



## Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira - EBRAMEM 2006

30 de Julho a 02 de Agosto, São Pedro – SP

CEVEMAD/UNESP - IBRAMEM

### **AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ANCORAGEM DE BARRAS DE AÇO COLADAS À 45°, EM VIGAS ROLIÇAS NATURAIS DE *EUCALYPTUS CITRIODORA*, TRATADAS COM CCA**

**Julio César Pigozzo** (jcpigozzo@uem.br)

Universidade Estadual de Maringá – Departamento de Engenharia Civil

**Francisco Antonio Rocco Lahr** (frocco@sc.usp.br)

Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos – SET – LaMEM

**RESUMO:** Com a possibilidade de desenvolver ligações simples, fáceis de executar, resistentes e duráveis, as barras de aço coladas com adesivos estruturais passaram a ser aplicadas em diferentes situações, entre elas, como conectores de cisalhamento para estruturas mistas de madeira e concreto. Nestes conectores, quando as barras de aço são coladas nas posições inclinadas em relação às fibras da madeira, estas trabalham sob forças axiais, transmitindo maior rigidez e resistência. Neste estudo, avaliou-se a resistência de ancoragem das barras de aço coladas, inclinadas de 45° em relação às fibras da madeira, utilizando a resina epóxi Sikadur 32 Fluido. Por meio de uma amostragem aleatória de vigas roliças naturais de *Eucalyptus citriodora*, tratadas com CCA, com seis replicações em cada observação, analisaram-se os efeitos das seguintes variáveis: variabilidade natural das propriedades mecânicas da madeira; variações do diâmetro das barras; variações da superfície de aderência na região de ancoragem e variações da umidade contida na madeira. As barras de aço utilizadas foram barras de alta resistência, com superfícies filetadas (aço CA-50) solicitadas na direção axial sob carregamentos monotônicos, com dois ciclos de cargas consecutivos. Após análises estatísticas os resultados são apresentados e comentados de forma comparativa, apresentam-se valores médios e valores característicos da resistência de ancoragem.

**Palavras chaves:** barras de aço coladas; resistência de ancoragem; conectores de cisalhamento; adesivo epóxi.

### **PULL OUT STRENGTH EVALUATION OF STEEL BARS BONDED-IN TO 45° IN NATURAL ROUND TIMBERS OF *EUCALYPTUS CITRIODORA*, TREATED WITH CCA**

**ABSTRACT:** With the possibility of developing simple connections, which are easy to execute, strong and durable, the bonded-in steel bars with structural resins have started being applied to different situations, among them, as shear connectors in mixed wood-concrete structures. In these connectors, when the steel bars are incline in relation to the wood fibers may work under axial forces transmitting more stiffness and strength to the connection. In this paper the pull out strength of bonded-in steel bars was evaluated, bent 45° in between the rods and the wood fibers, using the epoxy resin Sikadur 32 Fluido. In random sample of natural round timbers of *Eucalyptus citriodora*, treated with CCA, obtaining six replications in each observation and considering the variability of the following effects: natural wood mechanical properties; apparent density; bar diameters; adherence surface and the moisture content. The steel bars used were highly resistant ones, with threaded surface (CA-50 steel) solicited by axial force under monotonic loadings, with two consecutive load cycles. Thereafter statistical analysis, the results are presented and commented in a comparative way, the average values and the characteristic values of pull out strength are presented.

**Keyword:** glued-in rods; anchorage strength; epoxied bars; shear connections.

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de barras de aço coladas em estruturas de madeira teve início com a necessidade de fixar parafusos em determinadas posições sujeitos a ações axiais, laterais ou combinações de ambas. Tais conexões são recomendadas pelo seu excelente desempenho, simplicidade, economia e estética agradável. O uso de barras de aço coladas em furos com diâmetros maiores, representam um método inovador e melhorado de conexões e é um importante aspecto das técnicas da engenharia de madeira para conexões, usando adesivos. A ancoragem de barras de aço com resinas epóxi são econômicas e confiáveis quando bem projetadas e executadas. Embora tenham sido usadas, há mais de vinte anos em alguns países escandinavos e na Alemanha, as exigências de desempenho e regulamentos de projetos diferem entre eles, conforme BAINBRIDGE e METTEM (1999). Atualmente consta na norma EUROCODE 5/93 (Anexo A), algumas recomendações de uso.

O estudo de barras de aço coladas como conectores de cisalhamento em estruturas mistas de madeira e concreto ainda é pouco desenvolvido. No Brasil poucos são os estudos publicados sobre estruturas mista de madeira e concreto, a grande maioria utilizou conectores do tipo: pregos, parafusos ou pinos circulares, perpendiculares à interface dos dois materiais. MATTHIESEN (2001) observa as vantagens da disposição em “X” em relação a posição perpendicular. Os conectores em “X”, solicita as barras de aço axialmente, apresentando rigidez, de duas a dez vezes maiores, comparados aos conectores perpendiculares, dependendo do diâmetro considerado.

Neste trabalho estudam-se as barras de aço coladas com resina epóxi, inclinadas de 45° em relação às fibras, utilizando vigas roliças naturais de Eucalipto citriodora, visando a obtenção de conectores de cisalhamento no formato “X”, como elementos de ligação para estruturas mistas de madeira e concreto. Considerando-se que as barras de aço coladas, no regime elástico, apresentam as mesmas resistências de ancoragem quando tracionadas ou comprimidas, espera-se obter um modelo numérico para obter a resistência média da conexão “X” a partir da soma das componentes tangenciais da resistência de ancoragem das barras isoladas.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As barras coladas são freqüentemente usadas na Europa como elementos de conexão, essa prática tem sido mais limitada à inserção de barras de aço coladas paralelamente às fibras da madeira, em ligações de topo entre peças estruturais ou fixações de colunas em bases de concreto e são relatadas como sistemas de conexões de excelentes comportamentos. Nas peças fletidas as barras de aço são coladas com o maior afastamento possível do centro de gravidade da seção, para maximizar a capacidade de flexão, entretanto esse posicionamento transfere forças como, conexão de pele, concentrando altas tensões em pequenas seções externas da peça de madeira e, em geral, a capacidade da seção transversal não é totalmente utilizada. Variações na posição das barras de aço coladas, inicialmente pesquisadas por TURKOWSKYJ (1991) apud MADSEN (1996), no Instituto Tsniisk, em Moscou, mostraram excelentes resultados. As barras de aço coladas inclinadas em relação às fibras das peças madeiras, são mais eficientes, conseguem transmitir forças em suas direções até o limite da capacidade do aço, transmitem esforços para uma maior região da peça de madeira permitindo melhor distribuição de tensões, são menos vulneráveis a rachaduras da madeira na área da ligação, aumentam a resistência da madeira ao cisalhamento e apresentam excelente comportamento de grupo, todas as barras trabalham simultaneamente permitindo uma ligação de grande resistência e rigidez.