

ANÁLISE NUMÉRICA DE VIGAS ALVEOLARES DE AÇO COM ABERTURA CIRCULAR E CASTELADA VIA SOFTWARE ABAQUS

Gustavo Henrique Beffa (PIBIC/FA/UEM), Igor Eduardo da Silva Ribeiro (PIBIC/FA/UEM), Alexandre Rossi (UFU), Adriano Silva de Carvalho (UEM), Carlos Humberto Martins (Orientador). E-mail: gustavohbeffa@gmail.com

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Engenharia Civil – Estruturas

Palavras-chave: Vigas alveolares; Método dos elementos finitos; Instabilidades de vigas.

RESUMO

As vigas alveolares são perfis fabricados a partir do corte e solda longitudinais de perfis de alma cheia, de modo que o perfil final tenha altura maior sem que seja necessário adicionar mais material. Devido a esse aumento, esses perfis possuem maiores rigidez a flexão, o que melhora sua relação resistência-peso de maneira significativa sem elevados custos adicionais. Tendo em vista a importância de se conhecer os efeitos associados a este tipo de estrutura, o presente trabalho buscou realizar análises em vigas alveolares, celulares e casteladas, submetidas a cargas uniformemente distribuídas, por meio de análises numéricas utilizando o método dos elementos finitos através do software Abaqus, além de comparar os resultados obtidos com procedimentos normativos. Foi observado que os procedimentos normativos têm caráter otimista e não foram capazes de prever a ocorrência de flambagem no montante da alma (FMA).

INTRODUÇÃO

Perfis alveolares são formados a partir de um corte longitudinal da alma de um perfil comum, seguindo um desenho específico para formar os diferentes padrões de aberturas, com posterior deslocamento e soldagem de forma a aumentar sua altura. Dentre as possibilidades, os alvéolos que foram utilizadas nesse estudo são os de abertura circular, que são chamadas de seções celulares, e as de abertura hexagonais, estas sendo chamadas de seções casteladas (Figura 1).

Os perfis alveolares são mais resistentes em comparação com perfis comuns, visto o aumento significativo da relação entre inércia e peso, além de promover uma utilidade prática, como por exemplo a passagem de tubulação através de seus alvéolos, e promover uma boa estética arquitetônica (Nseir et al., 2012).

Vigas apoiadas submetidas à momento fletor devem considerar em seu cálculo três tipos de instabilidades, sendo elas: a flambagem lateral com torção (FLT), a flambagem local da mesa comprimida (FLM), a flambagem local da alma (FLA) e a flambagem do montante da alma (FMA). Este último, por sua vez, é caracterizado

pela instabilidade na região entre alvéolos devido ao mecanismo de Vierendeel quando a alma se encontra submetida a esforços de compressão vertical (Panedpojaman; Tchepchatri; Limkatanyu, 2014).

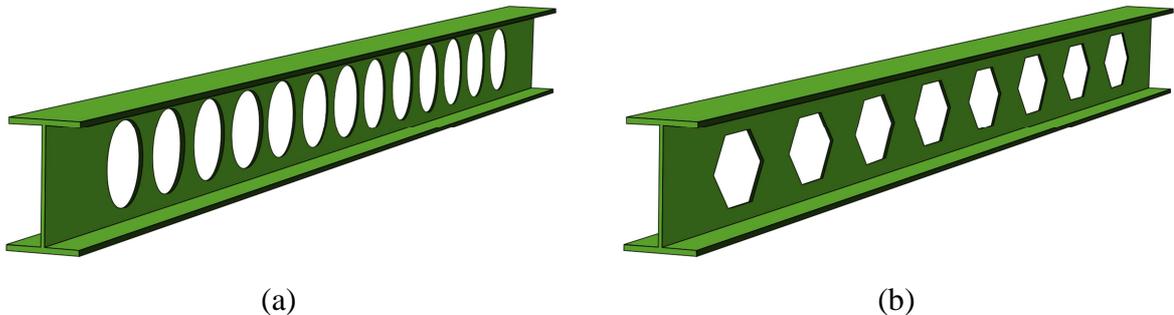


Figura 1 – Perfis de seções celulares (a) e casteladas (b)

MATERIAIS E MÉTODOS

As análises foram realizadas por meio da utilização do software de análise por elementos finitos ABAQUS, em sua versão 6.14, utilizando o método Static Ricks, onde foram obtidas as cargas últimas dos elementos. Para as análises foram consideradas as seguintes características:

I – Malha dos elementos do tipo casca, com utilização de elementos S3 e S4R, com tamanho médio de 10 mm.

II - Nas análises não lineares foi considerada uma imperfeição geométrica equivalente a $L/1000$, sendo L o comprimento destravado do perfil. Além disso foram inseridas tensões residuais através do modelo de Sonck, Van Impe e Belis (2014).

III - Nas análises foi utilizado um carregamento uniformemente distribuído com vinculações do tipo garfo.

IV - O aço utilizado foi o S355, que possui tensão de escoamento de 355 MPa e o módulo de elasticidade adotado foi de 200 GPa. O diagrama tensão-deformação utilizado foi o elasto-plástico perfeito.

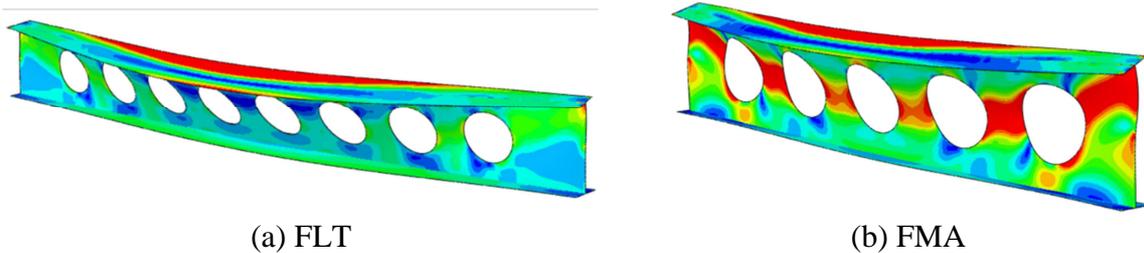
V- Os resultados obtidos foram então comparados com procedimentos analíticos descritos nas normas NBR 8800:2008 e EN 1993-1-1:2005.

