

AVALIAÇÃO NUMÉRICA DA FLAMBAGEM LATERAL COM TORÇÃO EM VIGAS ALVEOLARES PADRÃO ANGELINA

Adriano Silva de Carvalho (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Alexandre Rossi (UFU),
Carlos Humberto Martins (Orientador), e-mail: adriano.ce7@gmail.com.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia.

Engenharia Civil - Estruturas Metálicas

Palavras-chave: Flambagem lateral com torção, análise não linear, método dos elementos finitos.

Resumo:

Não há estudos conclusivos na literatura acerca da flambagem lateral com torção em vigas alveolares com aberturas em padrão senoidal. Devido a este fato buscou-se por meio deste trabalho avaliar as condições de cálculo para o momento crítico elástico e para a capacidade resistente a FLT deste tipo de estrutura. Para tanto foram realizadas diversas análises através do método dos elementos finitos e comparadas a procedimentos analíticos, resultando em dados que permitiram a análise e compreensão da FLT em vigas desta natureza.

Introdução

Extensas pesquisas numéricas e experimentais vêm sendo realizadas buscando o entendimento de vigas alveolares com diversas geometrias de abertura e muitos resultados podem ser encontrados na literatura. No entanto, ainda existem poucos trabalhos que abordam as vigas alveolares com aberturas em padrão senoidal, as quais recebem o nome comercial de vigas AngelinaTM. Essa carência, ocorre sobretudo em relação a flambagem lateral com torção (FLT), um fenômeno ainda não totalmente estudado em vigas com aberturas na alma em padrão senoidal, visto que as poucas pesquisas sobre vigas com este padrão de abertura, tratam majoritariamente de instabilidades locais.

Tendo em vista estes pontos, pretende-se por meio dos resultados a serem expostos neste trabalho, investigar o comportamento das vigas de abertura senoidal, no que diz respeito exclusivamente a FLT. Assim, busca-se suprir as lacunas nos trabalhos anteriores, analisando um modo de falha global, considerando diversas condições de carregamento. Busca-se ainda, analisar os diversos métodos de cálculo das propriedades geométricas da seção transversal e seus efeitos na determinação do momento crítico elástico, bem como, comparar as soluções numéricas obtidas aos procedimentos analíticos disponíveis nas normas e na literatura para a determinação da

carga última da estrutura. Para isso foi conduzido um extenso estudo paramétrico por meio de modelagem numérica através do software ABAQUS, avaliando uma série de perfis em uma ampla variedade de comprimentos, através de análises de estabilidade elástica e análises não lineares físico-geométricas.

Materiais e métodos

As análises numéricas foram realizadas por meio do software ABAQUS, um pacote comercial destinado a análises por elementos finitos. Através deste software é possível a realização de análises de estabilidade elástica, bem como de análises não lineares inelásticas. A análise de estabilidade elástica foi realizada por meio do método de perturbação linear *buckle*, no qual é possível estimar a carga crítica de flambagem (ponto de bifurcação) através da obtenção de autovalores e autovetores. Para a realização da análise não linear inelástica foram consideradas as imperfeições iniciais do modelo. As imperfeições físicas foram representadas pelo uso de tensões residuais, as quais foram aplicadas em sets de elementos previamente definidos. Já as imperfeições geométricas foram representadas utilizando a normalização da deformada apresentada na análise de estabilidade elástica em $L/1000$, sendo este o modelo inicial para a análise de pós flambagem.

Para se verificar as condições adotadas no modelo numérico, foram efetuados alguns estudos de sensibilidade em conjunto com a calibração do modelo. Para a realização destes estudos foram utilizados os ensaios experimentais executados por (DURIF; BOUCHAÏR; VASSART, 2013) e (NSEIR *et al.*, 2012), cujo ensaio experimental é ilustrado na figura 1.

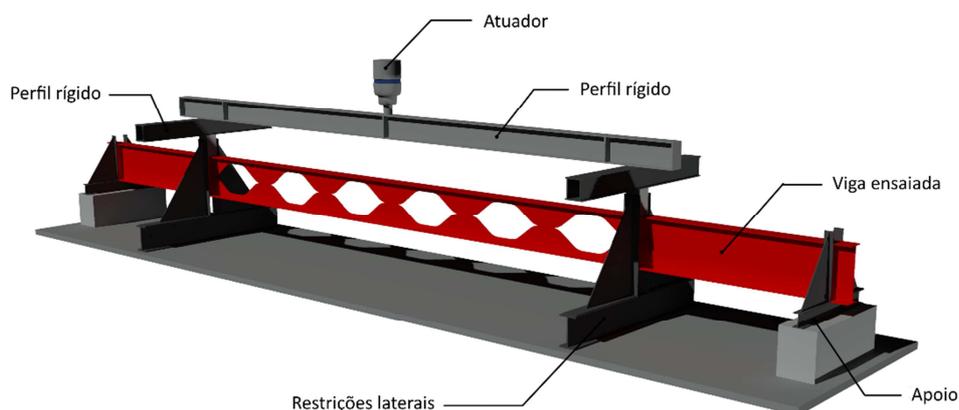


Figura 1 – Esquema do ensaio experimental utilizado na validação.

Resultados e Discussão

Para investigar quantitativamente o fenômeno, os resultados obtidos nos ensaios numéricos foram comparados com diversos métodos para o

cálculo do momento crítico elástico em vigas alveolares. Os resultados obtidos para a condição de momento constante são mostrados na figura 2.

