

CONSIDERATIONS ABOUT APPROXIMATE AND RIGOROUS METHODS FOR ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BRIDGE DECK

Victória Guimarães Leite

Thiago Bomjardim Porto

guimaraes_victoria@yahoo.com.br

thiago.porto@cefetmg.br

Department of Civil Engineering and Environment- CEFET MG

Raymundo Mattoso Street, 900, CEP 35790-000, Minas Gerais/Curvelo, Brazil

Thiago Pena Bortone

Antônio Ribeiro de Oliveira Neto

Isabella Caroline Vieira Machado

Thiago Fonseca Diniz

thiago.bortone@cefetmg.br

antonioribeiro@cefetmg.br

isabella.machado.eng@gmail.com

thiagojmde@yahoo.com.br

Department of Civil Engineering and Environment- CEFET MG

Raymundo Mattoso Street, 900, CEP 35790-000, Minas Gerais/Curvelo, Brazil

Abstract. This paper presents an evaluation of the approximated methods for the calculation of reinforced concrete bridge deck, considering the available numerical resources. In the past, it was common to use simplifications in the calculation of the constituent elements of the bridge: the superstructure and substructure, on the definition of the internal forces on the ultimate limit state (ULS) and the displacements on the serviceability limit state (SLS). From this trivial analysis, usually analytical, the verification of the parameters of the structure was made. It is known, however, that the simplified structural analysis causes eventual inaccuracy on the internal forces and deflection values of the bridges and viaducts, since it is not considered the real interaction, three-dimensional, between the main constituent elements of the structure: bridge deck, girders, columns, abutments, wing walls and foundation elements. Thus, an oversizing of the inputs is done, for example, consumption of steel and concrete, thus, burdening the project in question. Considering the above, it was intended in this research to make a comparison of the results obtained analytically in a reinforced concrete slab bridge with the results using the tables of Rusch [1] taking into account the moving loads based on Brazilian Technical Standards NBR 7188 [2] and NBR 7187 [3]. The analyzed bridge has two spans and total length of 23.10 m, with central reinforced concrete pier. The abutments are closed and have, each one, two wing walls, simultaneously acting as containment element and columns. For the analysis of the bridge moving load, was considered the standard Brazilian vehicle class TB-450. Finally, after a systematical analysis of results obtained from the analytical and numerical models of the bridge, some considerations are made, especially regarding the use of simplified methods of structural analysis and design.

Keywords: Structural Analysis, Bridge, simplified models, reinforced concrete.

1 Introdução

As Obras de Arte Especiais (OAE's) são estruturas destinadas a garantir a continuidade das vias, sejam elas rodoviárias ou ferroviárias. De acordo com Marchetti [4] o termo ponte deve ser utilizado quando se trata de uma OAE que vence um curso d'água como obstáculo e, caso esse obstáculo seja um vale ou outras vias de transporte, a estrutura é denominada como viaduto.

Este trabalho, tem o intuito de comparar os resultados, em termos de momentos fletores máximos atuantes no tabuleiro de uma ponte em laje, devido à carga móvel nas direções longitudinal e transversal, considerando para tal, uma abordagem simplificada e uma solução baseada na teoria da elasticidade.

2 Descrição da estrutura

Para esse trabalho, a estrutura analisada foi uma ponte em laje, no Município de Curvelo-MG, com dois vãos e comprimento total de 23,10 m e largura total de 9,25 m (Figs.1, 2 e 3). Nas extremidades da OAE a superestrutura é apoiada em encontros de concreto armado que também tem a função de contenção dos aterros de encabeçamento da ponte. Também existe um apoio central, sob a forma de uma pilar parede, que garante o suporte da superestrutura. A superestrutura é constituída de duas lajes de concreto armado, sem continuidade longitudinal, apoiadas em cada um dos encontros e no pilar central. A descontinuidade longitudinal se dá graças a presença de uma junta transversal existente sobre o pilar central.