Análise paramétrica

Para análise da influência de parâmetros, foram escolhidos para análise os perfis de classe IPE, dês do IPE 160, até o IPE 600, passando por todas as classes intermediárias. Foram analisados comprimentos de 4, 6, 8, 10 e 12 metros, sendo que para cada comprimento foram feitas variações no tamanho da abertura do alvéolo, fazendo uma variação da relação entre a altura do alvéolo (a) e a altura do perfil original (d_0) de 0,8, 0,9, 1,0, e 1,1. Com o estudo paramétrico em questão foram realizadas um total de 560 análise, sendo 280 em perfis celulares e 280 em perfis castelados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com as análises, foi percebido que a instabilidade predominante na maioria dos casos foi a flambagem lateral com torção, com exceção de perfis cuja esbeltezes globais eram menores que 150, onde passou a ocorrer um efeito combinado de FLT (Figura 2a) e FMA (Figura 2b).



(a) FLT (b) FMA
Figura 2 – Relações de momentos últimos analíticos e numéricos

A Figura 3 mostra a relação entre o momento último analítico e o momento último obtido pelo método dos elementos finitos para perfis celulares (Figura 3a) e perfis castelados (Figura 3b). É notório que ambas as normas possuem caráter otimista, sendo que a norma europeia se aproxima mais dos resultados numéricos.

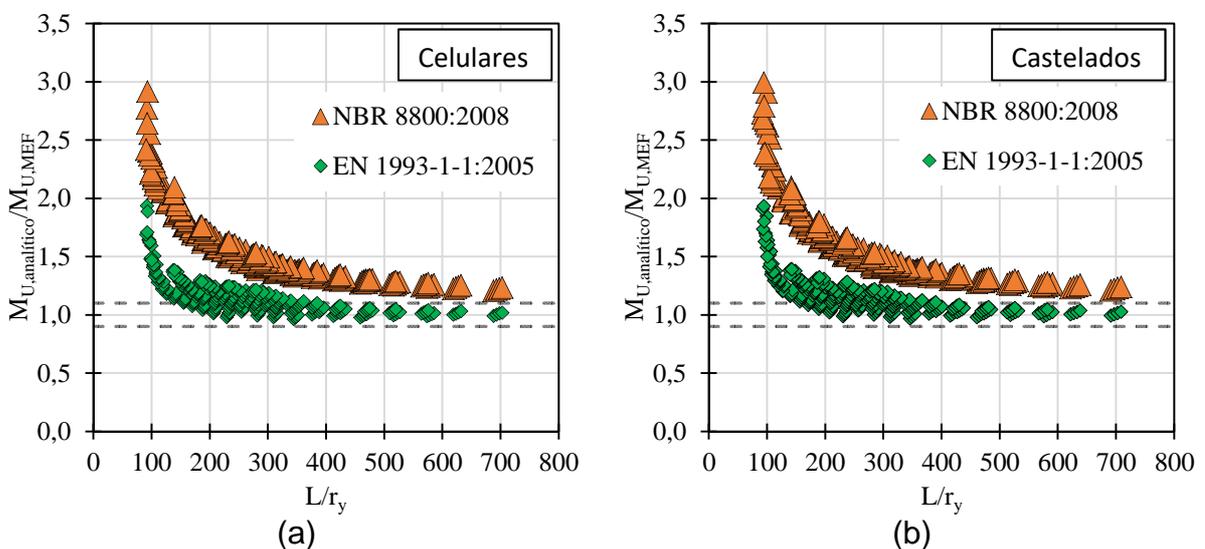


Figura 3 – Relações de momentos últimos analíticos e numéricos

Outro fato observado é que ambas as normas não foram capazes de prever o acontecimento de FMA, que provocou aumentos consideráveis no erro entre o analítico e o numérico. Porém a Eurocode 3 se demonstrou muito eficaz nos resultados para maiores esbeltezes, cujas cargas últimas são muito próximas ou iguais ao momento crítico elástico.

CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou avaliar o comportamento de vigas celulares e casteladas submetidas a flexão pura por meio de cargas uniformemente distribuídas e verificar a eficácia de procedimentos normativos para cálculo de momento último destes perfis. Verificou-se que as normas brasileiras e europeias tendem a apresentar um caráter otimista em relação ao momento último, porém a norma europeia consegue prever com boa precisão em perfis de grande esbeltez. Percebeu-se também que ambos os procedimentos não são capazes de prever o acontecimento de FMA, o que traz um caráter desfavorável a segurança de perfis menores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Araucária (FA) pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8800. Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios, standard.

EN 1993-1-1:2005. Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings. 2005.

NSEIR, J. et al. Lateral torsional buckling of cellular steel beams. In: **Proceedings of the Annual Stability Conference Structural Stability Research Council**. 2012. p. 18-21.

PANEDPOJAMAN, P.; THEPCHATRI, T.; LIMKATANYU, S. Novel design equations for shear strength of local web-post buckling in cellular beams. **Thin-Walled Structures**, v. 76, p. 92–104, 2014.

SONCK, D.; VAN IMPE, R.; BELIS, J. Experimental investigation of residual stresses in steel cellular and castellated members. **Construction and Building Materials**, v. 54, p. 512–519, 2014.