

MODELO QUALITATIVO DO COMPORTAMENTO DA ESTABILIDADE LATERAL DE TRELIÇAS PLANAS

Zacarias M. Chamberlain Pravia, D.Sc. – zacarias@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Curso de Engenharia Civil

Campus I Bairro São José, C.P. 617

99001-970 – Passo Fundo – Rio Grande do Sul

Gilnei Artur Drehmer – gilnei@upf.br

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Curso de Engenharia Civil

Campus I Bairro São José, C.P. 617

99001-970 – Passo Fundo – Rio Grande do Sul

Alessandro F. Della Vechia – Dellavechia@pop.com.br

Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Curso de Engenharia Civil

Campus I Bairro São José, C.P. 617

99001-970 – Passo Fundo – Rio Grande do Sul

Resumo: *O ensino dos conteúdos das disciplinas na área de estruturas, seja nos cursos de Engenharia Civil ou Arquitetura, apresenta-se como um grande desafio para o educador devido ao nível de abstração envolvido nos conceitos dessa área. Uma solução, já validada e amplamente usada em várias escolas de engenharia, é o uso de modelos qualitativos, que representam o comportamento de elementos e conexões de sistemas estruturais. Tais modelos podem ser considerados como ferramentas pedagógicas efetivas que produzem excelentes resultados na aprendizagem e fixação dos conceitos teóricos. O objeto deste trabalho é apresentar um modelo de uma treliça plana reduzida construída com seções de alumínio e os ensaios que podem ser desenvolvidos para mostrar os problemas de estabilidade lateral, assim como o funcionamento dos sistemas de travamento. As influências positivas, na aprendizagem, do uso deste modelo na compreensão dos fenômenos de estabilidade lateral são discutidos e comentados. Na construção dos modelos, usou-se material de baixo custo, objetivo permanente no desenvolvimento de diversos modelos no Laboratório de Ensaios em Sistemas Estruturais – LESE - permitindo que, qualquer escola de engenharia com disciplinas na área de estruturas possa reproduzi-los e aproveitar as vantagens que trazem para o desempenho da aprendizagem.*

Palavras-chave: *Modelos qualitativos, Estabilidade lateral, Estrutura Metálica*

Sub-Tema: Novas tecnologias e Metodologias no Ensino de Engenharia.

1. INTRODUÇÃO

Sendo a referência nacional mais importante SANTOS(1983) publicou na sua dissertação de mestrado 50 modelos físicos qualitativos, nessa direção o Laboratório de Ensaios em Sistemas Estruturais – LESE (PRAVIA, 2003) vem desenvolvendo diversos modelos para permitir a avaliação visual e compreensão dos fenômenos de estabilidade das estruturas,

alguns desses modelos foram apresentados por (PRAVIA, BORDIGNON,2000) e (PRAVIA, ORLANDO, 2001).

O objeto deste trabalho é apresentar um novo modelo que representa a flambagem lateral que acontece em estruturas de treliças planas desenvolvido pelo primeiro autor e já testado em diversas aulas expositivas no curso de Engenharia Civil e de Engenharia Mecânica nas disciplinas de estruturas metálicas.

Sempre mantendo na construção desse tipo de modelos qualitativos a facilidade de construção e o baixo custo, permitindo que qualquer escola de engenharia possa reproduzi-los e aproveitar as vantagens que fornecem para o ensino de estabilidade das estruturas.

2. ESTABILIDADE LATERAL DE TRELIÇAS PLANAS

Em estruturas de coberturas são amplamente usadas, especialmente em estruturas metálicas, sistemas de treliças, tais tipo de configurações possuem problemas em relação a estabilidade lateral, tal como apresentado por (PRAVIA, ORLANDO, 2002), estes autores analisaram a importância do sistema de travamento para a composição estável espacial do conjunto estrutural. A própria NBR8800(1986) no seu anexo H, afirma que para treliças planas o comprimento efetivo de flambagem de barras de treliças fora do plano da treliça, com todas as cordas contidas fora do plano de treliça, vale 1,0. A configuração deformada de flambagem lateral apresenta-se tal como mostrado na Figura 1.