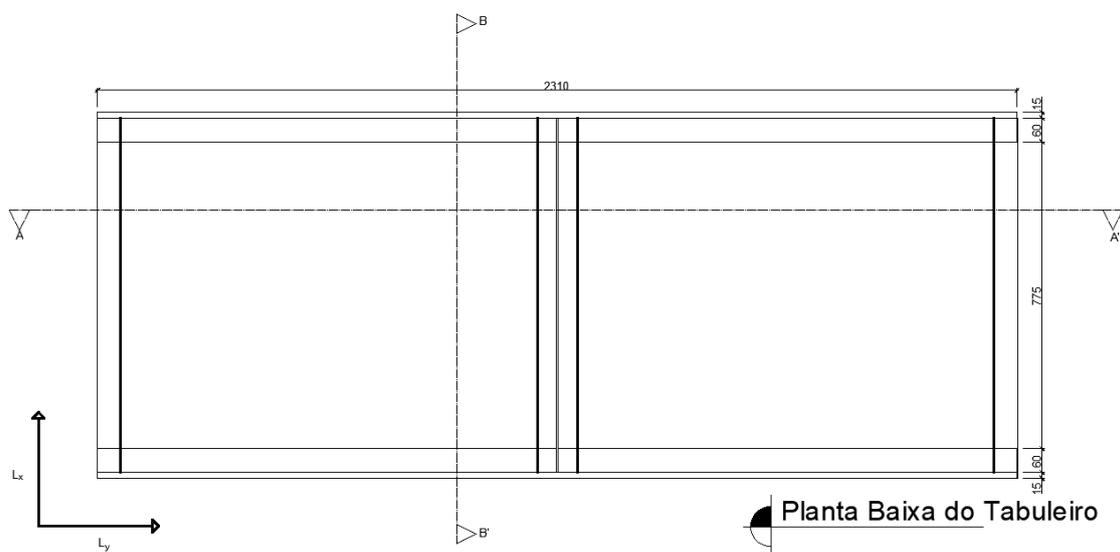


Figura 1. Vista superior da ponte

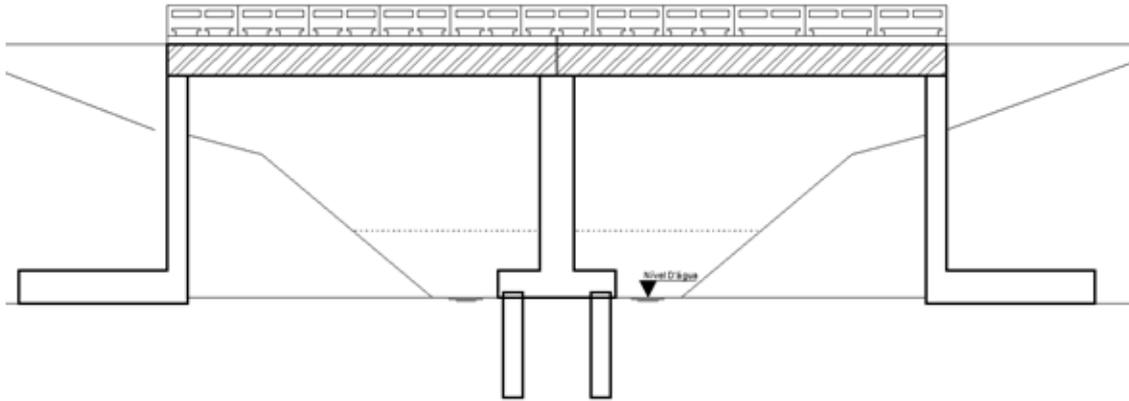


Figura 2. Corte longitudinal A-A

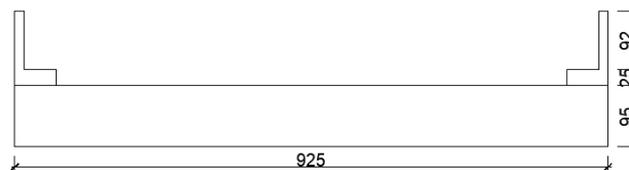


Figura 3. Corte transversal B-B

3 Carga móvel rodoviária

No presente trabalho, foi utilizada a carga móvel rodoviária prescrita pela norma brasileira NBR 7188 [2] e denominada como Trem Tipo Rodoviário Brasileiro – TB 450. O TB 450 é um veículo tipo cujo peso total de 450 kN que possui seis rodas (transmitindo $P=75$ kN cada roda) e que ocupa uma área em planta de 18 m². Tal veículo é circundado por uma carga uniformemente distribuída de 5 kN/m² (p) e a distância entre seus eixos está representada na Fig.4.

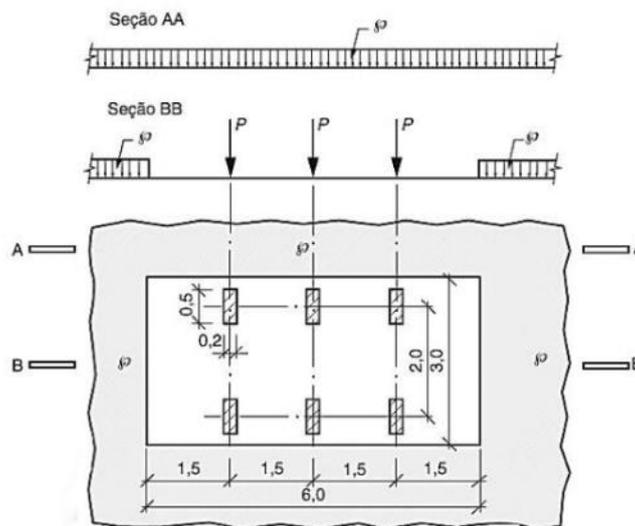


Figura 4. Configuração geométrica e de carregamento do TB 450
Fonte: NBR 7188 [2]

4 Métodos de cálculo

Para obtenção dos esforços solicitantes em estruturas sob ação de carregamentos móveis, como no caso de OAE's, é necessário o correto posicionamento da carga móvel de forma a obter as maiores solicitações possíveis e atender assim todos os Estados Limite Últimos.

