



RESISTÊNCIA E RIGIDEZ AO ROLLING SHEAR EM ELEMENTOS DE CLT SEGUNDO O MÉTODO DE ENSAIO ABNT NBR 7190-7:2022

Julio Cesar Molina^{1*}, Tayla Castilho Criado¹; Mileny Suellen Garcia de Souza¹, Jose Luis Silva Tarrillo¹, e João Vitor Felipe Silva²

*Autor de contato: julio.molina@usp.br

¹ Departamento de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, Brasil

² Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval, Québec, Canadá

RESUMO

Este trabalho estudou experimentalmente a rigidez (G_{vt}) e a resistência (f_{vt}), associadas ao efeito de *rolling shear*, em elementos de Madeira Lamelada Colada Cruzada (MLCC), com base na ABNT NBR 7190-7 (2022). Inicialmente, os ensaios foram realizados em corpos de prova de cisalhamento e em painéis de MLCC submetidos a flexão, instrumentados com galgas metálicas. Os painéis de MLCC foram fabricados com três camadas de diferentes espessuras com madeiras de *Pinus ssp* coladas com adesivo poliuretano. Também foi avaliada a resposta do ensaio de flexão dos painéis a partir da instrumentação com transdutores de deslocamento LVDT para a determinação de (G_{vt}) e posterior comparação dos resultados obtidos para os painéis instrumentados por galgas metálicas. Os resultados de G_{vt} obtidos para os corpos de prova foram superiores aos valores encontrados na literatura. Os resultados de G_{vt} obtidos nos ensaios de flexão foram superiores aos resultados obtidos para os corpos de prova de cisalhamento, indicando que a equação analítica proposta pela ABNT NBR 7190-7 (2022) não é uma boa estimativa para a determinação da rigidez G_{vt} para painéis de três camadas com diferentes espessuras. Os valores de resistência (f_{vt}) obtidos nos corpos de prova de cisalhamento e de flexão foram similares entre si e concordaram com os valores da literatura.

Palavras-chave: resistência; rigidez; MLCC; normalização; método de ensaio.

ABSTRACT

This work studied experimentally the stiffness (G_{vt}) and strength (f_{vt}), associated with the rolling shear effect, in Cross Laminated Timber (CLT) elements, based on ABNT NBR 7190-7 (2022). Initially, the tests were carried out on shear test specimens and on panels subjected to bending, instrumented with metal gauges. The CLT panels were manufactured with three layers of different thicknesses using *Pinus ssp* wood glued with polyurethane adhesive. The bending test response of the panels was also evaluated using instrumentation with LVDT transducers to determine (G_{vt}) and subsequent comparison of the results obtained for panels instrumented by metal gauges. The G_{vt} results obtained for the specimens were higher than the values found in the literature. The G_{vt} results obtained in the bending tests were higher than the results obtained for the shear test specimens, indicating that the analytical investigation proposed by ABNT NBR 7190-7 (2022) is not a good estimate for determining the G_{vt} strength for panels with three layers with different thicknesses. The strength values (f_{vt}) obtained in the shear and bending test specimens were similar to each other and agreed with the literature values.

Keywords: strength; stiffness; normalization; test method.

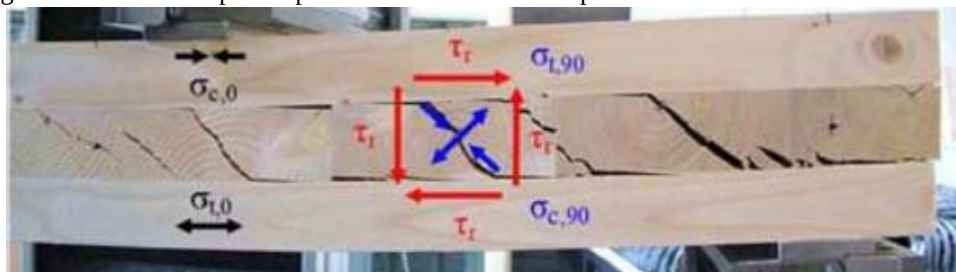
1. INTRODUÇÃO

Atualmente, grandes edifícios de madeira têm se tornando realidade no mundo, os quais vêm se adaptando, cada vez mais, às exigências de mercado. A Madeira Lamelada Cruzada (MLCC), cuja sigla em inglês é CLT que significa “*Cross Laminated Timber*”, têm recebido maior atenção nos últimos anos no Brasil, devido às suas propriedades que permitem sua utilização como elemento estrutural em edifícios de médio e grande porte, ecoeficientes, aumentando assim as soluções na área de estruturas de madeira.

A MLCC é um material rígido, em forma de painel, fabricado em camadas (usualmente em números ímpares: 3, 5 ou 7), sendo cada camada composta por lamelas adjacentes com alternância entre camadas em ângulo de 90°. Este tipo de painel apresenta comprimentos variando entre 3 m a 18 m e espessuras entre 57 mm a 400 mm, limites estes impostos pelos fabricantes (Brandner, 2018).

Devido a este arranjo em camadas, quando o painel MLCC é carregado na flexão, ocorre cisalhamento do tipo *rolling shear*, na camada central, que é ortogonal às camadas da extremidade, e este efeito deve ser considerado no cálculo do painel, tanto para os Estados Limites Últimos (ELU) como também para os Estados Limites de Serviço (ELS). Os principais parâmetros envolvidos no cálculo do painel MLCC são a rigidez ao *rolling shear* (G_{vt}) e a resistência ao *rolling shear* (f_{vt}). A Figura 1 apresenta os detalhes do efeito *rolling shear* em um painel de MLCC sujeito a flexão.

Figura 1 – Modo de ruptura típico na camada central do painel MLCC em um ensaio de flexão.



Fonte: Brandner (2018)

Segundo Gagnon e Pirvu (2012), o valor da rigidez ao *rolling shear* varia de 40 a 80 MPa, sendo que, para efeito de projeto, recomendam que seja utilizado um valor de $G_{vt} = 50$ MPa ou $G_{vt} \cong G_0/10$, (G_0 é o módulo de elasticidade transversal no plano, para o qual a norma ABNT NBR 7190-1:2022 recomenda $G_0 = E_0/16$, sendo E_0 o módulo de elasticidade longitudinal da madeira na flexão). Brandner *et al.* (2016) e Jeleč, Varevac e Rajčić (2018) propõem adotar um valor médio $G_{vt} = 100$ MPa para MLCC que respeite a relação largura/altura da lamela maior que 4. Para modelagem numérica, os valores adotados na literatura para G_{vt} variam de 30 MPa a 280 MPa, dependendo da espécie de madeira considerada.

Em relação ao valor da resistência ao *rolling shear*, f_{vt} , para projetos em MLCC, também não existe consenso entre os pesquisadores. Popovski *et al.* (2019) recomendam valores de f_{vt} de acordo com a classe de resistência da madeira, variando de 0,43 a 0,63 MPa, enquanto a norma