



AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS FATORES ESPÉCIE DE MADEIRA, ADESIVO E TEOR DE UMIDADE NA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO NA LINHA DE COLA EM MADEIRA LAMINADA

¹**Eduardo Rodrigo Bier** (engeduardobier@hotmail.com), ²**Everaldo Pletz** (pletz2000@yahoo.com)

^{1,2}**Universidade Estadual de Londrina (UEL)**

Centro de Tecnologia e Urbanismo / Departamento de Estruturas / Rodovia Celso Garcia Cid, Pr 445, km 380,
Campus Universitário, Cx. Postal 10011, CEP 86057-970, Londrina - PR

RESUMO: Os elementos estruturais em madeira laminada colada apresentam vantagens sobre os fabricados com madeira serrada convencional, como maior durabilidade, a possibilidade da seleção e classificação das lâminas constituintes, a otimização da capacidade resistente da peça, a eliminação dos defeitos naturais da madeira e o alto padrão estético do produto acabado. Entre os fatores que influenciam o desempenho mecânico de soluções em MLC destacam-se a eficiência dos adesivos, bem como a afinidade destes com as espécies de madeira utilizadas, o teor de umidade das lâminas e o tipo de tratamento da madeira. Este trabalho objetivou investigar, via método de planejamento fatorial de experimentos, a influência dos fatores espécie de madeira, adesivo e teor de umidade na variável resposta resistência ao cisalhamento na linha de colagem. Os resultados da análise estatística revelaram que a umidade, analisada individualmente, expressou efeito significativo, o mesmo não ocorrendo com os fatores espécie e adesivo. Pôde-se constatar que o adesivo melanina ureia formaldeído é impróprio à colagem de lâminas de eucalipto com pinus de forma combinada. Foi possível inferir também que a composição eucalipto/eucalipto é a mais adequada para uso externo com exposição direta à umidade, enquanto a combinação pinus/pinus registrou o melhor desempenho para aplicação interna.

Palavras Chave: resistência ao cisalhamento, planejamento fatorial, espécie de madeira, adesivo, teor de umidade

EVALUATION OF WOOD SPECIES, ADHESIVE AND MOISTURE LEVEL FACTORS INFLUENCE OVER STRENGTH TO SHEAR IN GLUED LAMINATED WOOD

ABSTRACT: The glued laminated wood structural elements show advantages over that one's made with conventional sawn wood, like that, greater durability, blades selection and classification possibility, optimization of the piece's resistant capacity, elimination of woods natural defects and the high esthetic standard of the ended product. Among the factors that affects the mechanical performance in GLW solutions it stands out the adhesives efficiency and affinity with the deployed wood species, the slats moisture level and the wood's preservative treatment. This research aimed to investigate, by Design of Experiments, the influence of wood, adhesive and moisture level in the response variable shear strength in the glue line. The results of the statistical analysis showed that the moisture level, individually analyzed, expressed significant effect, did not occur with wood and adhesive. About factors interaction, wood species-adhesive and wood species-moisture level gave out significant responses. It was possible to determine the melamine-urea-formaldehyde adhesive showed inappropriate for eucalyptus with pine joint. It was also possible to infer that the eucalyptus/eucalyptus composition is the most proper to external environment use with forthright moisture exposition, while the pine/pine combination recorded the best performance for internal environment use.

Keywords: strength to shear, design of experiments, wood species, adhesive, moisture level.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um dos materiais mais antigos utilizados pelo homem em várias aplicações, entre as quais se destaca a confecção de elementos construtivos. CALIL NETO *et al.* (2014) apontam como razões para a ampla utilização histórica da madeira na fabricação de estruturas o fato de ser um material de fonte renovável e de excelente relação resistência/densidade, cerca de quatro vezes maior que a do aço.

Na atualidade, existe uma busca contínua por recursos renováveis que, ao servirem às atividades humanas, causem menor dano ao meio ambiente. E no que diz respeito à sustentabilidade, a madeira proveniente de reflorestamento tem se mostrado um material bastante promissor. MOLITERNO (2009) relata que a tecnologia da madeira laminada (MLC) colada está amplamente engajada no contexto de substituição da matéria-prima proveniente das árvores nativas pelos produtos de reflorestamento, os quais, em virtude da fácil maquinação, são próprios à extração de lâminas.

Deste modo, o emprego da MLC, ao contemplar a madeira de reflorestamento, está em consonância com a busca pelo alinhamento da construção civil aos atuais conceitos de sustentabilidade. Além disso, tal prática também está em conformidade com outra tendência atual do setor da construção civil no Brasil, que é a retomada da industrialização dos elementos estruturais construtivos (PLETZ *et al.*, 2011).

De acordo com ZANGIÁCOMO (2003), geralmente empregada como fôrmas e escoramentos temporários em estruturas de concreto armado e protendido, a madeira de reflorestamento das espécies pinus e eucalipto, como matéria prima para construção civil, foi historicamente subutilizada no Brasil. Por outro lado, impulsionados pela preocupação ambiental, necessidade de utilizar elementos estruturais de qualidade e evolução da tecnologia dos adesivos, importantes avanços ocorreram nos últimos anos nos produtos derivados da madeira oriunda de florestas plantadas, com destaque para a MLC.

Passarelas, escadas, pontes, coberturas e telhados são alguns dos vários tipos de

estruturas mencionados por ALMEIDA *et al.* (2014) nos quais pode ser aplicada a MLC. Ela pode ainda viabilizar a preparação de longos trechos de vigas em estruturas de madeira. CALIL NETO *et al.* (2014) relatam o seu emprego na forma de cruzetas para postes de rede de distribuição de energia elétrica e enfatizam o interesse das companhias do ramo no assunto.

No entanto, trata-se de um produto *engenheirado* que requer precisão de fabricação em todos os estágios e cuja qualidade somente pode ser checada em condições de laboratório. A integridade da linha de cola é uma característica intrínseca ao material, na medida em que garante a união das tábuas e a própria integridade da peça e o seu desempenho satisfatório como elemento estrutural. SEGUNDINHO *et al.* (2015) descrevem a utilização de ensaios de cisalhamento na linha de cola como forma eficiente para testar a resistência das ligações realizadas por adesivos.

CALIL NETO (2015) relata que entre os fatores que influenciam o desempenho mecânico de soluções em MLC destacam-se a eficiência e a afinidade dos adesivos para com as espécies de madeiras utilizadas, o tipo de tratamento e o teor de umidade das lâminas. Como a madeira é um material hidróscópico, que retém água do meio ambiente, a linha de cola pode ser afetada, com conseqüências que vão desde prejuízos à resistência mecânica até a delaminação das peças e falha da estrutura. Não só os fatores isoladamente, mas também a afinidade da interação entre eles podem acarretar em diferenças significativas no desempenho de estruturas elaboradas em MLC (CALIL NETO *et al.*, 2014).

A composição de elementos estruturais em MLC com diferentes espécies combinadas ainda é pouco praticada, especialmente no Brasil onde a utilização de produtos em MLC não é muito difundida. Segundo o Projeto de revisão da NBR 7190 (2010), arranjos com espécies distintas devem ser evitados, mas caso ocorram, deve ser comprovada a eficiência do comportamento mecânico.

Outro fator responsável por promover influências notórias na resistência ao cisalhamento na linha de cola, em sistemas estruturados com MLC, é o tipo de adesivo