

**IX ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA
CUIABÁ – JULHO DE 2004**

**ESTUDO EXPERIMENTAL DE LIGAÇÕES EM MADEIRA UTILIZANDO O
MÉTODO DE MOIRÉ DE SOMBRA**

Mauro Augusto Demarzo (demarzo@fec.unicamp.br), **Eudir Alves Affonso** (eudir@fec.unicamp.br),
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
Inácio Maria Dal Fabbro (inacio@agr.unicamp.br)
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - Faculdade de Engenharia Agrícola

RESUMO: A natureza da conexão e sua geometria frequentemente induzem concentrações de tensões em campos complexos, gerando redistribuições de cargas e seus correspondentes deslocamentos, devidos à interação entre os elementos durante o processo de carregamento. Entre os fatores que colaboram para a complexidade do estudo destacam-se a anisotropia e a assimetria da madeira, a existência de um significativo número de espécies, e a combinação de diferentes materiais na ligação. A análise das deformações de um corpo-de-prova é possível pela medida direta de micro-deformações que ocorrem na conexão. Esta pesquisa mostra uma contribuição da técnica de moiré no estudo de conexões em estruturas de madeira. A palavra francesa moiré refere-se a ondas (franjas) geradas através do movimento relativo entre malhas de retas paralelas de duas telas superpostas. O método de moiré de sombra gera um campo completo de deformações ao contrário da maioria das técnicas tradicionais, as quais fornecem deformações em pontos isolados. No caso, uma malha encontra-se no corpo-de-prova da ligação e a outra é colocada externa a ele, porém, o suficientemente próximo para gerar as franjas quando o corpo-de-prova se deforma. Empregou-se uma câmera digital para capturar estes padrões, cuja imagem foi processada através de adequado software.

Palavras-chave: ligações, madeira, estruturas de madeira, método de moiré de sombra.

**EXPERIMENTAL STUDY OF TIMBER CONNECTION BY USING SHADOW
MOIRÉ METHOD**

ABSTRACT: Connections nature and geometry frequently induce stress concentrations of complex fields, generating redistribution of loads and their corresponding displacements due to elements interactions during loading process. Factors influencing connections study complexity includes wood anisotropy and asymmetry, the existence of a significant number of wood species and finally different combinations of material element. Strain analysis of the loads turn possible by the direct measurement of micro deformations occurring on the element connections. Moiré methods will generate a complete strain field without physical contact and not isolated points as it is seen by similar techniques. Out of plane deformation determination is an important step toward the complete deformation mapping of the structure in particular of the connections. This research work reports a contribution of a moiré technique in studying wooden structure connections. The selected method is name "shadow moiré" which consists in projecting the reference grid onto the object in study and by observing the image of the deformed body through the same grid. This way it is possible to determine out plane deformations generated by applied loads. A digital camera was employed to capture these patterns and a regular slide projector to project the grid and software was employed to process the images.

Keywords: connection, wood, timber structures, shadow moiré method.

1. INTRODUÇÃO

O comportamento das estruturas de madeira está diretamente ligado à eficiência das ligações de seus elementos. A ruptura de uma ligação pode causar o comprometimento da estabilidade de toda estrutura. Vários fatores contribuem para aumentar a complexidade do estudo das ligações e de suas aplicações, dentre os quais pode-se citar o comportamento anisotrópico e assimétrico da madeira, a existência de uma grande variedade de espécies e o fato de que as ligações quase sempre são constituídas por combinações de materiais diversos.

A natureza e geometria das ligações induzem a formação de concentração de tensões de campos complexos, causados pela redistribuição de deslocamentos, deformações e tensões devido à interação dos elementos durante o processo de carregamento. O método de moiré é capaz de gerar um campo completo de deslocamentos sem contato físico, e não somente em pontos isolados, como acontece em técnicas similares. A determinação da deformação fora do plano é um passo importante para o mapeamento completo das deformações das estruturas e, em particular, das ligações. O nome moiré, em francês, refere-se à ondulação brilhante característica da seda, e as franjas (ou padrões) moiré são um fenômeno ótico que desaparece assim que cessa a superposição dos retículos que as originou. Segundo SCIAMMARELLA (1982), os pesquisadores LORD RAYLEIGH (1874), e OSTER et al. (1964) propuseram o uso da técnica de moiré para estudar grades de difração. MULOT (1925) empregou esta técnica para estudar deformações em camadas de mica. TOLLENAR (1945) descobriu que as franjas de moiré serviam para amplificar deslocamentos e proceder à análise de tensões. Estudos recentes tem apresentado métodos conhecidos como técnicas de dupla exposição.

2. ENSAIO EXPERIMENTAL

O método de moiré pode ser empregado para estudar deslocamentos e deformações fora do plano em ligações de madeira com parafusos. O arranjo experimental é mostrado na figura 1.

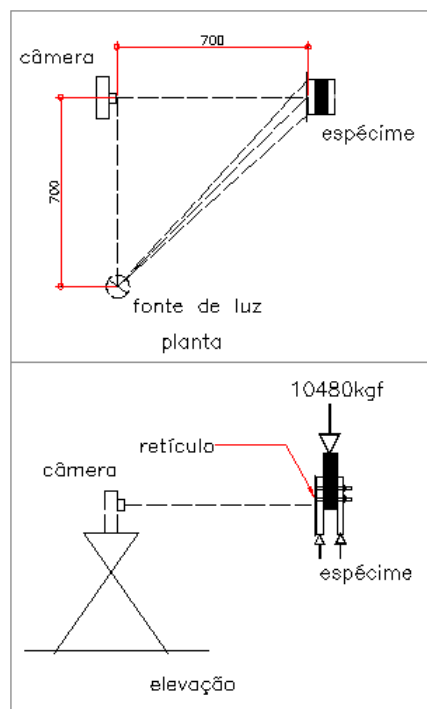


Figura 1 – Arranjo experimental.