

# COMPORTAMENTO MECÂNICO DE LIGAÇÕES FLEXÍVEIS EM VIGAS MISTAS DE CONCRETO-MADEIRA

Julio Soriano e Nilson Tadeu Mascia

**RESUMO:** O grande potencial das estruturas mistas em concreto-madeira pode ser explorado de modo a racionalizar a utilização desses materiais, utilizando as vantagens estruturais e arquitetônicas intrínsecas em diversas modalidades de construção. A transferência dos esforços de cisalhamento longitudinal entre o concreto e a madeira deve ser assegurado por um sistema de ligação, no qual a relação *força x deslocamento* é de fundamental importância para o estudo do comportamento dos elementos estruturais. Neste sentido, são analisados resultados experimentais que possibilitam, de uma maneira simples quantificar o valor do módulo de deslizamento das ligações. Em relação ao comportamento estrutural de vigas, apresenta-se uma análise experimental de vigas “T” em concreto-madeira submetidas à carga concentrada, verificando a eficiência do sistema de ligação por pregos. Nessa análise, a equação diferencial regente não homogênea de quarta ordem tem como variável dependente o deslocamento vertical.

**Palavras-chave:** estrutura mista, concreto-madeira, pregos, módulo de deslizamento.

## MECHANIC BEHAVIOR OF FLEXIBLE CONNECTIONS IN THE TIMBER-CONCRETE COMPOSITE BEAMS

**ABSTRACT:** The great potential of timber-concrete composite structures can be explored in a way to rationalize the utilization of these materials, using their structural and architectural advantages in many kinds of construction. The transference of the longitudinal shear forces between concrete and timber has to be assured by a connection system, where the *force x displacement* relationship is of fundamental importance for the study of the behavior of the structural elements. In this way, the test results are analyzed which can quantify the value of the slip modulus of the connections in the simple way. In relation to the structural behavior of the beams, we presented an experimental analysis of timber-concrete “T”-beams, subjected to a concentrated load, verifying the connection system efficiency when we used nails. In this analysis, the regent differential equation of the structural model is represented by a non-homogeneous differential equation of fourth order, where the vertical displacement is the dependent variable.

**Keywords:** composite structures, timber-concrete, nails, slip modulus.

## 1 INTRODUÇÃO

As estruturas mistas em concreto-madeira representam soluções de grande importância para as diversas modalidades da construção civil, tais como residências, comércios, indústrias etc, podendo ser utilizadas como painéis de paredes, cobertura e pisos. Também podem ser utilizadas em pontes de pequenos portes, bem como, em passarelas.

O comportamento de seção mista será assegurado pelo sistema de ligação, cuja finalidade é fazer com que os dois materiais trabalhem conjuntamente, tornando possível a transferência de esforços de cisalhamento horizontal, bem como impedir o desprendimento vertical das duas peças. Como descrevem GIRHAMMAR e GOPU (1993) isso é possível mediante emprego de adesivo epóxi na superfície de contato dos materiais, caracterizando um sistema de *ligação rígida*. Pode-se ainda, optar por um sistema de *ligação flexível*, através do qual ocorrerão pequenos deslizamentos horizontais entre os dois materiais, o que é possível mediante emprego de elementos metálicos tais como: pregos, parafusos, anéis de aço e chapas dentadas, conforme apresentado em CECCOTTI (1995).

Do ponto de vista do comportamento estrutural, as ligações rígidas asseguram a existência de apenas uma linha neutra sobre a seção transversal. Por outro lado, nas estruturas mistas com ligações flexíveis haverá dois eixos neutros e, proporcionalmente à flexibilidade da conexão, dar-se-á uma redução do produto de rigidez teórico considerado para a seção plena. Devido a facilidade e o menor custo de instalação de conectores metálicos, tem-se um maior número de pesquisas e aplicações já realizadas de estruturas mistas em concreto-madeira com este tipo de ligação.

O menor peso próprio requerido para uma laje de piso em concreto-madeira, em relação a uma laje de concreto armado, ambas solicitadas ao mesmo carregamento, conforme retratam CAPRETTI e CECCOTTI (1996), tem viabilizado a utilização dessas estruturas mistas. Esse processo construtivo tem sido possível na reforma de pisos de prédios antigos, onde a estrutura de madeira é transformada em estrutura mista, com o aproveitamento parcial da madeira.

Nas pontes, principalmente, aquelas localizadas nas áreas rurais, que geralmente são construídas em madeira, o sistema em concreto-madeira pode oferecer benefícios no sentido de aumentar a capacidade de carregamento, bem como prolongar a vida útil daquelas pontes por propiciar proteção aos efeitos de abrasão e intemperismo SORIANO e MASCIA (1999). Essa técnica construtiva já tem sido adotada, por exemplo nos EUA descreve McCULLOUGH (1943). Também, mais recentemente, na Austrália, onde algumas estruturas de pontes em madeira vêm sendo transformadas em estruturas mistas de concreto-madeira, conforme descrevem YTTRUP e NOLAN (1999).

## 2 OBJETIVOS

- Verificar a eficiência do comportamento mecânico de pregos metálicos 22 x 48 (5,4 mm x 110 mm) como conectores flexíveis em vigas de seções “T” em concreto-madeira. Para alcançar tal finalidade, resultados experimentais de vigas são comparados com um modelo matemático representado por uma equação diferencial não homogênea de 4ª ordem.

## 3 MATERIAIS