais da estrutura obtidos dessa análise são apresentados na Tabela 1.

Como resultado desta análise, somente o primeiro e o segundo modos de vibração, que apresentam um deslocamento lateral da ponte, Figs. 5 e 6, são aqui apresentados.

Tabela 1 - Frequências naturais (Hz)

2,3337	5,4319	6,5264	6,8451	9,4804
--------	--------	--------	--------	--------

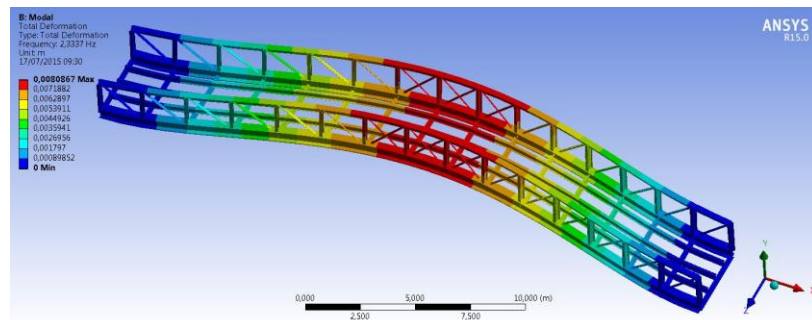


Figura 5 - Modo de vibração da estrutura para 2,3337 Hz – Fator Multiplicativo 380.

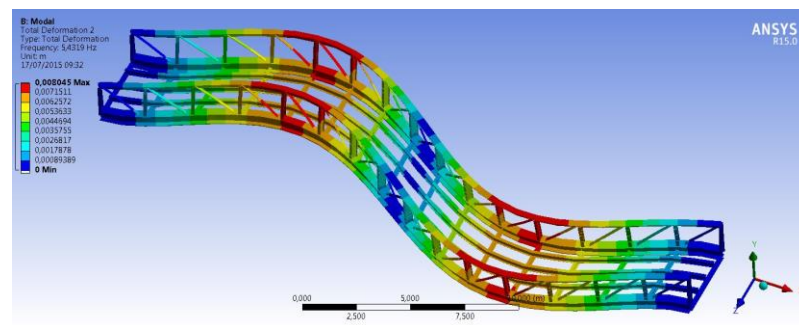


Figura 6 - Modo de vibração da estrutura para 5,4319 Hz – Fator Multiplicativo 380.

4 CONCLUSÕES

Com este trabalho, buscou-se demonstrar a importância do uso de simulações numéricas em estruturas de maior complexidade, como uma ponte. Foram apresentadas análises estáticas e uma análise dinâmica modal, com o objetivo de se determinarem as frequências naturais de vibração da ponte, para evitar surpresas como aquela que ocorreu com a famosa ponte de Tacoma em 1940, ou mesmo decorrentes da passagem de caminhões carregados pela mesma.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] 01 de junho de 2015, '*Deus estava comigo*', diz caminhoneiro sobre o momento em que a ponte de Jaguari caiu, Diário de Santa Maria.
- [2] ANSYS Meshing User's Guide, Release 15.0, November 2013, acessado em outubro de 2015, <<http://148.204.81.206/Ansys/150/ANSYS%20Meshing%20Users%20Guide.pdf>> .

