

**VIII ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA
UBERLÂNDIA - JULHO DE 2002**

MODELAGEM DE PÓRTICOS PLANOS COM LIGAÇÕES SEMI-RÍGIDAS

Cláudia L. Oliveira Santana (claudia.santana@agr.unicamp.br)

Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola

Nilson Tadeu Mascia (nilson@fec.unicamp.br)

Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Civil

RESUMO: Usualmente, as estruturas são calculadas segundo a hipótese de nós rígidos ou nós articulados. Entretanto, investigações experimentais têm evidenciado a influência da rigidez das ligações no comportamento de estruturas de madeira, resultando inclusive em não-linearidade. O Eurocode 5, a norma européia para o projeto de estruturas de madeira, bastante utilizado como referência nas pesquisas científicas, considera esta influência, e estabelece disposições para o cálculo da rigidez rotacional de ligações submetidas a esforços combinados e para sua classificação em rígida, semi-rígida ou articulada. Porém, a caracterização das propriedades da rigidez de ligações é apenas um dos aspectos do cálculo de estruturas com ligações semi-rígidas. Outro aspecto é o modelo teórico empregado para o cálculo estrutural. Modelos para o cálculo de pórticos planos com ligações semi-rígidas têm sido desenvolvidos desde a década de 30 aproximadamente. Existem basicamente duas abordagens, ambas baseadas no procedimento de análise matricial. Uma que consiste na modificação do elemento de barra através da construção de uma associação de molas e elemento de barra, e outra que consiste na definição de elementos de ligação independentes dos elementos de barra. Neste trabalho, apresenta-se uma revisão desses dois tipos de abordagem e apresenta-se a formulação de um modelo baseado na segunda abordagem. Apresenta-se ainda um exemplo ilustrativo de cálculo. Esse modelo pode aplicar-se também a estruturas de madeira laminada colada. Assim, espera-se que este trabalho traga uma contribuição à investigação da influência das ligações em estruturas de madeira, principalmente de grande porte.

Palavras chave: análise estrutural, pórticos, ligações semi-rígidas, madeira laminada colada

ABSTRACT: Usually, the design of framed structures assumes or completely rigid or completely pinned connections. However, experimental investigations in the scientific field have shown the influence of the connection stiffness on the behavior of wooden structures, sometimes leading to non linearities. The Eurocode 5, the european code for the design of wooden structures, commonly used as reference in scientific research, considers that influence and provides a method for the estimation of the rotational stiffness of connections and also for its classification as rigid, semi-rigid or pinned. Nevertheless, the characterization of the stiffness behavior of connections is only one of the aspects involved in the design of structures with semi-rigid connections. Other important aspect is the theoretical model for the structural analysis. Methods for the design of framed structures with semi-rigid connections have been developed since nearly the 30's years. Two basic approach, both based on the matricial process, may be outlined. One based on the modification of the bar element by constructing a serial association of rotational springs and bars, and other based on the construction of an independent connection element with its own stiffness matrix. In this work we present the aspects of both formulations and proposing the use of the second one as the most advantageous. We also present an illustrative example. The presented model may also be applied to glued laminated timber. We expect that this work contribute to the best understanding of the structural behavior with semi-rigid connections.

Key words: structural analysis, framed structures, semi-rigid connections, glued laminated timber

1. INTRODUÇÃO

Segundo o processo de análise matricial comumente utilizado, as estruturas são dimensionadas ou com a hipótese de nós rígidos ou com a hipótese de nós articulados.

No entanto, as estruturas reticuladas com ligações mecânicas comportam-se de forma intermediária entre estruturas com nós rígidos e nós articulados, devido às deformações das ligações. Além disso, o comportamento não linear das ligações implica no comportamento não linear da estrutura. Na área de estruturas reticuladas muitos trabalhos nesse sentido têm sido apresentados em congressos nacionais e internacionais da área de estruturas de madeira.

A evolução de modelos matemáticos para estruturas com ligações semi-rígidas parece ter acompanhado a evolução da teoria da análise estrutural. De acordo com LI, CHOO e NETHERCOT (1995), os primeiros modelos datam da década de 30, anteriores ao desenvolvimento do processo dos deslocamentos e da análise matricial. Nas décadas seguintes, com o surgimento dos processadores, a análise estrutural foi bastante facilitada, tendo sido desenvolvida a análise matricial. Já em 1963, de acordo com os mesmos autores, o efeito das ligações semi-rígidas foi inserido no procedimento da análise matricial. Paralelamente, foram sendo desenvolvidos métodos de caracterização do comportamento da ligação semi-rígida em si, necessária para a modelagem de estruturas com ligações semi-rígidas.

De acordo com o que apresenta LI, CHOO and NETHERCOT (1995), duas formas básicas de modelagem de estruturas com ligações semi-rígidas podem ser empregadas. A primeira consiste na modificação a matriz de rigidez dos elementos de barra da estrutura e outra que atribui para cada ligação uma matriz de rigidez própria, tendo sido esta última apresentada pelos autores como sendo uma forma muito prática de análise estrutural.

O objetivo do presente trabalho é apresentar os aspectos da modelagem de estruturas reticuladas com ligações semi-rígidas e assim contribuir para o melhor entendimento de seu comportamento. Neste trabalho, as duas formas básicas de modelagem de estrutura descritas acima são revistas, no entanto, propõe-se a utilização da segunda forma. Procura-se apresentar os conceitos envolvidos, apresentando-se ainda um exemplo de aplicação.

Este método apresenta como vantagem a possibilidade de manutenção da matriz de rigidez original dos elementos de barra e assim facilitar o trabalho computacional, ainda mais no âmbito da investigação da influência da rigidez das ligações no comportamento estrutural.

No Brasil pode-se dizer que a investigação do comportamento das ligações e também da influência desse comportamento nas estruturas encontra-se em pleno desenvolvimento, tendo sido realizados inclusive trabalhos teóricos. A nível mundial, pode-se dizer que o assunto vem sendo investigado há muito mais tempo, porém o assunto está longe de ser esgotado, pois nem em todos os países a influência das ligações é incluída em normas técnicas. Além disso, existe uma grande distância ainda entre a modelagem das ligações e a aplicação na modelagem estrutural, pois embora existam muitas formas de se caracterizar as ligações, poucas investigações resultam em relações voltadas para o projeto de estruturas.