

ANÁLISE DE CONFIABILIDADE DOS INTERVALOS ADOTADOS PARA DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE NA FLEXÃO DE LOTES DE MADEIRA NATIVAS PELA ABNT NBR 7190:2022

Maira Rafaela Penazzo

Francisco Antonio Rocco Lahr

Escola de Engenharia de São Carlos/ Universidade de São Paulo

maira.penazzo@usp.br

Objetivos

A pesquisa busca determinar o módulo de elasticidade longitudinal (E_m) no ensaio de flexão em três pontos, usando corpos de prova de madeiras nativas e procedimentos diferentes da ABNT NBR 7190:2022-3. O módulo de elasticidade mede a rigidez do material, relacionando força e deslocamento. A norma atual considera que o regime elástico-linear ocorre entre 10% e 50% da força de ruptura estimada. No entanto, alguns estudos colocam em dúvida esse intervalo. Assim, o principal objetivo foi realizar ensaios de flexão com corpos de prova do tamanho normativo, mas com intervalos diferentes, para verificar se a madeira está ou não no estado elástico-plástico.

Métodos e Procedimentos

Os ensaios de flexão simples foram realizados no Laboratório de Madeira e Estruturas de Madeira (LaMEM) com uma máquina universal de ensaios mecânicos da marca EMIC (Figura 1). As peças de madeira usadas para fabricar os corpos de prova tinham um teor de umidade próximo de 12%. Foram testadas 5 espécies de madeira nativa, Angelim-Pedra (*Hymenolobium petraeum*), Tatajuba (*Bagassa guianensis*), Sapucaia (*Lecythis spp.*) Pequiá (*Caryocar villosum*) e Cambará Rosa (*Erisma uncinatum* Warm.), com 6 corpos de prova em cada lote, todos medindo 18 mm x 18 mm x 400 mm, sem

defeitos. De acordo com a NBR 7190-3 (ABNT, 2022), o vão entre os apoios (L) no ensaio deve ser, no mínimo, 21 vezes a altura (h), resultando em um vão de 385 mm.



Figura 1: Corpo de prova na máquina universal de ensaio, EMIC.

Para determinar a rigidez da madeira à flexão, são feitos dois ciclos de carregamento e ela é calculada a partir da inclinação da reta no trecho linear do gráfico força *versus* deslocamento do segundo ciclo. Conforme a NBR 7190:2022-3, no primeiro ciclo, a força vai até 50% da força de ruptura estimada (com base em um corpo de prova rompido antes) e é mantida por 30 segundos, depois diminui para 10%, permanecendo por mais 30 segundos. No segundo ciclo, a força começa em 10% e aumenta até a ruptura do corpo de prova (Figura 2). No total, foram realizados 30 ensaios, utilizando três intervalos diferentes para o cálculo: 10% e 30%, 10% e 40%, por fim, 10 e 50%. Após a realização dos ensaios foram calculados os módulos de elasticidade

longitudinal (E_{m0}) de todas as espécies nos intervalos mencionados anteriormente e pressupondo estar o estado elástico-linear da madeira. Seguindo de uma análise estatística ANOVA, avaliando a distribuição normal e a homogeneidade, posterior, teste de Tukey.

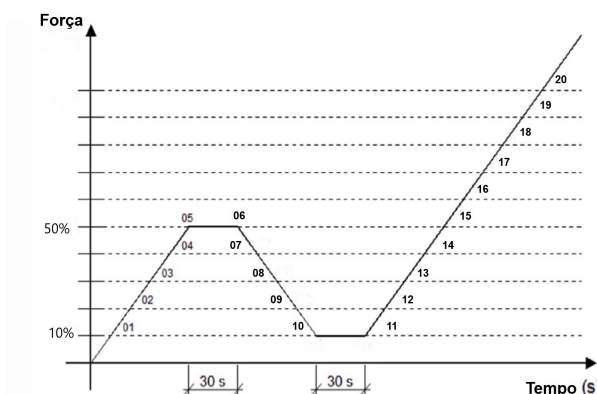


Figura 2: Ciclos de carregamento estabelecidos pela NBR 7190-3 para obter a rigidez da madeira.

Resultados

A análise estatística utilizada para estudo verifica se a média da rigidez dos corpos de prova nos lotes têm equivalência estatística ou não. Para esta pesquisa houve equivalência, porém, no agrupamento de médias (teste de Tukey) houve divergência. Logo, há divergência entre os intervalos. Para exemplificar os resultados obtidos para as 6 espécies de madeiras nativas foi escolhida a espécie Sapucaia (*Lecythis spp.*), conforme Tabela 1 e Figura 3.

CP	10-30%	10-40%	10-50%
1	12,66	14,65	17,17
2	12,06	13,87	15,28
3	13,50	15,56	17,14
4	12,37	13,90	15,02
5	12,90	14,73	16,08
6	13,13	14,90	16,15
Média	12,78	14,69	16,11
CV (%)	4,07	4,36	5,60
AG	C	B	A

Tabela 1: Resultados obtidos para a espécie Sapucaia (*Lecythis spp.*), com o módulo de elasticidade em GPa

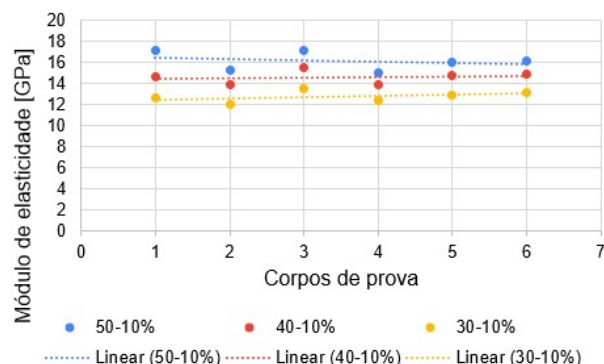


Figura 3: Regressão linear para a espécie Sapucaia (*Lecythis spp.*).

Conclusões

O processo de determinação de módulo de elasticidade à flexão simples pela ABNT NBR 7190:2022-3 possui inconsistências pelo fato de as médias dos intervalos terem equivalências, mas o agrupamentos entre eles serem diferentes. Por essa razão é conveniente seguir com a pesquisa e fazer mais lotes, se possível com espécies diferentes da estudada até o momento, para confirmar a existência da diferença e sugerir à Comissão Normalizadora que seja admitida a faixa de 10 e 40% da força de ruptura estimada para determinação do módulo de elasticidade longitudinal para as madeiras tropicais.

Agradecimentos

Agradeço meu orientador e professor Francisco Antonio Rocco Lahr, o professor Julio Cesar Molina e o doutorando José Ricardo Gabriel Kuniyoshi pelo compartilhamento de conhecimento e pela paciência.

Referências

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 7190-3: Projeto de Estruturas de Madeiras - Parte 3: Métodos de ensaio para corpos de prova isentos de defeitos para madeiras de florestas nativas. Rio de janeiro: ABNT, 2022, 36 p.