Com esse intuito, foi utilizado um método simplificado que considera a estrutura da laje como uma viga e o método clássico utilizando as tabelas de Rusch [1].

4.1 Método simplificado

O método consiste na consideração da estrutura da laje como uma viga de largura igual a 1m e a aplicação da totalidade da carga móvel nesse modelo para avaliação dos momentos fletores máximos. Para direção transversal é utilizada a armadura mínima prescrita pela NBR 6118 [5]. Para a determinação dos valores dos esforços solicitantes foi utilizado o *software* Ftool.

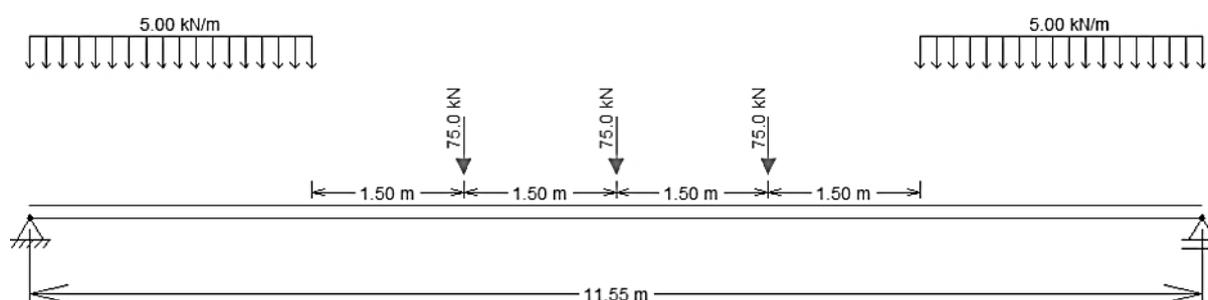


Figura 5. Configuração de carregamento do TB 450 no modelo simplificado

Fonte: Gerado pelo *software* Ftool

4.2 Método clássico

O denominado método clássico utiliza as tabelas de Rusch [1] para obtenção dos esforços máximos em lajes submetidas a uma carregamento móvel com o padrão geométrico semelhante ao prescrito pelas normas brasileiras, sendo possível assim sua utilização.

