

## **MÉTODO DA SEÇÃO TRANSFORMADA PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE VIGAS EM MADEIRA LAMINADA COLADA ARMADA**

### **TRANSFORMED SECTION METHOD FOR EVALUATING THE PERFORMANCE OF REINFORCED GLUED LAMINATED TIMBER BEAMS**

Fábio Piva PELLIS<sup>1</sup>; Bruno Piva PELLIS<sup>2</sup>; Julio SORIANO<sup>3</sup>;  
Rafael G Mansini LORENSANI<sup>2</sup>; Fernando Augusto Franco BATISTA<sup>2</sup>

**RESUMO** - A madeira laminada colada (MLC) é uma técnica racional que permite superar os inconvenientes das formas e dimensões comerciais das peças de madeira serrada e, também, possibilita eliminar os defeitos naturais da madeira. O desempenho estrutural da MLC pode ser melhorado com o emprego de reforços da seção transversal por meio da inserção de outros materiais, como por exemplo, o aço ou fibra de vidro. No presente trabalho avaliou-se o comportamento estrutural de 03 vigas de MLC e 03 vigas de madeira laminada colada armada (MLCA). As vigas foram confeccionadas com lâminas de *Pinus sp*, sendo utilizado o adesivo poliuretano mono-componente na laminação e adesivo epóxi para a fixação das barras de aço, resultando em vigas com seções transversais de 6,5 cm x 10,5 cm e 230 cm de comprimento. Para se considerar as diferenças de propriedades mecânicas da madeira e do aço, foi adotado o método da seção transformada que possibilitou a análise como uma seção homogênea. Esse método fundamentado em princípios básicos da resistência dos materiais mostrou-se eficaz para a obtenção da rigidez das peças em MLCA. Dos resultados experimentais pode-se concluir também que a MLCA proporcionou uma rigidez da ordem de 90% superior a rigidez das vigas MLC.

**Palavras-chave:** estrutura composta, seção homogeneizada, adesivo, aço.

**ABSTRACT** - The glue laminated timber (MLC) is a rational technique that overcomes the limits of commercial shape and dimensions of the pieces of timber, and also allows eliminating the wood natural defects. The structural performance of the MLC can be improved with the use of reinforcement cross-section through the inclusion of other materials such as steel or fiberglass. In this work was evaluated the structural behavior of three MLC beams and three glued laminated timber reinforced beams (MLCA). The beams were manufactured with lamina of *Pine sp*, by using the single-component polyurethane adhesive in the laminating and epoxy adhesive for fixing the steel bars, resulting in beams with cross sections of 6.5 cm x 10.5 cm and 230 cm span. To consider the differences in mechanical properties of wood and steel, the transformed section method was adopted which allowed the analysis as a homogeneous section. This method based on basic principles of mechanical behavior of materials was effective for obtaining the stiffness of MLCA beams. By the experimental results we can conclude that the MLCA also provided a stiffness of approximately 90% higher than the stiffness of the MLC beams.

**Keywords:** composite structure, homogenized section, adhesive, steel bars.

<sup>1</sup> Engenheiro Industrial Madeireiro, graduado pela UNESP de Itapeva, fabio.piva@gmail.com

<sup>2</sup> Alunos de Mestrado da FEAGRI-UNICAMP, bruno.piva@gmail.com; rafaelmansini@hotmail.com; fernandobatista\_19@msn.com

<sup>3</sup> Professor de Construções Rurais e Ambiente, FEAGRI-UNICAMP, julio.soriano@feagri.unicamp.br

## INTRODUÇÃO

As peças estruturais de madeira serrada comumente utilizadas na construção civil apresentam alguns inconvenientes, tais como limitações de dimensões comerciais que muitas vezes se dão por problemas logísticos ou de extração, alto teor de descarte por defeitos intrínsecos, como a presença de nós e defeitos do processo de secagem. A Madeira Laminada Colada (MLC) é uma solução a esses problemas por consistir na solidarização de lâminas de pequenas espessuras e previamente selecionados para atingir as dimensões desejadas das peças estruturais. Essa seleção feita nas peças componentes do MLC acaba por propiciar maior homogeneidade das mesmas, quando comparadas a peças de madeira serrada (ZANGIACOMO, 2003).

Outro ponto de importância é a escolha do adesivo para se alcançar os objetivos da MLC e, segundo Azambuja (2006), os adesivos mais utilizados para a confecção de peças de MLC são: o Fenol-Formaldeído, resinas à base de Melamina Uréia Formaldeído (MUF), Poliacetato de vinila aditivado (resistência à umidade elevada), Poliuretanos mono e bi-componentes.

Segundo Zangiaco (2003) as vantagens ao se optar pelo uso do MLC são várias, dentre as quais a liberdade de trabalhar com formas variadas para inúmeras aplicações, viabilizando projetos em estruturas de coberturas, elementos de pontes, edificações, entre outras. Destaca, ainda, o aproveitamento das partes menos nobres da tora, como ripas, ripões e pranchas com função estrutural limitada, para a composição de uma peça de maior valor econômico e estrutural, como vigas, arcos, colunas etc.

A busca por técnicas de uso racional dos recursos naturais tem motivado pesquisas para a composição da MLC com algum outro material, como aço, concreto, fibra de vidro etc., com a prerrogativa de se aproveitar as melhores características e propriedades do elemento estrutural. Dentre as técnicas de reforços utilizadas para conferir maior resistência às peças de madeira, no fim do século XX surgiu uma técnica complementar ao MLC, cujo principal intuito era reforçar as peças com algum tipo de metal (alumínio, cobre bronze e aço), a esta técnica deu-se o nome de madeira laminada colada armada (MLCA). Outras soluções de reforço da MLC estão sendo pesquisadas com o uso de fibras vegetais de sisal (MASCIA et al., 2008).

Com a técnica da MLCA se faz possível agregar a MLC os conceitos de reforços estruturais nas zonas tracionadas e comprimidas da peça, de forma a resultar como benefícios o incremento da rigidez global e o aumento da capacidade de carga da peça. Destaca-se que a ABNT (NBR 7190: 1997), faz menção às peças em MLC, entretanto não cita a técnica de MLCA nem apresenta método para o seu dimensionamento, o que torna importante a contribuição com desenvolvimento de uma metodologia que possa validar o estudo.

Luca e Marano (2006) destacam que os trabalhos pioneiros nesta técnica de reforço se deram com o emprego de peças de alumínio e, sequencialmente, houve o emprego do aço como reforço de peças de MLC, englobando o estudo da ancoragem por adesivos epoxídicos de elementos metálicos às lâminas de madeira. Mais recentemente Luca e Marano (2006) pesquisaram o reforço do MLC de ‘*White spruce*’ com vergalhões de aço utilizando o adesivo Purbond® para a ancoragem de vergalhões, cujos resultados mostraram além do incremento no carregamento máximo e na rigidez, também a modificação do modo do colapso da peça estrutural, tornando-se menos repentino, portanto menos frágil, que quando comparado com vigas de MLC sem qualquer tipo de reforço.

O presente trabalho teve por objetivo a avaliação do desempenho estrutural de vigas armadas MLCA comparando-se seus resultados com os de vigas simples de MLC. Para