



REVISÃO DAS ABORDAGENS PARA ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE MLC E MLCC

Lucas Herber Bortoli^{1*}; João Elias Abdalla Filho¹; Ivan Moura Belo²

*Autor de contato: lucashbortoli@gmail.com

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil

² Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

RESUMO

Estudos sobre aplicações da madeira engenheirada em estruturas têm recebido crescente destaque nos últimos anos, principalmente devido aos benefícios deste produto, que além de ser um material sustentável e com alta versatilidade, apresenta vantagens do ponto de vista mecânico-estrutural. Com isso, o objetivo deste artigo é abordar os principais desafios que tangem a análise e dimensionamento de estruturas de madeira engenheirada, em particular a Madeira Laminada Colada (MLC) e a Madeira Laminada Colada Cruzada (MLCC). O estudo se concentra nos efeitos do cisalhamento transversal na flexão, revisando diferentes abordagens de cálculo estudadas na literatura e recomendadas pelas normas brasileira (NBR 7190), americana (AWC NDS), europeia (Eurocode 5) e canadense (CSA 086). Por meio de revisão bibliográfica, identifica-se tendências de pesquisas e considerações sobre os métodos da Seção Equivalente, Gama, Analogia por Cisalhamento, e teorias clássicas de flexão, incluindo Euler-Bernoulli e Timoshenko. Por fim, este artigo contribui para o entendimento do estado da arte e dos desafios associados à análise de estruturas de MLC e MLCC.

Palavras-chave: madeira engenheirada; deformação por cisalhamento; rolling shear; método Gama; Analogia por Cisalhamento; normas.

ABSTRACT

Studies on the applications of mass timber in structures have gained increasing prominence in recent years, primarily due to the benefits of this material. In addition to being sustainable and highly versatile, mass timber offers mechanical and structural advantages. Therefore, this article aims to investigate the main challenges related to the analysis and design of mass timber structures, particularly Glued Laminated Timber (GLT) and Cross-Laminated Timber (CLT). The study focuses on the effects of transverse shear in bending and review different calculation approaches discussed in the literature and recommended by standards such as the Brazilian (NBR 7190), American (AWC NDS), European (Eurocode 5), and Canadian (CSA 086). Through a bibliographic review, research trends are identified, and methods such as the Transformed Section, Gamma Method, Shear Analogy, and classical bending theories, including Euler-Bernoulli and Timoshenko, are analyzed. Finally, this article contributes to a better understanding of the state of the art and the challenges associated with analyzing GLT and CLT structures.

Keywords: mass timber; shear deformation; rolling shear; Gamma Method; Shear Analogy Method; standards.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, estudos envolvendo materiais sustentáveis tem se tornado uma preocupação crescente em todo o mundo. No contexto da construção civil, pesquisas e aplicações de estruturas de madeira engenheirada têm recebido crescente destaque, principalmente em virtude das vantagens ambientais deste produto. A madeira é um recurso renovável, biodegradável e cujo processo de fabricação gera menos emissões de CO₂ em comparação a materiais tipicamente utilizados na construção civil, como o concreto e o aço. Em termos estruturais, a madeira é um material leve, de fácil montagem e elevada resistência (Xue *et al.*, 2021).

A madeira engenheirada se diferencia da madeira convencional pela aplicação de processos industriais que visam melhorar suas propriedades mecânicas e dimensionais, além de possibilitar uma alternativa promissora para diversas aplicações na construção civil. Entre os principais tipos de madeira engenheirada, destacam-se a *Laminated Veneer Lumber* (LVL), a Madeira Laminada Colada (MLC) e a Madeira Laminada Colada Cruzada (MLCC), que apresentam características superiores em termos de resistência, durabilidade e versatilidade, ampliando as aplicações da madeira a uma ampla gama de projetos, desde casas até estruturas de grande porte, como pontes e edifícios.

A pesquisa no campo das estruturas de madeira engenheirada tem avançado, explorando novas técnicas de fabricação, sistemas construtivos inovadores e o aprimoramento das propriedades mecânicas da madeira tratada. Além disso, a crescente conscientização sobre os impactos ambientais da construção civil tem incentivado o desenvolvimento e a adoção dessas soluções, uma vez que a madeira é um material sustentável e, se manejada de forma responsável, pode contribuir para a redução das emissões de carbono.

De acordo com Chen (2024), em países como EUA, Áustria e Suécia já existem edifícios com mais de 20 pavimentos recentemente executados em estruturas de madeira engenheirada. O autor menciona que essas edificações representam um progresso considerável no desenvolvimento da construção em madeira e enfatiza a importância de pesquisas para assegurar a segurança de sistemas estruturais constituídos desse material, em especial a Madeira MLC e a MLCC. Atualmente, diversos estudos envolvendo o comportamento mecânico de estruturas de MLC e MLCC estão sendo realizados (Baek *et al.*, 2024; Huang *et al.*, 2023; Shen *et al.*, 2023; Li *et al.*, 2022).

A MLC e a MLCC consistem em produtos de madeira engenheirada fabricados industrialmente a partir de múltiplas lamelas de madeira maciça que são coladas com adesivo estrutural, o que resulta em um material com elevada rigidez, estabilidade mecânica e alto controle de qualidade. Na MLC, as lamelas são coladas e sobrepostas em camadas com as fibras dispostas na mesma orientação, enquanto que na MLCC a orientação das fibras é disposta ortogonalmente às camadas adjacentes (geralmente em três, cinco ou sete camadas).

No Brasil, as estruturas de MLC e MLCC são normatizadas pela ABNT NBR 7190 (2022) — Projeto de Estruturas de Madeira. Segundo a norma, na produção das lamelas, as tábuas são