



NÓS DE BETÃO ARMADO RESISTENTES A MOMENTOS PARA PÓRTICOS DE MADEIRA LAMELADA COLADA

¹João H. Negrão (jhnegrão@dec.uc.pt), ¹Tiago Gonçalves (tiagogoncalves916@gmail.com),
²Leandro D. Brito (dussarrat@sc.usp.br), ²Gerson M. Lopez (gerson_aml@hotmail.com), ¹Alfredo
Dias (alfgdias@dec.uc.pt), ²Francisco Rocco Lahr (frocco@sc.usp.br), ²Carlito Calil
Júnior(calil@sc.usp.br)

¹Universidade de Coimbra, Portugal

Departamento de Engenharia Civil

²Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos

Departamento de Engenharia de Estruturas

RESUMO: Este trabalho descreve o estudo experimental de uma prótese de betão armado para ligação de canto em pórticos de madeira lamelada colada. As armaduras, em aço de construção corrente, são ancoradas nos elementos de madeira por inserção e colagem com resina epóxida em furos praticados nos topos destes, na direcção do fio. O processo é de realização simples e barata, permitindo uma ligação plana adequada tanto para execução no local como para pré-fabricação e posterior aplicação em obra. Foram produzidos e ensaiados provetes constituídos por troços de viga e pilar de madeira ligados por um nó em micro-betão armado moldado directamente contra as peças. Os provetes foram actuados por uma treliça que permite a aplicação de um estado de flexão quase-pura no nó, a fim de separar os efeitos da flexão dos do esforço transversal e do esforço axial. Os resultados indicam que é possível obter ligações de resistência similar à das peças de madeira ligadas. O estudo experimental é complementado por modelos computacionais reticulados, que permitem melhorar a compreensão do estado de tensão e deformação na zona da ligação.

Palavras Chave: nós de pórticos, madeira, betão, varões colados

MOMENT-RESISTANT REINFORCED CONCRETE CONNECTIONS FOR GLUED LAMINATED TIMBER FRAMES

ABSTRACT: This paper is on the experimental study of a reinforced concrete prothesis for the corner connections of glued laminated timber frames. The reinforcement bars are common construction steel rebars anchored, through insertion in holes and gluing with epoxy resin, in the end grain of the timber elements. The process is simple to execute and affordable and results on a plane connection suited for production either on site or in pre-fabrication for later application. Test specimens were produced, consisting of two perpendicular solid timber elements connected through a reinforced high strength concrete joint cast directly against the timber parts. The specimens were stressed through a lattice girder, allowing the imposition of a quasi-pure bending state, in order to separate the effect of bending from those of shear and of axial stress. The results indicate that it is possible to achieve a joint strength similar to that of the connected cross sections. The experimental study is completed with computational framed models, which will improve the understanding of the stress state and of the deformation in the connection region.

Keywords: frame joints, timber, concrete, glued-in rods

1. INTRODUÇÃO

As ligações constituem o aspecto mais complexo e dispendioso no projecto de estruturas reticuladas de madeira, uma vez que o brusco desvio do fio da madeira nos nós impede a continuidade dos esforços, nomeadamente de flexão. Nos pórticos de betão armado, a betonagem do nó e a correcta disposição das armaduras asseguram uma ligação viga-pilar monolítica. Em construção metálica, o mesmo efeito é conseguido com soldadura dos perfis a ligar. Em pórticos de madeira, não há como assegurar a ligação viga-pilar sem recorrer a conectores, geralmente metálicos, como parafusos de porca, cavilhas, pregos, chapas cravadas, etc., com ou sem chapas de aço internas ou externas, como exemplificado na Figura 1. A transmissão de esforços é feita por acção mecânica sobre a madeira envolvente. Além de caras e difíceis de executar, estas ligações apresentam ainda bastante flexibilidade, visto que se baseiam geralmente na deformação lateral dos conectores e na resistência ao esmagamento localizado da madeira.



Figura 1. Nós com ligações resistentes a momentos com (esq^a) e sem (dir^a) chapa(s) de aço

Alguns investigadores têm proposto ligações de continuidade para este tipo de situação. Van Houtte *et al* (2004) propõem uma solução para pórticos em LVL, consistindo de cavilhas inseridas em furos e coladas com resina epoxy no pilar, e ancoradas a chapas na superfície superior da viga, exercendo assim sobre esta um efeito de alavanca que realiza o momento de continuidade. Nakatani *et al* (2006) desenvolveram uma ligação, para nós de porticos de *glulam*, que utiliza cunhas de ligação inseridas em chapas corrugadas, fixadas à madeira por parafusos de enroscar com uma rosca fina na extremidade da cabeça, para ligação a porcas de ancoragem especiais. Vašek (2008) propõe um sistema com caixas ocas de aço aparafusadas à madeira e embutidas na madeira, junto à face superior da viga, para melhoria do comportamento ao fogo. Noda *et al* (2010) testaram um elemento de ligação em L constituído, na zona de intersecção viga-pilar, por folhas de madeira perpendiculares entre si, intercaladas, impregnadas com resorcinol-formaldeído e prensadas a quente, resultando num nó de grande rigidez, que é depois ligado por entalhes múltiplos à viga e ao pilar. Scheibmar e Quenneville (2012) desenvolveram a ligação Quick Connect, na qual a força de tracção do binário equilibrante no nó é realizada por tirantes de aço alojados em mangas externas de madeira, por sua vez continuamente fixadas à viga e ao pilar. Estes e outros sistemas propostos na bibliografia partilham, em regra, algumas características que se considera serem desvantajosas: a) os elementos de ligação produzem tensões significativas, na direcção perpendicular ao fio, em pelo menos um dos elementos de madeira, geralmente a viga; b) a realização da ligação recorre a peças que devem ser expressamente fabricadas para o efeito e que, por conseguinte, deve ter um elevado custo; c) um dos elementos é interrompido à face do outro, que se prolonga no ou para além do nó, criando uma descontinuidade visual no fio da madeira e/ou deixando visível o topo de uma das peças, que deve ser devidamente protegido da humidade excessiva.

2. NÓS DE CONTINUIDADE EM BETÃO ARMADO

O betão armado é um material amplamente utilizado e com baixo requisito de especialização de mão de obra. O seu custo de produção é baixo e pode facilmente ser