

INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DOS MÓDULOS DE ELASTICIDADE E DAS FORÇAS DE ATRITO NAS SOLICITAÇÕES DE BARRAS DE TRELIÇA DE MADEIRA PARA COBERTURA

Lucas Zanni Fagian

Francisco Antonio Rocco Lahr

Escola de Engenharia de São Carlos (EESC)/Universidade de São Paulo

lucasfagian@usp.br

Objetivos

Diante da perspectiva histórica do uso na madeira no ramo da construção civil e da falta de indicações normativas que permitam levar em conta as variações naturais que podem ocorrer nas propriedades da madeira ou as forças geradas na interface de contato entre estrutura de cobertura e apoio, tem-se como objetivo principal do presente trabalho avaliar a necessidade de se considerar a variação dos módulos de elasticidade e a existência de forças de atrito no dimensionamento de estruturas de madeira para cobertura. Ademais, busca-se reconhecer as diferenças entre a norma de projeto de estruturas de madeira divulgada em 1997 e a divulgada em 2022, destacando qual o nível de influência gerada pelas modificações nas diferentes etapas do dimensionamento.

Métodos e Procedimentos

A fim de atingir os objetivos estabelecidos, inicialmente será definido um modelo de geometria para a treliça que será considerada na avaliação. Em seguida, são executados dois dimensionamentos: um seguindo à luz da NBR 7190:1997 e outro à luz da norma atualizada em 2022. Assim, os resultados poderão ser comparados, destacando quais etapas sofreram uma maior ou menor mudança.

Quanto à variação dos valores dos módulos de elasticidade da madeira (E), deverá ocorrer, a princípio, uma definição da amplitude dessa variação, por meio da avaliação de resultados obtidos de ensaios de espécies e lotes realizados anteriormente.

Esta definição deverá balizar a escolha dos valores de E , de modo a possibilitar a atribuição de valores distintos às barras da treliça a ser considerada no desenvolvimento do trabalho. Com isso, serão feitos dimensionamentos com diferentes combinações de valores, permitindo assim, uma análise da influência desse parâmetro.

Também será definido, por intermédio de informações encontradas na bibliografia, das faixas de coeficiente de atrito entre os materiais da estrutura treliçada (madeira) e dos pilares de sustentação da estrutura – sendo que serão considerados dois materiais diferentes para a composição dos pilares: madeira e concreto –, para a determinação dos valores das forças de atrito a considerar na avaliação do desempenho estrutural. A partir dos valores obtidos, serão feitos dimensionamentos para verificar a influência desse parâmetro.

Resultados

Para extrair as análises desejadas, o foco de estudos escolhido foi uma estrutura composta por terças e treliças do tipo Howe, localizada em um galpão com planta de 29 x 12 m. Sendo

assim, destaca-se que o vão livre adotado para a treliça é de 12 metros.

Sendo assim, a partir da execução do dimensionamento da estrutura proposta em acordo com as duas versões da NBR 7190, foi possível extrair quanto o texto foi alterado. Neste sentido, destaca-se que a maioria das verificações feitas não se distinguiram significativamente entre si. Entretanto nota-se, especialmente, uma rigidez maior nas verificações de deslocamento, evidenciado por um aumento relativo de 85% na treliça e de 194% nas terças, e na verificação de estabilidade lateral, apresentando um aumento relativo de 34% nas terças.

Quanto às análises da variação do módulo de elasticidade, foi estipulado uma potencial flutuação de 20% de $E_{c0,med}$. Assim, para a verificação de estabilidade lateral, nota-se que em relação ao módulo de elasticidade médio, os resultados variaram de 20% para cima e para baixo. Já na verificação de estabilidade na compressão, os valores obtidos flutuam entre 23% acima e 15% abaixo do valor encontrado com o módulo de elasticidade médio. Para os deslocamentos, foram encontrados valores de até 25% para cima e 17% para baixo nas terças e de até 25% para cima e 8% para baixo nas treliças.

Já quanto à consideração da força de atrito no contato entre a treliça e seu pilar de apoio, partiu-se dos valores de coeficiente de atrito estático 0,25 e 0,62 para avaliar o comportamento da estrutura. Assim, notou-se que, para os quatro carregamentos estudados, um deles tem seu deslocamento horizontal impedido pelo atrito.

Conclusões

Em decorrência dos resultados obtidos, entende-se que, em função das mudanças existentes entre a NBR 7190:1997 e a NBR 7190:2022, é possível que estruturas construídas em acordo com a primeira possam apresentar patologias estruturais. Em especial, no que diz respeito aos deslocamentos e estabilidade de vigas.

Ademais, fica evidente que algumas verificações sofrem bastante influência da

variação do valor do módulo de elasticidade. De tal maneira, algumas estruturas dimensionadas sem considerar esta oscilação podem vir a apresentar patologias.

Enfim, é notável que, apesar do atrito ter impedido o deslocamento de apenas um dos carregamentos, se faz necessário uma avaliação para verificar se o impedimento pode comprometer a estrutura.

Agradecimentos

Os autores do trabalho gostariam de agradecer à Agência de Pesquisa CNPq por fornecer as bolsas de iniciação científica e de produção científica, permitindo, assim, que fosse possível o desenvolvimento deste projeto.

Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120. Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123. Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190. Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 2022.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190. Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681. Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- CALIL JUNIOR, C.; DIAS, A. A. Utilização da madeira em construções rurais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 1, n. 1, p. 71-77, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v1n1p71-77>.
- CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R.; MARTINS, G. C. A.; DIAS, A. A. Estruturas de madeira: Projetos, dimensionamento e exemplos de cálculo. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.

CHRISTOFORO, A. L.; DE ALMEIDA, D. H.; VARANDA, L. D.; PANZERA, T. H.; LAHR, F. A. R. Estimation of wood toughness in Brazilian tropical tree species. *Engenharia Agrícola*, v. 40, n. 2, p. 217-224, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v40n2p232-237/2020>.

EGAN CONSULTING. Annual Survey of UK Structural Timber Markets: Market Report. Alcoa: Structural Timber Association, 2017.

FRONTINI, F.; SIEM, J.; RENMÆLMO, R. Load-Carrying capacity and stiffness of softwood wooden dowel connections. *International Journal of Architectural Heritage*, v. 14, n. 3, p. 376-397, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1547798>.

KIRKHAM, W. J.; GUPTA, R.; MILLER, T. H. State of the art: Seismic behavior of wood-frame residential structures. *Journal of Structural Engineering*, v. 140, n. 4, p. 1-19, 2014. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0000861](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000861).

RAMAGE, M. H.; BURRIDGE, H.; BUSSE-WICHER, M.; FEREDAY, G.; REYNOLDS, T.; SHAH, D. U.; WU, G.; YU, L.; FLEMING, P.; DENSLEY-TINGLEY, D.; ALLWOOD, J.; DUPREE, P.; LINDEN, P. F.; SCHERMAN, O. The wood from the trees: The use of timber in construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 68, p. 333-359, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.107>.

RIVERA-TENORIO, M.; MOYA, R. Stress, displacement joints of *Gmelina arborea* and *Tectona grandis* wood with metal plates, screws and nails for use in timber truss connections. *CERNE*, v. 25, n. 2, p. 172-183, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/01047760201925022641>.