

VIABILIDADE TÉCNICA DE VIGAS DE MADEIRA ENRIJECIDAS COM PERFIS DE CHAPA DOBRADA: ANÁLISE EXPERIMENTAL

Milena Gonçalves Oliveira^{1*}; Matheus Peres Chagas¹; Edgar Bacarji²

¹ Setor de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia/GO, Brasil.

² Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia/GO, Brasil.

* e-mail do autor correspondente: milena.golv@discente.ufg.br

Resumo: Ao analisar-se os materiais de construção disponíveis, a madeira é o único considerado renovável, logo sua utilização é essencial para a realização de construções renováveis e seu uso na composição de sistemas mistos pode ser viável tanto no aspecto de resistência e durabilidade quanto no aspecto econômico. Para realização desta pesquisa, foram ensaiadas duas vigas de madeira e quatro vigas de madeiras enrijecidas com perfis de chapa dobrada. Os espaçamentos entre os conectores foram de 150mm e 250mm. Foram determinadas as propriedades mecânicas da madeira, do aço e dos conectores através dos ensaios de caracterização desses materiais. Posteriormente, foram ensaiadas à flexão as vigas simples e mistas, para a leitura das deformações e deslocamentos verticais máximos. Como resultados, observou-se que as vigas mistas apresentaram capacidade portante superior aos das vigas de madeira sem enrijecimento e menores deslocamentos e deformações para os mesmos níveis de carga.

Palavras-chave: estrutura mista, madeira-aço, flexão

TECHNICAL FEASIBILITY OF STIFFENED TIMBER BEAMS WITH FOLDED SHEET METAL PROFILES: EXPERIMENTAL ANALYSIS

Abstract: When analyzing the available construction materials, wood is the only one considered renewable, so its use is essential for renewable constructions and its use in the composition of mixed systems may be feasible both in terms of strength and durability as in the economic aspect. For this research, two timber beams and four timber beams stiffened with folded plate profiles were tested. The spacings between the connectors were 150mm and 250mm. The mechanical properties of the wood, steel and connectors were determined through the characterization tests of these materials. Afterwards, the simple and composite beams were tested to bending, to read the maximum vertical deformations and displacements. As results, it was observed that the composite beams showed higher bearing capacity than the timber beams without stiffening and lower displacements and strains for the same load levels.

Keywords: composite structure, wood-steel, bending

1. INTRODUÇÃO

A madeira como sistema construtivo tem sido usada há séculos pela humanidade, e teve um papel fundamental no desenvolvimento do ser humano [4]. Todavia, após a revolução industrial, perdeu espaço para o concreto e o aço, e ao analisar-se os materiais de construção disponíveis, a madeira é o único material dito como renovável; logo sua utilização é essencial para a realização de construções sustentáveis [3].

Neste cenário, o uso da madeira em sistemas mistos pode ser viável tanto no aspecto de resistência e durabilidade quanto no aspecto econômico [7]. As diferenças e semelhanças entre o aço e a madeira são aspectos importantes que tornam um sistema misto de aço e madeira interessante para o estudo. Isso porque a solidariedade entre os materiais tende a sanar os aspectos negativos da madeira, como sua alta deformabilidade quando solicitada a esforços de flexão, e o aço contribui para a mitigação desses efeitos na estrutura [6]. Diante disso, a utilização desses dois materiais traz um sistema misto de maior eficiência do que quando se analisa as partes separadas.

Este trabalho teve como objetivo proceder uma análise experimental do comportamento de vigas de madeira enrijecidas com perfis de chapa dobrada, verificando sua viabilidade técnica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Seleção e caracterização prévia dos materiais utilizados no experimento

A madeira selecionada foi da espécie “Angelim Vermelho” (*Dinizia excelsa* Ducke; Leguminosae) por ter aplicações na construção civil, ter boas propriedades mecânicas e boa durabilidade natural [5]. Seguindo as recomendações da NBR7190/97, determinou a resistência e a rigidez à compressão paralela às fibras da madeira de angelim vermelho empregada no presente estudo. Os valores médios obtidos foram, respectivamente, 74,01Mpa e 22,04GPa.

Os perfis metálicos de chapa dobrada foram obtidos na dimensão: U-50x25x2mm, em aço de baixo teor de carbono SAE-1012 a SAE-1020 (aço-carbono com 0,12% de carbono e aço-carbono com 0,20% de carbono, respectivamente). Para a realização dos ensaios de tração do aço, seguiu-se as recomendações da NBR-6673. O valor médio da resistência à tração encontrado no ensaio foi do módulo de elasticidade no valor de .

Para fazer-se a conexão do perfil de chapa dobrada com a madeira, a fim de formar a viga mista madeira-chapa dobrada, foram usados parafusos zincados de rosca soberba, com diâmetro de 9mm e comprimento de 50mm, com cabeça sextavada, chamados conectores. Para realização dos ensaios de tração, seis parafusos foram usinados de modo a diminuir seu diâmetro de 9mm para 4mm, a partir de 10mm da cabeça até um comprimento de 30mm. Observou-se que a tensão de

ruptura média foi de . Assim como nos perfis de aço, os conectores possuem uma alta resistência à tração, indicando que são formados por aço de alta resistência à corrosão atmosférica.