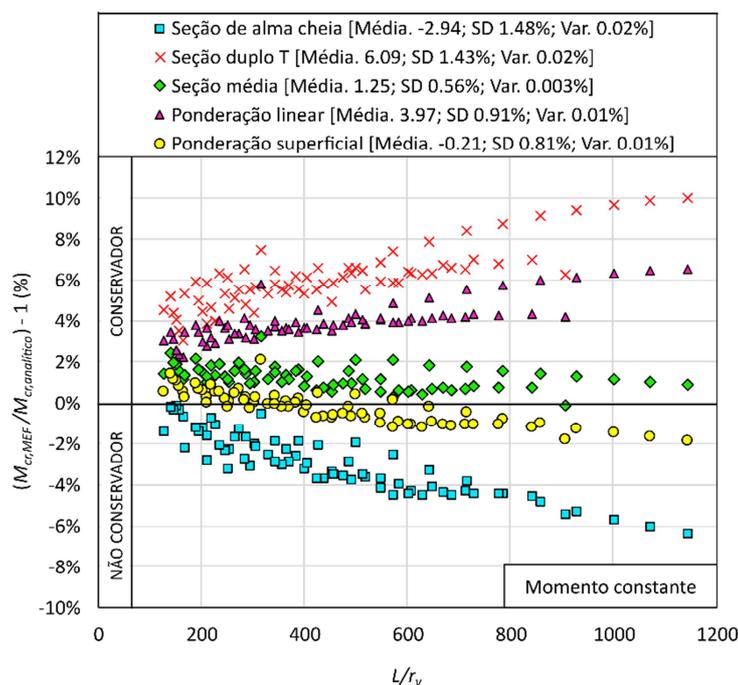


Figura 2 – Resultado da análise de estabilidade elástica para momento constante.

É possível perceber que o cálculo considerando a seção de alma cheia superestima a resistência da estrutura, o que era de se esperar, visto que a presença dos alvéolos diminui a capacidade de carga da mesma. Por outro lado, a consideração das propriedades calculadas no centro da abertura apresentou resultados conservadores em quase todas as situações, especialmente para comprimentos mais longos. A média simples entre as duas situações anteriormente analisadas, trouxe resultados menos conservadores, mas que em sua maioria situam-se acima 1%. A consideração do cálculo por meio da ponderação linear entre a seção cheia e o duplo T subestimou a capacidade de resistência da estrutura na maioria dos casos, especialmente para os maiores comprimentos. Já o cálculo das propriedades através da ponderação superficial apresentou comportamento inverso ao observado na ponderação linear, onde os valores tendem a se tornar não conservadores com o aumento dos comprimentos dos perfis.

Os resultados das análises não lineares físico-geométricas são apresentados na figura 3. É possível perceber que a norma brasileira NBR 8800 resulta em previsões contra a segurança para a capacidade resistente destas vigas. Isto ocorre pois o procedimento de cálculo não considera o posicionamento da carga na seção transversal, tendo coeficientes de correção apenas para a forma do diagrama de momentos fletores. Já as normas internacionais que apresentam esta correção apresentaram valores mais próximos da capacidade resistente obtida pelo método dos elementos finitos.

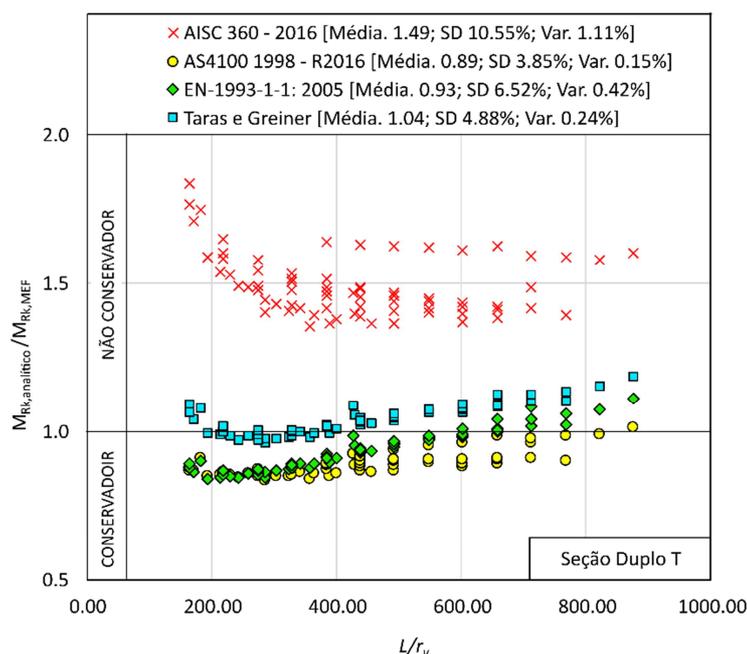


Figura 3 – Resultado da análise não linear inelástica, considerando a seção duplo T.

Conclusões

Este trabalho avaliou o comportamento de vigas alveolares com abertura em padrão senoidal, com relação a instabilidade global por flambagem lateral com torção (FLT). Verificou-se que uma possível alternativa viável para o cálculo das propriedades geométricas da seção transversal é a consideração de um valor médio entre as propriedades no centro da abertura e na seção de alma cheia. Na análise não linear, verificou-se que a norma brasileira de estruturas de aço pode apresentar resultados contra a segurança no caso de aplicação de carregamentos na mesa superior da estrutura.

Agradecimentos

Agradeço ao professor Dr. Carlos Humberto Martins pela oportunidade e aprendizado e a Fundação Araucária pela bolsa concedida.

Referências

DURIF, S.; BOUCHAÏR, A.; VASSART, O. Experimental tests and numerical modeling of cellular beams with sinusoidal openings. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 82, p. 72–87, 2013.

NSEIR, J. et al. Lateral torsional buckling of cellular steel beams. **Structural Stability Research Council Annual Stability Conference 2012**, n. January 2015, p. 484–498, 2012.