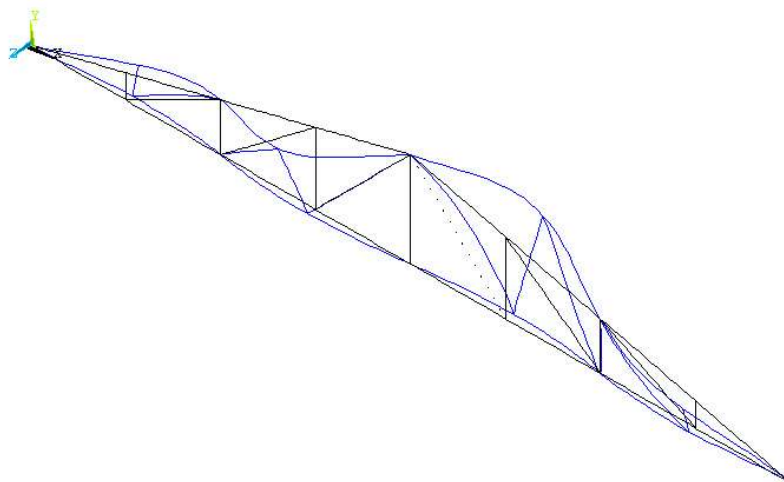


Figura 1 – Modo de flambagem obtido numericamente para treliça de cobertura (PRAVIA&ORLANDO,2002).

Observa-se na Figura 1 que as cordas apenas estão travadas a cada dois nós no banzo superior. É interessante notar que este tipo de explanação parece não ser muito convincente quando exposta para os alunos de cursos de graduação, e ainda até para engenheiros em cursos de especialização de estruturas.

A análise numérica envolvida na disposição de restrições para impedir a flambagem fora do plano não é simples, e é difícil de se ensinar ferramentas numéricas desse tipo para cursos de graduação, por tanto resta mostrar o fenômeno qualitativo para permitir que esse conceito seja compreendido e devidamente aplicado na prática profissional sem necessidade de análises numéricas elaboradas.

3. O MODELO E SUA CONSTRUÇÃO

A treliça foi construída com perfis do tipo cantoneira em alumínio com aba de $\frac{1}{2}$ "(12,7mm) e espessura de 1,67mm, perfis estes que podem ser facilmente encontrados em lojas de ferragens.

Um desenho do modelo com suas dimensões esta exposto em detalhes na Figura 2.

As uniões foram devidamente alinhadas para que os pontos de trabalho da estrutura coincidisse, evitando assim excentricidades indesejadas – aspecto este que deve ser comentado de quando realizado o experimento para os alunos. Por ultimo, as uniões foram executadas com rebites de alumínio, aos pares para assegurar um certa rigidez na união dos nós da treliça (vide Figura 3).

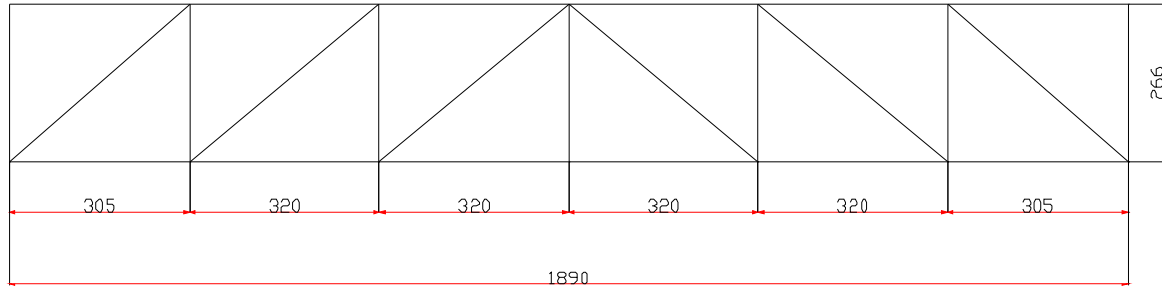


Figura 2 – Esquema detalhado do modelo de treliça (unidades em mm)



Figura 3 – Detalhe das uniões da treliça de alumínio

4. A MONTAGEM E REALIZAÇÃO DO ENSAIO

A treliça plana construída em alumínio e disposta em dois apoios simples e originalmente não é restringida, para mostrar que todo o banzo superior forma uma curva de meio seno, ou seja mostrando que o comprimento do banzo superior é todo o comprimento da treliça. Num segundo instante alguns nós superiores são fixados com arames a dois barrotes de madeira de 45mmx45mm (vide Figura 4), permitindo que a cada fixação possa ser comprovada a recomendação apresentada na NBR8800(1986) em relação ao comprimento efetivo de flambagem citada no item 2 deste trabalho.



