

## ESTUDO DA RESISTÊNCIA E RIGIDEZ AO ROLLING SHEAR EM PAINÉIS DE MLCC DE 3 CAMADAS COM DIFERENTES ESPESSURAS

**Silvia Pereira da Silva Pontalti, Julio Cesar Molina**

Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo

silviapsontalti@usp.br

## Introdução

A madeira lamelada colada cruzada (MLCC) consiste em painéis formados por camadas ortogonais de lamelas de madeira justapostas, que são utilizados com fins estruturais. Sabe-se que a resistência dos painéis de MLCC pode ser dada em função da resistência de sua camada central à falha por cisalhamento, também conhecida como efeito *rolling shear*. Como abordado pela ABNT NBR 7190-7:2022, a resistência ao *rolling shear* pode ser determinada a partir de ensaios de cisalhamento de corpos de prova ou de flexão dos elementos MLCC. Entretanto, embora já sejam produzidos no país painéis de MLCC com diferentes números de camadas e de espessuras variáveis, essa norma, no que diz respeito ao ensaio de flexão, aborda apenas painéis com 5 camadas de mesma espessura, evidenciando uma lacuna na normatização.

## Objetivos

O objetivo desse trabalho consistiu em determinar, a partir dos ensaio de cisalhamento e de flexão, os parâmetros de rigidez e de resistência ao *rolling shear* para painéis de MLCC com 3 camadas de espessuras diferentes. Além disso, foi sugerida uma equação definida com base no trabalho de Criado (2023) para calcular a rigidez ao *rolling shear* em elementos de MLCC na flexão com três camadas de diferentes espessuras.

## Materiais e Métodos

Para painéis de MLCC com 5 camadas de mesma espessura, a ABNT NBR 7190-7:2022

prevê que sua rigidez ao cisalhamento ( $GA$ ) pode ser dada pela expressão (1).

$$(GA)_{mlcc} = b \cdot t_{total} (3 \cdot G_0 + 2 \cdot G_{vt}) \quad (1)$$

Onde  $b$  é a largura do painel,  $t_{total}$  sua espessura,  $G_0$  o módulo de cisalhamento transversal e  $G_{pt}$  a rígidez ao *rolling shear*.

Buscando desenvolver uma equação similar aquela apresentada pela ABNT NBR 7190-7: 2022 e que permitisse a determinação da rigidez  $G_{vt}$  para painéis de 3 camadas de espessuras diferentes, baseando-se no trabalho de Criado (2023), foi desenvolvida a equação (2).

$$(GA)_{MLCC} = b \cdot t_{total} \cdot (0,643 \cdot G_0 + 0,537 \cdot G_{vt}) \quad (2)$$

Assim, para analisar a validade da equação (2) proposta, na primeira etapa do projeto, através de ensaios de cisalhamento de corpos de prova, foram obtidos diretamente valores de rigidez e resistência ao *rolling shear*,  $G_{vt}$  e  $f_{vt}$ , respectivamente. Já na segunda etapa do projeto, esses mesmos parâmetros foram obtidos de maneira indireta, através de ensaios de flexão e uso da equação (2), cujo esquema de ensaio pode ser visto na Figura 1.

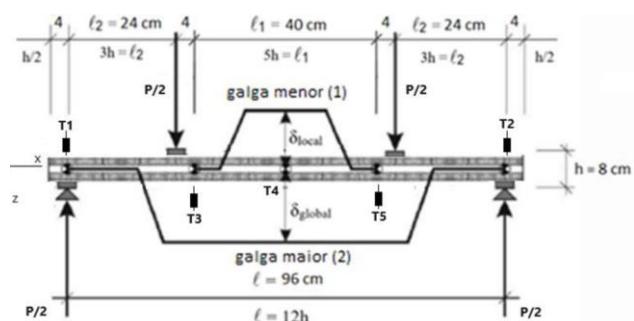


Figura 1: Esquema do ensaio de flexão.

Os resultados obtidos para  $G_{vt}$  obtidos por ensaio de cisalhamento foram comparados com os de flexão, a fim de verificar a precisão dos resultados fornecidos pela equação (2).

## Resultados

Os resultados médios obtidos nos ensaios de cisalhamento e de flexão podem ser vistos nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Parâmetro	Valor Médio
f <sub>vt</sub> (MPa)	2,75
G <sub>vt</sub> (MPa)	197,20

Tabela 1: Resultados do ensaio de cisalhamento.

Parâmetro	Valor médio
G <sub>vt</sub>   (MPa) [Equação 1]	1.175,20
G <sub>vt</sub>   (MPa) [Equação 2]	1.457,91
f <sub>vt</sub> (MPa)	2,23

Tabela 2: Resultados do ensaio de flexão.

Os resultados obtidos, tanto pelo ensaio de cisalhamento quanto de flexão para a rigidez ao *rolling shear* ( $G_{vt}$ ) apresentam valores superiores aqueles recomendados pela norma europeia para projeto, na ausência de valores mais precisos.

Já os resultados obtidos para a resistência ao *rolling shear*  $f_{vt}$  foram compatíveis com aqueles indicados por Silva (2023), Ehrhart et al. (2015) e pela ANSI 320 (2019). Comparando os resultados obtidos, percebeu-se que as equações utilizadas para os ensaios de flexão resultaram em valores bastante superiores aqueles obtidos no ensaio de cisalhamento. Os resultados obtidos pela eq. (2) foram similares aos resultados fornecidos pela eq (1).

## Conclusões

A melhor maneira de se obter as propriedades de resistência e de rigidez ao *rolling shear* é através do ensaio de corpos de prova de cisalhamento. Ambas as equações (1) e (2) forneceram resultados semelhantes entre si, mas superiores aos valores dos corpos de prova e também aqueles encontrados na literatura.

## Agradecimentos

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) do CNPq.

## Referências

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI 320**: Standard for performance-rated cross-laminated timber. Nova Iorque, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190-7**: Projeto de estruturas de madeira - Parte 7: Métodos de ensaio para caracterização de madeira lamelada colada cruzada estrutural.1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2022. 33 p.

CRIADO, T. C. **Estudo da resistência e da rigidez ao cisalhamento transversal (rolling shear) em elementos de Madeira Lamelada Colada Cruzada**. 2023. 277f. Tese de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

EHRHART, T. et al. **Rolling shear properties of some European timber species with focus on cross laminated timber (CLT): test configuration and parameter study**. 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/283482021\\_Rolling\\_Shear\\_Properties\\_of\\_some\\_European\\_Timber\\_Species\\_with\\_Focus\\_on\\_Cross\\_Laminated\\_Timber\\_CLT\\_Test\\_Configuration\\_and\\_Parameter\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/283482021_Rolling_Shear_Properties_of_some_European_Timber_Species_with_Focus_on_Cross_Laminated_Timber_CLT_Test_Configuration_and_Parameter_Study). Acesso em 27 de agosto de 2024.

SILVA, J. V. F. **Estudo numérico-experimental da resistência e rigidez ao rolling shear de elementos de MLCC (Madeira Lamelada Colada Cruzada)**. 2023. 232f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Mecânica na Área de Materiais). Faculdade de Engenharia e Ciências, UNESP, Guaratinguetá, 2023.