



LIGAÇÕES COM BARRAS DE AÇO ROSQUEADAS COLADAS EM MADEIRA DE MAÇARANDUBA (*Manilkara spp*)

¹DIAS, J. M. S. (jmsantosdias@yahoo.com.br), ²CÉSAR, S. F. (sfcesarpaz@uol.com.br), ³CUNHA, R. D. A. (ritadi@uol.com.br), ⁴SILVEIRA, T. L. C. (telmasilveira@gmail.com), ²WAHRHAFTIG, A. M. (alixa@ig.com.br)

¹Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana

Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia

²Departamento de Construção e Estruturas

Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia

³Núcleo de Tecnologia Projeto e Planejamento

Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia

⁴Mestrado Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial

Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia

RESUMO: As ligações com barras de aço coladas em madeira possuem vantagens em relação às ligações mecânicas: maior eficiência na transferência de esforços, maior durabilidade em ambientes costeiros e estética melhorada. Apesar de serem estudadas há cerca de quarenta anos, não existem formulações numéricas consensuais para a previsão da sua capacidade de carga. O objetivo deste trabalho foi avaliar as influências do comprimento de ancoragem da barra (L), do ângulo de inclinação entre a barra e as fibras da madeira e das rachaduras da madeira na resistência mecânica das ligações (F_{rupt}). Foram realizados ensaios de tração em 48 corpos de prova com madeira de Maçaranduba (*Manilkara spp*), com seção transversal quadrada de 35 mm e barras de aço de médio carbono de diâmetro (d) igual a $\frac{1}{4}$ " coladas com epóxi com valores de L entre $5,0d$ e $22,5d$. Os resultados revelaram que F_{rupt} aumentou não linearmente até valores de L iguais a $20,0d$, F_{rupt} diminuiu com o aumento do ângulo de inclinação entre a barra e as fibras da madeira e as rachaduras da madeira modificaram os modos de ruptura.

Palavras Chave: Estruturas de madeira, ligações coladas, barras rosqueadas, epóxi.

GLUED-IN THREADED STEEL RODS IN MAÇARANDUBA (*Manilkara spp*)

ABSTRACT: Structural timber joints made with glued-in steel rods have many advantages when compared with mechanical joints: better efficiency in load transfer, better durability in coastal areas and improved aesthetics. The development of glued-in rods connections started forty years ago, there are no consensual design formulas. The aim of this paper was to assess the influences of anchorage length, grain-to-bar angle and timber cracks on the pull-out load. Tensile tests were performed in 48 samples made of Maçaranduba (*Manilkara*), 35 mm square cross section, $\frac{1}{4}$ " diameter (d) threaded steel rods glued with epoxy with anchorage lengths between $5,0d$ and $22,5d$. Results showed that pull-out load increased non-linearly until $20,0d$ anchorage length values, mechanical strength reduction was observed due to increasing grain-to-bar angle values and timber cracks affected joints failure modes.

Keywords: Timber structures, bounded joints, threaded rods, epoxy.

1. INTRODUÇÃO

O desempenho mecânico de uma estrutura de madeira é condicionado pelo comportamento mecânico de suas ligações, uma vez que a descontinuidade dos elementos estruturais resulta em concentrações de tensão (Rammer, 2010). Como forma de garantir o melhor desempenho mecânico das estruturas, as ligações com barras de aço coladas em madeira surgem como uma opção válida. Este tipo de conexão estrutural tem sido estudado, desde os anos 70 do século XX, nos países do norte da Europa.

Estas conexões estruturais apresentam alta resistência mecânica, rigidez e eficiência na transferência de esforços entre elementos estruturais (Tlustochowicz *et al.*, 2011). O fato do adesivo e da barra de aço não serem aparentes, permite obter bom comportamento em situação de incêndio (Del Senno *et al.*, 2004), durabilidade em ambientes corrosivos (Dias *et al.*, 2015) e estética melhorada (Ling *et al.*, 2014).

CUSTÓDIO *et al.* (2011) referem que a produção destas ligações possui baixo grau de complexidade, não requer intervenções significativas nos elementos estruturais existentes, demanda pouco tempo de execução, necessita de pouca quantidade de mão de obra e poderá ser realizada *in situ*. STEPINAC *et al.* (2013) acrescentam que a execução destas ligações também poderá ocorrer fora da obra. PIGOZZO (2004) e MOLINA (2008) referem que as ligações com barras coladas acrescentam pouco peso à estrutura e o seu custo de produção é baixo.

O potencial das ligações com barras coladas se reflete na versatilidade de suas utilizações: substituição de elementos estruturais danificados (Fig. 1), prevenção de fissuras em locais com alta concentração de esforços (Fig. 2), treliças espaciais (Fig. 3), ligações entre elementos de estruturas porticadas (Fig. 4), conexões entre elementos de madeira e outros materiais (Fig. 5) e emendas de vigas (Fig. 6).



Figura 1. Substituição de elemento estrutural danificado. Fonte: SCHOBER *et al.* (2015).



Figura 2. Prevenção de fissuras em viga . Fonte: DRASS *et al.* (2014).



Figura 3. Treliças espaciais. Fonte: CHANS *et al.* (2014).

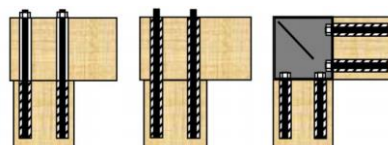


Figura 4. Ligação pilar-viga. Fonte: FRAGIACOMO e BATCHELAR. (2012a).