Neste trabalho foram utilizadas as tabelas relativas às lajes com dois bordos paralelos apoiados e dois bordos paralelos livres o que condiz com o comportamento real da estrutura.

5 Apresentação e análise dos resultados

Após a aplicação dos métodos anteriormente descritos, foram obtidos os momentos fletores solicitantes devido a atuação das cargas móveis na laje da ponte em questão representados nas Tabs.1 e 2 a seguir.

Tabela 1. Momentos fletores no sentido longitudinal devido à carga móvel

Método de cálculo	Nomenclatura	Valor (kN.m/m)
Simplificado	-	556,4
Clássico (centro da laje)	Mxm	246,0
Clássico (bordo livre)	Mxr	322,7

Como se pode observar, Figura 6, o método clássico, para o sentido longitudinal, conduz a resultados de momentos fletores devido à cargas móveis da ordem de 42% menores do que o obtido pelo método simplificado.

Tabela 2. Momentos fletores no sentido transversal devido à carga móvel

Método de cálculo	Nomenclatura	Valor (kN.m/m)
Simplificado	-	-
Clássico (centro da laje)	Mym	59,8

Outra grande diferença se mostra no sentido transversal onde, no método aproximado, não há a determinação do momento fletor solicitante visto que o modelo é unidimensional (viga). Já no método clássico é possível quantificar esse momento fletor.

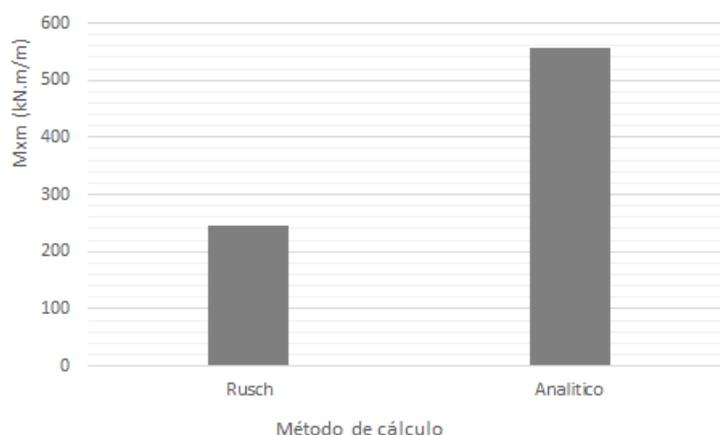


Figura 6. Gráfico Momento longitudinal (principal) x modelo estudado

6 Conclusões

Este trabalho teve o intuito de realizar uma comparação e análise dos resultados da obtenção dos momentos fletores atuantes devido às cargas móveis em uma ponte em laje de concreto armado por meio da aplicação de um método simplificado e de um método clássico. Após a obtenção dos resultados chega-se à conclusão que a utilização da metodologia simplificada, nesse caso estudado, conduz a um superdimensionamento da estrutura no que diz respeito à armadura longitudinal de flexão e deve ser utilizado em casos de pré-dimensionamento estrutural.

Nos demais casos, deve ser utilizado o método clássico com o emprego das tabelas de Rusch [1] que conduz a valores menores de momentos fletores no sentido longitudinal e permite a avaliação dos momentos no sentido transversal da laje.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao CEFET - MG e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo apoio direto e indireto a esta pesquisa.

References

- [1] H. Rusch. *Fahrbahnplatten von Strassenbrucken*. Verlag Von Wilhem Ernst & Sohn, 1956.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 7188: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro, 2013.
- [3] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 7187: Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- [4] O. Marchetti. *Pontes de concreto armado*. 3.reimpr. São Paulo - SP: Blucher, 2013.
- [5] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto armado – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.