



APLICAÇÃO DO MÉTODO GAMA EM PEÇAS COMPOSTAS DE CROSS LAMINATED TIMBER E CONCRETO SOB MOMENTO FLETOR NEGATIVO

Cassiano Barros^{1*}, Nilson Mascia¹; Gustavo Violin¹ e Ramon Bergamin¹

*Autor de contato: cassianodebarros@gmail.com

¹ Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil

RESUMO

Recentemente, a utilização do composto de madeira engenheirada e concreto vem ganhando notoriedade em razão do seu ótimo desempenho estrutural atrelado com os baixos impactos ambientais. Estruturas de *Cross Laminated Timber* (CLT) e concreto são dimensionadas, geralmente, através do método Gama. Este trabalho busca avaliar a aplicabilidade desse método em elementos compostos de CLT-Concreto em um caso especial, quando submetidos a momento fletor negativo, utilizando-se de dados experimentais para sua implementação e comparação. Os resultados evidenciaram uma aproximação razoável com os dados experimentais, com exceção de um corpo de prova. Entretanto, com o cálculo da rigidez à flexão efetiva considerando-se o fator gama igual a um, foi identificado que tal rigidez foi menor do que a experimental. Além disso, observou-se que o comportamento estrutural previsto não foi adequado a cargas elevadas. Em vista disso, o método Gama revelou não ser plenamente aplicável nessa situação, por não considerar a rigidez do concreto, mesmo que tracionado, desprezar a fissuração do mesmo e o escoamento das barras de aço, além de ser impreciso para peças curtas.

Palavras-chave: madeira engenheirada; concreto, rigidez à flexão efetiva; análise analítica; método Gama.

ABSTRACT

Recently, the use of engineered timber and concrete composites has gained prominence due to their excellent structural performance combined with low environmental impact. Cross Laminated Timber (CLT) and concrete structures are generally designed using the Gamma method. This study aims to evaluate the applicability of the Gamma method in Cross Laminated Timber (CLT) and concrete composite elements, in a specific case, when subjected to negative bending moments, using experimental data for its implementation and comparison. The results showed a reasonable approximation with the experimental data, except for one specimen. However, when calculating the effective flexural stiffness considering the gamma factor equal to one, it was found that this stiffness was lower than the experimental one. Moreover, it was observed that the predicted structural behavior was not adequate under high loads. Therefore, the Gamma method proved to be not fully applicable in this situation, as it does not consider the stiffness of the concrete, even when under tension, disregards cracking and the yielding of steel bars, and is also imprecise for short-span elements.

Keywords: Engineered timber; concrete; effective bending stiffness; analytical analysis; Gamma method.

1. INTRODUÇÃO

Ultimamente, o *Cross Laminated Timber* (CLT) tem ganhado destaque como uma alternativa sustentável na construção civil, graças à capacidade da madeira de capturar CO₂ da atmosfera ao longo de seu crescimento. Empregado como elemento estrutural de pisos e paredes, devido à composição em camadas ortogonais entre si, o CLT proporciona um bom desempenho estrutural (Harte, 2017). Em contrapartida, embora o CLT apresente vantagens consideráveis, soluções construtivas envolvendo a madeira em conjunto com o concreto têm se destacado ainda mais. Isso se deve à eficiência desse composto, já que, com a inclusão do concreto, vantagens como o aumento da resistência e rigidez são atingidos, além da melhora em outros pontos, como em questões de vibração e de acústica (Rijal *et al.*, 2015).

Contudo, de acordo com Auclair (2020), para esse tipo de composto, existem situações críticas nas quais o concreto se encontra na zona de tração, o que se observa quando a peça está submetida a momento negativo, como em elementos em balanço ou contínuos. Dessa forma, como o concreto é muito pouco resistente à tração, o comportamento mecânico de peças compostas de CLT-Concreto frente a momentos positivos e negativos não é equivalente, influenciando diretamente na rigidez do composto.

Desse modo, a determinação da rigidez desses elementos é uma questão de extrema importância para uma correta avaliação do seu comportamento estrutural. Além de fatores como a espécie de madeira, a classe de resistência do concreto e as dimensões da seção transversal, a rigidez de peças compostas de madeira e concreto também é muito influenciada pela conexão entre esses materiais, fazendo com que a eficiência estrutural da peça dependa significativamente da qualidade e do tipo de ligação empregado (Dias; Schänzlin; Dietsch, 2018).

Uma forma analítica de se determinar a rigidez desses compostos é o método Gama. Segundo Gustafsson (2019), devido sua simplicidade, o método é muito empregado em peças compostas feitas exclusivamente de madeira, sendo encontrado em diversas normativas, como na norma brasileira de madeiras ABNT NBR 7190-1 (2022) e na europeia BS EN 1995-1-1 (2004). A formulação se baseia no princípio de que os materiais empregados seguem o modelo de Euler-Bernoulli, ou seja, suas seções transversais permanecem planas e perpendiculares ao eixo neutro após a deformação (Gere; Goodno, 2017). O cisalhamento, por sua vez, é considerado apenas na conexão por um fator gama, variando de um (conexão rígida) a zero (sem conexão). Por essa razão, o método é indicado para elementos estruturais com razão alta entre vão e espessura, onde o esforço cortante tem uma influência mínima nos deslocamentos das peças (Popovski *et al.*, 2019).

Salienta-se que, embora inúmeras pesquisas tenham aplicado o método Gama em compostos de madeira e concreto, há uma carência de estudos que o abordem na situação de momento fletor negativo. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo empregar o método Gama em peças compostas de CLT-Concreto sob momento negativo para a análise e comparação da rigidez efetiva à flexão com os resultados experimentais obtidos para essas mesmas peças, avaliando sua validação e efetividade na previsão do comportamento estrutural sob essas