

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE LIGAÇÕES DENTADAS COLADAS ENTRE PEÇAS DE MADEIRA CONHECIDA VULGARMENTE COMO ANGELIM PEDRA

Fábio Henrique Dias de OLIVEIRA¹
João do Nascimento Farias JÚNIOR²
Claudete Catanhede do NASCIMENTO³
Estevão Vicente Cavalcante Monteiro de PAULA⁴

¹Bolsista IC INPA-PAIC/FAPEAM;
²Co-autor; ³Orientadora CBIO/INPA; ⁴Colaborador CBIO/INPA

INTRODUÇÃO

O INCT – Madeiras da Amazônia ao longo desses últimos 3 anos tem estudado vigas de madeiras laminadas coladas com espécies amazônica a despeito dos estudos técnicos e científicos existentes não recomendarem este tipo de elemento estrutural utilizando-se espécies madeireiras de alta densidade. Macedo e Calil Jr (1999).

A madeira laminada colada é considerada uma alternativa estrutural quando comparada à madeira maciça, mas esta está sujeita a ocorrência de defeitos, assim como à escassez de peças de grandes dimensões e a disponibilidade de volumes suficientes, fatores que limitam a seu uso (Serrano 2009).

Apesar disto, tem-se obtido resultados positivos com algumas espécies, destacando-se o Angelim Pedra, além da mesma apresentar grande disponibilidade no mercado amazonense. Ferreira e Hopkins (2004).

Os resultados obtidos nas pesquisas necessitam ainda de mais exatidão considerando a necessidade de entender as diversas variáveis que podem afetar a eficiência das ligações nas vigas. Pesquisas afirmam que dentre as principais características inerentes ao estudo das madeiras, o teor de umidade, densidade, retratilidade, tipo de cola, pressão de colagem, tempo de aplicação da pressão, comprimento dos dentes, são os que apresentam maior relevância físico-mecânica (Macedo e Calil Jr 1999 e Szücs *et al.* 2008).

A ligação entre peças de madeiras podem ocorrer de 4 maneiras diferentes: Simplesmente de topo, biselada/ em diagonal, dentada horizontal/ entalhes múltiplos horizontais e dentada vertical/ entalhes múltiplos verticais, conforme demonstrado na Figura 1:

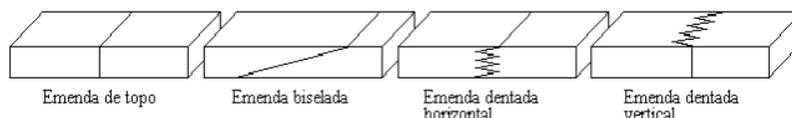


Figura 1. Tipos mais comuns de emendas longitudinais em MLC

As emendas dentadas são as que possibilitam melhores resultados quanto à resistência, além de facilitar a retirada de defeitos da madeira, a aplicação do adesivo e a pressão de colagem, conforme Macedo e Calil Jr. (1999).

Existem muitas informações na literatura a respeito das ligações dentadas, porém se faz necessária uma especificação para as condições às quais são submetidas aqui no Brasil, para ser mais específico e eficaz tomando por base todo aspecto característico madeireiro na região Amazônica. Tal fato direcionou a realização do estudo para uma espécie local de grande demanda no mercado, a *Hymenolobium petraeum* Ducke, conhecida vulgarmente por Angelim Pedra.

A madeira Angelim Pedra é muito durável em relação a fungos apodrecedores, apresentando moderada resistência a brocas marinhas e cupins-de-madeira-seca. Além de ser uma madeira fácil de ser trabalhada, apresentando acabamento de regular a bom na plaina, torno e broca. Oferece comedido facilidade de serrar e aplainar, fácil de pregar, parafusar e permite acabamento satisfatório (IBAMA 1997; SUDAM/IPT 1981).

Nessas condições a pesquisa aqui proposta visa avaliar qual pressão de colagem pode oferecer a melhor condição de resistência para uma ligação colada dentada de Angelim Pedra. Assim será possível desenvolver ainda mais a linha de pesquisa das ligações dentadas embasada na informação de qual pressão é mais eficiente para tal espécie partindo de um conhecimento já desenvolvido cientificamente.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com lâminas de madeira de uma espécie conhecida vulgarmente como Angelim Pedra (*Hymenolobium petraeum* Ducke) que continham 36±1 cm de comprimento (compondo aproximados 72 cm após a colagem) por 13±0,5 cm de largura e 2,6±0,1 cm de espessura e foram ligadas por emenda dentada vertical. Montaram-

se três amostras de ligações em cada nível de pressão. Ao mesmo tempo foram preparadas quatro amostras livres de defeitos com dimensões iguais as das adotadas para fazer as ligações (72±1 cm X 10±0,5 cm X 2,6±0,1 cm).