Figura 4 – Montagem geral do ensaio

A força foi aplicada no nó central da treliça através de um macaco hidráulico com capacidade de 250kN, porém a carga necessária para levar a diante é bem pequena e qualquer macaco hidráulico de uso mecânico para automóveis pode ser utilizado. As peças de madeira apenas servem como ancoras dos arames fixados aos nós da treliça apenas para observar o funcionamento dos travamentos a medida que vão sendo dispostos (vide Figura 6).

Observa-se na Figura 5 que quando apenas o próprio ponto de aplicação da carga é o único ponto de travamento do banzo superior, aparece uma forma de seno, mostrando que comprimento efetivo de flambagem do banzo superior vale a metade do comprimento da treliça.

É interessante ressaltar que a medida que vão sendo aumentados os nós fixados em relação ao plano da treliça, os alunos percebem a verdadeira importância da disposição de contraventos em estruturas metálicas. Além disso comprova-se o caráter elástico e geométrico da flambagem, pois ao descarregar a estrutura esta volta a sua configuração inicial.



Figura 5 – Modo de flambagem se nenhum travamento



Figura 6 – Modo de flambagem com vários travamentos

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi aqui apresentado um modelo de treliça plana construída com perfis cantoneiras em material alumínio, que permite através de uma montagem adequada observar como funciona a flambagem lateral de treliças planas, e assim mesmo como funcionam os contraventos e os valores adequados de comprimentos efetivos de flambagem.

O uso de este tipo de modelo qualitativo tem permitido uma maior compreensão do comportamento da flambagem lateral em treliças planas, e o que é mais importante, fixar como funcionam os pontos de contraventamentos nesses sistemas, nas disciplinas de estruturas metálicas dos cursos de Engenharia Mecânica e Civil da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo.

Para trabalhos futuros objetiva-se construir treliças a duas águas e conjuntos compostos delas, também em alumínio, para observar a validade dos travamentos, assim como a validade das análises numéricas.

O desenvolvimento de modelos qualitativos apresenta-se como uma ferramenta pedagógica excelente, até porque “os modelos virtuais de computador” são excelentes, porém começam a ficar apenas no âmbito da ficção científica, criando a necessidade da retomada dos ensaios experimentais destrutivos e de modelos qualitativos para aprimorar a qualidade dos engenheiros formados nas escolas de engenharia Brasileiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: Projeto e Execução de estruturas de aço de edifícios, ABNT, Rio de Janeiro, 1986.

PRAVIA, Zacarias Martin Chamberlain. Modelos Reduzidos para o Ensino de Estruturas. In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 1995, Recife, UFPE, 1995.

PRAVIA, Z.M.C., BORDIGNON, R. Modelos intuitivos para ensino de estabilidade de estruturas. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2000, Ouro Preto, UFOP, 2000.

PRAVIA, Z.M.C., ORLANDO, D. Modelos qualitativos de treliças planas: construção e aplicação no ensino de análise e comportamento estrutural. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2001, Porto Alegre, PUC-RS, 2001.

PRAVIA, Z.M.C., ORLANDO, D. Avaliação da influencia dos contraventos em estruturas de coberturas constituídas por sistemas de treliças planas. In XXX Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 2002, Brasília, UNB, 2002.

PRAVIA, Z.M.C. A construção permanente do Laboratório de Ensaio em Sistemas Estruturais (LESE) da Universidade de Passo Fundo. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2003, Rio de Janeiro, IME, 2003.

SANTOS, J.A. **Sobre a concepção o projeto, a execução e a utilização de modelos físicos qualitativos na engenharia de estruturas.** 1983. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

A QUALITATIVE MODEL TO SIMULATE THE BEHAVIOUR OF LATERAL STABILITY OF PLANE TRUSSES

Abstract: *The teaching of the contents of the disciplines in the area of structures, in the courses of Civil Engineering or Architecture comes a great challenge for the educator due to the abstraction level involved in the concepts of that area. A solution already validated and thoroughly used at several engineering schools, is the use of qualitative models, which represent the behaviour of elements and connections of structural systems. Such models can be considered as effective pedagogic tools that produce excellent results in the learning and fixation of the theoretical concepts. The object of this work is to present a model of a reduced*

plane truss built with sections of aluminium and the experiences that can be developed to show the problems of lateral stability, as well as the application of bracing systems. The positive influences, in the learning, of the use of this model in the understanding of the phenomena of lateral stability are discussed and commented. In the construction of the models, material of low cost, permanent objective in the development of several models was used at the Laboratory of Research in Structural Systems -LESE- allowing that, any engineering school with disciplines in the area of structures can reproduce the model and to take advantage for the learning.

Key-words: *Qualitative Models, Lateral Stability, Steel Structures*