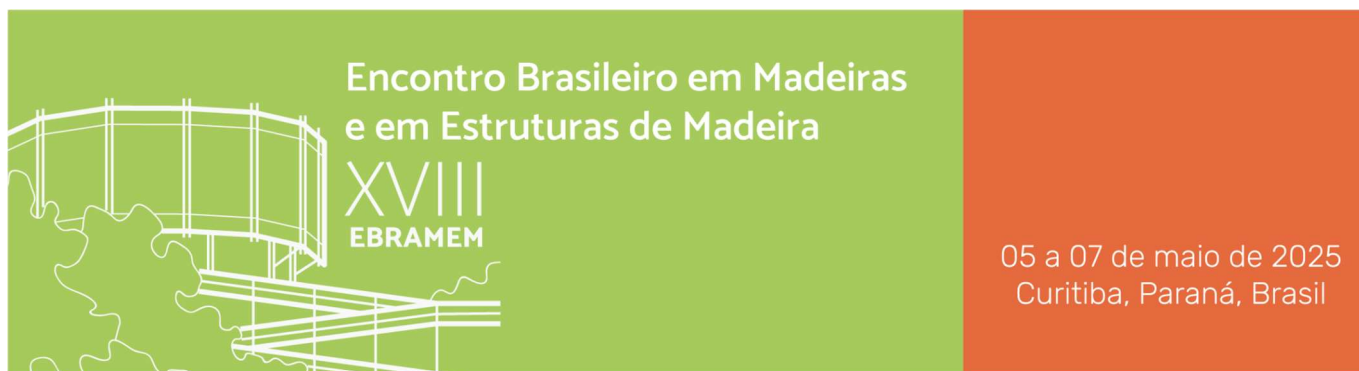




COMPORTAMENTO ORTOTRÓPICO DA MADEIRA E APLICAÇÕES

Carolina do Canto Brites Ferreira^{1*} e Nilson Tadeu Mascia¹

*Autor de contato: c290246@dac.unicamp.br

¹ Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Unicamp, Campinas, SP
e-mail: c290246@dac.unicamp.br

RESUMO

A madeira, reconhecida por sua renovabilidade e amplas aplicações na construção civil, apresenta um comportamento mecânico complexo que exige estudo detalhado para garantir sua utilização segura e eficiente. Este trabalho investiga o modelo elástico ortotrópico cartesiano aplicado à madeira, explorando suas propriedades anisotrópicas e a influência das direções de simetria (longitudinal, radial e tangencial) em seus módulos de elasticidade e cisalhamento. Por meio de análises matemáticas e experimentais, são avaliados os efeitos da orientação das fibras e da variabilidade intrínseca nas propriedades elásticas de diferentes espécies. O estudo discute ainda limitações das normas técnicas vigentes, propondo ajustes que melhor representem o comportamento mecânico da madeira e ampliem sua aplicação em estruturas inovadoras e sustentáveis.

Palavras-chave: madeira; ortotropia; anisotropia.

ABSTRACT

Wood, widely used in construction for its renewability and versatility, exhibits complex mechanical behavior that requires detailed study to ensure safe and efficient applications. This paper investigates the Cartesian orthotropic elastic model applied to wood, focusing on its anisotropic properties and the influence of its principal symmetry directions (longitudinal, radial, and tangential) on elastic and shear moduli. Through mathematical and experimental analyses, the effects of fiber orientation and intrinsic variability on the elastic properties of different species are evaluated. The study also highlights the limitations of current technical standards, proposing adjustments to better represent the mechanical behavior of wood and enhance its application in innovative and sustainable structural projects.

Keywords: wood; orthotropy; anisotropy.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é amplamente utilizada na construção devido à sua versatilidade, abundância e renovabilidade. Com o avanço das pautas sustentáveis, seu uso em projetos de engenharia e arquitetura tornou-se ainda mais atraente. Kuniyoshi *et al.* (2024) afirma que isso se deve não apenas ao seu baixo impacto ambiental, mas também às suas excelentes propriedades mecânicas, que permitem competir com materiais como o aço e o concreto, amplamente empregados na construção civil. Todavia, faz-se necessário entender o comportamento mecânico da madeira a fim de garantir sua aplicação de forma eficiente e segura nas mais diversas construções.

Entretanto, a madeira apresenta uma estrutura anatômica complexa, tornando-a um material naturalmente anisotrópico. Segundo Carrasco *et al.* (2022) essa característica significa que suas propriedades variam conforme a direção das fibras, ao contrário de materiais isotrópicos, como o aço, cujas propriedades são uniformes em todas as direções. No que tange às estruturas de madeira, é necessária uma análise minuciosa a respeito de seu comportamento mecânico, principalmente com relação à sua classificação como um material anisotrópico, isotrópico ou ortotrópico

Para facilitar a análise, a madeira é frequentemente tratada como um material ortotrópico, ou seja, com propriedades distintas em três direções principais: L- longitudinal (ao longo das fibras), r- radial (do centro do tronco para fora) e T- tangencial (ao longo dos anéis de crescimento). Wang *et al.* (2022) propõe que essa abordagem permite simplificar as relações tensão-deformação, considerando os módulos de elasticidade (E), os módulos de cisalhamento (G) e os coeficientes de Poisson (ν), fundamentais para descrever o comportamento elástico do material.

No entanto, a caracterização dessas propriedades elásticas apresenta desafios. Kuniyoshi *et al.* (2024) apresenta estudos que apontam que as relações entre os módulos de elasticidade longitudinais e transversais, apresentado pela Equação 1, recomendada pela norma brasileira ABNT NBR 7190-1 (2022), podem não refletir adequadamente a realidade para todas as espécies de madeira, evidenciando a necessidade de avaliações experimentais detalhadas. Além disso, a variabilidade nas propriedades elásticas ao longo de uma única peça de madeira reforça a importância de análises específicas para cada espécie, considerando suas características anatômicas particulares.

$$G_{med} = \frac{E_{0,med}}{16} \quad (1)$$

Neste artigo, o objetivo é realizar uma breve revisão bibliográfica com foco em três casos que classificaram a madeira como um material ortotrópico e aplicaram coordenadas cartesianas para a obtenção de seus módulos de elasticidade e de cisalhamento. Em alinhamento com essa abordagem, o estudo visa, por meio de gráficos tridimensionais, avaliar se a aplicação desse modelo matemático fornece uma base sólida para a identificação das propriedades elásticas da