Todas as mostras tinham teor de umidade de 12% e os dentes das ligações tinham 10±1 mm de comprimento. As ligações foram coladas com o adesivo MUF (à base de melamina, ureia e formol) com 20% de catalisador, pois essa mistura é a mais utilizada pela empresa Portela Wood para colar peças de madeira. Foi esperado 6 dias após a colagem para poder se executar os ensaios. A preparação dos corpos de prova foi realizada na empresa Portela Wood, pois a mesma contém toda infraestrutura adequada para produzir amostras de qualidade.

O experimento foi dividido em duas etapas de ensaios para que possibilitasse uma visão mais abrangente da resistência das ligações dentadas coladas. A primeira delas permitiu obter valores preliminares com duas espécies de madeiras amazônicas conhecidas vulgarmente como Tatajuba (*Bagassa guianensis* Aubl.) e Massaranduba (*Manilkara amazonica*). Por último os ensaios foram feitos com a espécie conhecida vulgarmente como Angelim Pedra, também amazônica.

As amostras de Tatajuba foram coladas às pressões de 6, 7 e 8 MPa, enquanto que as de Massaranduba foram à 5, 6 e 7 MPa. Para cada um dos casos foram feitos 3 ensaios, totalizando 18 ensaios (nessa primeira parte experimental). A Angelim Pedra foi submetida às pressões de colagem de 5, 7, 9, 11 e 13 Mpa. Essas pressões foram embasadas nas pressões registradas em outros experimentos registrados na literatura, como os de Macedo e Calil Jr (199) e levaram-se em conta as características físicas das madeiras escolhidas. Para cada pressão de colagem foram realizados 3 ensaios. Totalizando 19 ensaios quando contabilizados os 4 que foram feitos com a peça de madeira sólida (maciça).

Os corpos de prova foram submetidos a ensaios de flexão estática para determinar qual é o valor do carregamento responsável pela ruptura dos mesmos e possibilitar a verificação do tipo de ruptura, se foi na linha de cola ou na madeira. O teste preliminar foi realizado usando o dispositivo manual do tipo universal mostrado na Figura 3, enquanto o ensaio com Angelim Pedra foi realizado em uma máquina elétrica que possibilitou a verificação mais eficaz do esforço solicitante devido ao mostrador digital.

Os valores das cargas obtidas em cada ensaio das ligações coladas foram denominados de Ri (i=1, 2, 3), sendo “i” cada um dos corpos de prova em cada uma das pressões de colagem e depois foi tirada a média desses valores. Os resultados dos ensaios das lâminas sólidas foram representados por Rsi (i=1, 2, 3, 4).

Assim, foram obtidas as resistências absolutas médias (Rm) das ligações em cada pressão. As resistências relativas (Rr), que representam o percentual do suportado pelas peças coladas em relação à maciça, foram calculadas através da seguinte relação matemática que deverá ser denominada daqui para frente como eficiência da ligação.

Equação 1. Resistência relativa

$$Rr = \frac{Rm}{Rsm} \times 100$$

A análise dos resultados foi feita por meio de um processo estatístico simples possibilitando a obtenção das seguintes informações: A relação entre a eficiência da ligação com a pressão de colagem para cada uma das pressões previamente selecionadas; análise de regressão simples para determinação da relação entre a variável principal (R) e pressão de colagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios da Angelim Pedra foram dispostos na tabela a seguir:

Tabela 1. Resultados obtidos com Angelim Pedra.

Pressão de colagem (MPa)	R1 (kN)	R2 (kN)	R3 (kN)	R4 (kN)	Rm (kN)	Rr (%)
5	5,98	9,12	7,75	-	7,61	49,1
7	7,55	7,26	10,88	-	8,56	55,2
9	11,87	10,88	10,79	-	11,18	72,1
11	10,79	10,20	9,51	-	10,16	65,5
13	10,69	10,98	12,55	-	11,40	73,5
Peça Sólida	11,77	17,16	15,69	17,36	15,50	100

R1 – Resistência obtida no 1º ensaio / R2 – Resistência no 2º ensaio / R3 – Resistência no 3º ensaio / R4 – Resistência no 4º ensaio / Rm – Resistência média / Rr – Resistência relativa.