2.2 Montagem dos elementos mistos

Na montagem dos elementos mistos, compostos pelo conjunto madeira e chapa de aço, primeiramente realizou-se a medição das dimensões das secções transversais nas peças de madeira, seguido do ajuste de espessura das vigas para facilitar o encaixe do perfil metálico. Após essa etapa, as vigas foram identificadas nomearam-se as vigas testemunhas, de referência, como Vref (1 e 2) e para representar as vigas com enrijecimento metálico utilizou-se V, seguido do número que indica a distância dos conectores (15 e 25cm) e após o hífen o número do corpo de prova (1 e 2) gêmeo. Posteriormente, foram perfuradas a fim de fixar-se os conectores, utilizando a chapa metálica como gabarito. Por fim, foi realizada a fixação dos extensômetros, na madeira nas partes superior (Ems) e inferior (Emi), em ambos os lados.

2.3 Ensaios à flexão das vigas

De posse dos resultados dos ensaios de caracterização dos materiais, foram ensaiadas à flexão as vigas simples e mistas, para a leitura das deformações e deslocamentos verticais no centro da viga. Para tal, fixaram-se relógios comparadores nas extremidades dos perfis, com as pontas dos cursores móveis apoiadas em bases fixadas nas extremidades verticais das peças.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores das forças de ruptura das vigas ensaiadas.

Tabela 1: Valores das forças de ruptura das vigas

Corpo de prova	Força de ruptura (kN)
Vref-1	53,5
Vref-2	42,2
Média	47,85
V15-1	73,5
V15-2	72,3
Média	72,9
V25-1	84,3
V25-2	63,5
Média	73,9

Verifica-se que, nas vigas simples, a força de ruptura média foi de 47,85kN, já nas vigas com enrijecimento, constatou-se um incremento médio nas forças de ruptura de 52,36% (72,9kN) e

54,45% (73,9kN), para espaçamentos entre os conectores de 15cm e 25cm, respectivamente, ganhos estes bem expressivos. O Gráfico 1 mostra a evolução do deslocamento com o aumento de carga.

Gráfico 1. Diagrama força x deslocamento até a ruptura das peças

Percebe-se que o comportamento da V25-2 (Gráfico 1), de deslocamento superior, possivelmente em função das características inerentes da madeira da peça ensaiada. Variações nas propriedades físico-mecânicas da madeira podem ocorrer dentro de uma própria tora, entre espécies, de forma longitudinal e radial [8].

O Gráfico 2, apresentam os valores de leituras das deformações presentes na face superior e inferior da madeira, dita face comprimida e tracionada, respectivamente.

Gráfico 2. Diagrama deformações na madeira x força

Nota-se que nos extensômetros Emi, assim como no Ems, houve uma redução das deformações médias relativas às peças que continham reforço do perfil metálico em relação às peças sem enrijecimento. Assim, constatou-se uma diminuição em 23,5% e 24,3% nas deformações, para o espaçamento de 25cm e 15cm, respectivamente. Percebe-se, ainda, que não houve grandes variações nas deformações em função dos espaçamentos dos conectores.

4. CONCLUSÕES

As vigas mistas apresentaram capacidade portante superior ao da viga de madeira sem enrijecimento e menores deslocamentos e deformações para os mesmos níveis de carga.

De maneira geral, as deformações de compressão e tração da madeira diminuíram em função do enrijecimento. Já as deformações da chapa metálica, na compressão, foram maiores nas vigas com os espaçamentos menores, enquanto as com espaçamentos maiores tiveram maiores deformações na tração. Tais características garantem um bom desempenho desses elementos, sendo verificada, portanto, sua viabilidade técnica para o uso na construção civil.

5. REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1981). NBR 6673: Produtos Plano de Aço – Determinação das Propriedades Mecânicas a Tração. Rio de Janeiro.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1997). NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro.
- [3] Caseiro, A. O sistema construtivo modular em madeira como contributo à arquitetura sustentável. Dissertação de Mestrado em Arquitetura, Departamento de Engenharia civil e arquitetura, Universidade da Beira Interior. Covilhã, 2013.



- [4] Fernandes, P. J. A história da madeira como material na arquitectura. Dissertação de Mestrado Integrado em Arquitectura, Faculdade de Arquitectura e Artes da Universidade Lusíada de Lisboa. Lisboa, 2013.
- [5] Mesquita, M. R.; Ferraz, I. D. K.; Camargo, J. L. C. Angelim-vermelho, *Dinizia excelsa* Ducke, in: I. D. K. Ferraz & J. L. C. Camargo (Eds) Manual de Sementes da Amazônia. Fascículo 8, 12p. INPA, Manaus -AM, Brasil. 2009.
- [6] Monteiro, V. (2007). Estrutura mista: madeira-chapa dobrada submetida à flexão simples. Dissertação, Dissertação em engenharia civil - UFG, Goiânia.
- [7] Muniz, C. F. Modelos Numéricos para Análise de Elementos Estruturais Mistos. 2005. Dissertação (Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil) - Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.
- [8] Tomazello Filho, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. IPEF, n.29, p.37-45, 1985.