Os resultados preliminares já apresentavam certa proporcionalidade, portanto é nítida a queda da resistência apresentada à pressão de colagem de 11 Mpa. No entanto, é necessário realizar mais ensaios para uma conclusão definitiva, uma vez que nota-se uma tendência de aumento de resistência com o aumento de pressão de colagem. Provavelmente, uma pressão maior aumenta o contato entre as peças de madeira. Importante destacar que estes resultados se assemelham aos resultados dos ensaios preliminares. Quanto maior a pressão, melhor a resistência. Portanto, deve-se saber até onde é que essa relação continua sendo verdadeira, pois se espera que chegue uma pressão na qual a resistência não aumente mais.

A melhor ligação colada foi à pressão de 13 MPa apresentando uma resistência relativa de 73,5%, um valor satisfatório na opção de reaproveitamento de madeiras e construção de estruturas que não sejam tão solicitadas mecanicamente e até para o desenvolvimento de madeira laminada e colada (MLC) que vem apresentando grande utilização no mercado brasileiro e é alvo de grandes pesquisas científicas também.

Quanto ao rompimento dos corpos de prova, foi analisada, também, a maneira da qual eles foram rompidos. A análise foi feita para observar se a ruptura ocorria na linha de cola ou na própria madeira. E o que se observou foi que em todas as amostras a ruptura ocorreu na linha da cola, com algumas exceções onde o rompimento ocorre na madeira, mas em uma área insignificante se comparada com a área total de contato entre as peças.

Tal situação indicou que o adesivo utilizado não apresentou o comportamento esperado, pois a ligação se torna mais eficiente ao passo que o rompimento se dá na própria madeira, não na linha da cola. Com isso, fica a questão do estudo de diferentes adesivos que consigam aderir bem à madeira em questão (Angelim Pedra) que possa trazer resultados ainda mais significativos no quesito de resistência da ligação.

CONCLUSÃO

No projeto INCT_Madeiras da Amazônia desenvolve-se uma linha de pesquisa sobre vigas de madeira laminadas coladas e um dos fatores determinantes sobre a resistência deste tipo de viga é a ligação colada. Apesar de os resultados indicarem uma boa resistência relativa quando as lâminas são coladas a 13 MPa, é possível que o tipo de cola poderá influir ainda mais nesse parâmetro, tendo em vista os resultados obtidos no tipo de ruptura. O trabalho serve de estudo preliminar das ligações coladas para o desenvolvimento de mais ensaios com diferentes tipos de madeiras e comprimentos de dentes para uma conclusão mais definitiva sobre o tipo de ligação e pressão de colagem em função da densidade das espécies.

REFERÊNCIAS

- Bohn, A.R.; Szücs, C.A. 1995. *Comportamento mecânico da linha de cola nos elementos de madeira laminada colada*. Belo Horizonte, Minas Gerais.
- Ferreira, G.C.; Hopkins, M.J.G. 2004. *Manual de identificação botânica e anatômica – angelim*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. 1997a. *Madeiras Tropicais Brasileiras*. IBAMA-LPF, Brasília, 152p.
- INPA/CPPF. 1991. Catálogo de madeiras da Amazônia: Características tecnológicas; Área da Hidrelétrica de Balbina. CPPF/INPA, Manaus, 163p.
- Macêdo, A.N.; Calil, C.J. 1999. *Estudo de emendas dentadas em madeira laminada colada (MLC): avaliação de método de ensaio – NBR 7190/163*. 1997. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos/ Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo.
- Serrano, L.J.P. 2009. *Resistência à tração da madeira e resistência ao cisalhamento no plano de cola, seus impactos na geometria do dente e propriedades mecânicas de emendas dentadas*. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo.
- Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM/ Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. 1981a. *Grupamento de espécies tropicais da Amazônia por similaridade de características básicas e por utilização*. SUDAM/IPT, Belém, 237p.
- Szücs, C.A.; Terezo, R.F.; Valle, A.; Moraes, P.D. 2008. *Estruturas de madeira*. Universidade Federal de Santa Catarina / Departamento de Engenharia Civil, Florianópolis, Santa Catarina. 199p.
- Pfeil, W.; Pfeil, M. 2003. *Estruturas de Madeira*. 6ª edição, editora LTC. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.